

DIN EN 14015

DIN

ICS 23.020.10

Einsprüche bis 2018-01-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14015:2005-02

Entwurf

Auslegung und Herstellung standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen; Deutsche und Englische Fassung prEN 14015:2017

Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above;

German and English version prEN 14015:2017

Spécification pour la conception et la fabrication de réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat, cylindriques, verticaux, construit sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure;

Version allemande et anglaise prEN 14015:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natank@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 690 Seiten

DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14015:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 104-01-05 AA „Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke“ im DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14015:2005-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde grundlegend überarbeitet;
- b) Anwendungsbereich bezüglich der Grenzwerte des Auslegungsdrucks eingeschränkt;
- c) Beziehung zur EN 1993-4-2 erläutert;
- d) normative Verweisungen aktualisiert;
- e) Festlegungen zur Werkstoffauswahl, zu den Lastannahmen und zur Auslegung überarbeitet;
- f) Anforderungen für Aluminiumdächer aufgenommen;
- g) Anhang L „Anforderungen für Ent- und Belüftungssysteme“ gestrichen und dafür auf EN ISO 28300 verwiesen;
- h) informativen Anhang zu selbst tragenden Aluminiumdächern aufgenommen;
- i) informativen Anhang zur Anwendung der Finiten Elemente Methode (FEM) aufgenommen;
- j) informativen Anhang zu den Berechnungsmethoden auf der Grundlage von Spannungskategorien aufgenommen;
- k) informativen Anhang bezüglich der Umwelteinflüsse aufgenommen.

- Entwurf -

CEN/TC 265

Datum: 2017-11

prEN 14015:2017

CEN/TC 265

Sekretariat: BSI

Auslegung und Herstellung standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen

Spécification pour la conception et la fabrication de réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat, cylindriques, verticaux, construit sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure

Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above

ICS: 23.020.10

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Nur zum internen Gebrauch

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	13
1 Anwendungsbereich.....	14
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	17
3.1 Begriffe	17
3.2 Symbole	21
3.3 Abkürzungen	22
4 Festzulegende Angaben und Anforderungen	22
4.1 Vom Besteller festzulegende Angaben	22
4.2 Zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarende Angaben.....	22
4.3 Vom Tankhersteller zu liefernde Angaben	23
4.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben	23
4.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben.....	23
4.6 Zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben.....	23
4.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben.....	23
4.8 Vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernde Angaben.....	23
4.9 Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahltanks zu vereinbarende Angaben (siehe auch EN 1995-1-5)	23
4.10 Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben.....	23
4.11 Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben.....	23
5 Anforderungen	23
5.1 Auslegungsdruck	23
5.2 Auslegungswandtemperatur	24
5.2.1 Höchste Auslegungswandtemperatur.....	24
5.2.2 Niedrigste Auslegungswandtemperatur	24
5.3 Auslegungsdichte.....	25
5.4 Streckgrenze.....	25
6 Werkstoffe.....	25
6.1 Unlegierte Stähle.....	25
6.1.1 Bleche.....	25
6.1.2 Stahlbauprofile.....	31
6.1.3 Schmiedestücke.....	31
6.1.4 Rohre	32
6.1.5 Schweißzusätze	32
6.1.6 Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit unlegierter Stähle.....	32
6.1.7 Anbauteile	34
6.1.8 Zulässige Dickenabweichungen	34
6.2 Nichtrostende Stähle	35
6.2.1 Allgemeines	35
6.2.2 Bleche.....	37
6.2.3 Stahlbauprofile.....	37
6.2.4 Schmiedestücke.....	37
6.2.5 Rohre	37
6.2.6 Schweißzusätze	38
6.2.7 Anker und lasttragende Schrauben	38
7 Auslegungslasten.....	38
7.1 Lasten.....	38

7.2	Lastwerte.....	39
7.2.1	Lasten durch das Lagergut.....	39
7.2.2	Lasten durch Innendruck.....	39
7.2.3	Lasten aus Temperatureinwirkungen.....	39
7.2.4	Eigenlasten.....	39
7.2.5	Lasten aus Dämmungen.....	39
7.2.6	Verteilte Nutzlasten.....	39
7.2.7	Einzellast.....	39
7.2.8	Schneelasten.....	39
7.2.9	Regenlasten.....	39
7.2.10	Wind.....	40
7.2.11	7 Seismische Lasten.....	48
7.2.12	Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile.....	48
7.2.13	Lasten aus Fundamentsetzungen.....	48
7.2.14	Sonderlasten.....	48
7.2.15	Lastkombinationen.....	48
8	Tankböden.....	49
8.1	Allgemeines.....	49
8.2	Werkstoffe.....	49
8.3	Auslegung.....	51
8.4	Fertigung.....	52
9	Auslegung von Tankmänteln.....	55
9.1	Auslegungs- und Prüfspannung.....	55
9.2	Last durch Lagergut.....	57
9.3	Wind- und Unterdrucklasten.....	59
9.3.1	Versteifungsringe.....	59
9.3.2	Auslegung des Hauptversteifungsring (Windverband).....	61
9.3.3	Auslegung von Zusatzversteifungsringen (Windverbänden).....	62
9.4	Anordnung der Mantelbleche.....	66
9.5	Mantelverbindungen.....	66
10	Auslegung von Festdächern.....	66
10.1	Lasten.....	66
10.2	Dacharten.....	66
10.3	Dachbleche mit Tragkonstruktion.....	67
10.4	Dachbleche ohne Tragkonstruktion (Membrandächer).....	68
10.5	Druckbeanspruchte Fläche der Mantel-Dach-Verbindung.....	69
10.6	Anforderungen an das Ent- bzw. Belüftungssystem.....	72
10.6.1	Allgemeines.....	72
10.6.2	Zweck der Be- und Entlüftung.....	73
10.6.3	Be- und Entlüftungskapazität.....	73
10.6.4	Akkumulation von Über- und Unterdruck.....	73
10.7	Interne Schwimmdächer.....	73
11	Auslegung von Schwimmdächern.....	73
12	Tankverankerung.....	73
12.1	Allgemeines.....	73
12.2	Befestigung der Verankerung.....	76
12.3	Ankerschrauben oder -bänder.....	76
12.3.1	Zulässige Zugspannung.....	76
12.3.2	Querschnittsfläche.....	76
12.3.3	Ankerschraubenlast zur Verhinderung des Abhebens.....	76
12.4	Widerstand gegen Abheben unter Prüfbedingungen.....	77
13	Anbauteile.....	77
13.1	Mantelstützen mit Außendurchmessern von 80 mm und darüber.....	77

13.2	Mantelstützen mit Außendurchmessern unter 80 mm	85
13.3	Dachstützen	86
13.4	Blockflansche mit Stiftschrauben.....	88
13.5	Stützenlasten.....	88
13.6	Bündige Reinigungsöffnungen und Entwässerungssümpfe	88
13.6.1	Allgemeines	88
13.6.2	Bündige Reinigungsöffnungen.....	89
13.6.3	Entwässerungssümpfe.....	89
13.6.4	Kombinierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf.....	89
13.7	Einzelheiten zum Schweißen von Stützen	89
13.8	Flanschanschlüsse	90
13.9	Wärmebehandlung von Stützen nach dem Schweißen.....	90
13.10	Heiz- und/oder Kühlsysteme	90
13.11	Treppen und Laufstege.....	93
13.12	Geländer.....	93
13.13	Leitern	94
13.14	Erdanschlüsse	94
13.15	Permanente Anbauteile	94
13.16	Temporäre Anbauteile	94
14	Dämmung	94
15	Fertigung von Tankbauteilen im Werk	94
15.1	Allgemeines	94
15.2	Anlieferung und Identifizierung der Werkstoffe/Materialien	95
15.3	Handhabung und Lagerung der Werkstoffe/Materialien.....	95
15.4	Materialkennzeichnung	95
15.5	Vorbereitung von Blechen und zulässige Maßabweichungen	96
15.6	Vorbereitung von Stützenbauteilen	96
15.7	Umformen von Blechen und zulässige Maßabweichungen.....	96
15.8	Öffnungen	97
15.8.1	Stützen	97
15.8.2	Sichtfenster	97
15.8.3	Stützen für Rührwerke	97
15.8.4	Reinigungsöffnungen	97
15.8.5	Verstärkungsbleche.....	97
15.8.6	Einschweißbleche.....	98
15.9	Schweißen	98
15.10	Oberflächenzustand.....	98
15.11	Kennzeichnung für die Errichtung.....	98
15.12	Verpackung, Handhabung und Transport zur Baustelle	99
16	Errichtung am Standort und zulässige Maßabweichungen	99
16.1	Allgemeines	99
16.2	Gründungen	100
16.2.1	Allgemeines	100
16.2.2	Zulässige Abweichungen am Rand.....	100
16.2.3	Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche	101
16.3	Verankerungen.....	102
16.4	Handhabung und Lagerung.....	102
16.5	Maßnahmen bei Transport- und Handhabungsschäden	102
16.6	Bodenbleche	102
16.7	Mantel-Boden-Verbindung und Mantel.....	103
16.7.1	Zulässige Abweichungen für die Montage des untersten Mantelschusses an den Tankboden	103
16.7.2	Zulässige Abweichungen von der Mantelgeometrie.....	104
16.7.3	Zulässige Abweichungen von der Lotrechten	104

16.7.4	Kantenversatz bei Mantelblechen.....	104
16.7.5	Zulässige Abweichungen der Form von Schweißverbindungen.....	105
16.7.6	Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände).....	105
16.8	Festdächer.....	106
16.8.1	Allgemeines.....	106
16.8.2	Gespärre.....	106
16.8.3	Dachbleche.....	106
16.8.4	Dachhaut und Gespärre.....	106
16.8.5	Dächer mit Reißnaht.....	106
16.9	Stützen.....	107
16.10	Anbauteile an der Tankaußenseite.....	107
16.11	Anbauteile im Tankinnern.....	107
16.12	Temporäre Anbauteile.....	107
17	Zulassung von Schweißverfahren und Schweißern.....	107
17.1	Allgemeines.....	107
17.2	Schweißverfahrensprüfung.....	108
17.2.1	Allgemeines.....	108
17.2.2	Schweißen der Prüfstücke.....	108
17.2.3	Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke.....	108
17.3	Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (WPAR).....	108
17.3.1	Ausstellung.....	108
17.3.2	Geltungsbereich.....	109
17.4	Prüfung von Schweißern und Benutzern von Schweißeinrichtungen.....	109
17.5	Arbeitsproben für die Produktionskontrolle.....	109
17.5.1	Horizontale Schweißnähte.....	109
17.5.2	Vertikale Schweißnähte.....	109
18	Schweißen.....	109
18.1	Allgemeines.....	109
18.2	Reihenfolge der Schweißarbeiten.....	110
18.3	Schweißen von Tankböden.....	110
18.3.1	Entfernen von Beschichtungen.....	110
18.3.2	Bodenrandbleche.....	110
18.3.3	Bodenbleche.....	110
18.4	Schweißverbindung zwischen Mantel und Boden.....	110
18.5	Schweißen des Tankmantels.....	110
18.6	Schweißen des Tankdachs.....	110
18.7	Temporäre Schweißnähte.....	111
18.8	Atmosphärische Bedingungen.....	111
18.9	Vorwärmen.....	111
18.10	Wärmebehandlung nach dem Schweißen.....	111
18.11	Reparaturschweißen.....	112
19	Prüfung und Inspektion.....	113
19.1	Allgemeines.....	113
19.2	Qualifizierung von ZfP-Personal.....	113
19.3	Prüfverfahren.....	113
19.4	Art der Inspektionen und Untersuchungen.....	114
19.4.1	Inspektion der Werkstoffe.....	114
19.4.2	Untersuchung der Schweißkanten und der Vorbereitungen für die Montage.....	114
19.4.3	Sichtprüfung während der Fertigung und Errichtung.....	114
19.4.4	Art und Umfang von Schweißnahtuntersuchungen und -prüfungen.....	114
19.4.5	Zusätzliche Untersuchungen an fehlerhaften Schweißnähten.....	119
19.5	Unterdruckprüfung mit Sauglocke.....	120
19.6	Eindringprüfung.....	120
19.7	Magnetspulverprüfung.....	120

19.8	Nekalprüfung	120
19.8.1	Verstärkungsbleche.....	120
19.8.2	Schweißnähte an Festdächern, Dachstützen und Dach-Mantel-Verbindungen	121
19.8.3	Mantel-Boden-Verbindungen mit beidseitig geschweißten Kehlnähten.....	121
19.9	Durchstrahlungsprüfung.....	121
19.9.1	Allgemeines Verfahren	121
19.9.2	Lagerung der Filme	122
19.10	Ultraschallprüfung.....	122
19.11	Zulässigkeitskriterien (für die nicht zu den Ultraschallprüfungen gehörenden Untersuchungen — siehe 19.10).....	122
19.11.1	Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten	122
19.11.2	Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen	125
19.12	Eine Reduzierung der Dicke unter den in 6.1.8 festgelegten Wert ist nicht zulässig	125
19.13	Überprüfung der Maße.....	125
19.14	Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen.....	125
19.14.1	Allgemeines	125
19.14.2	Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung.....	125
19.14.3	Gasdruck während der Prüfung.....	125
19.14.4	Bedingungen für die Durchführung.....	125
19.14.5	Untersuchung während des Befüllens	126
19.14.6	Füllen	127
19.14.7	Überprüfung und Gasdruckprüfung des Dachs (gültig für alle Arten von Festdachtanks).....	127
19.14.8	Prüfung der Tankstabilität bei Unterdruck (Vakuumprüfung)	128
19.15	Überprüfungen bei leerem Tank	128
19.16	Anbauteile	128
19.16.1	Anbauteile an der Tankaußenseite	128
19.16.2	Anbauteile im Tankinnern.....	129
20	Dokumentation und Fabrikschild	129
20.1	Dokumentation	129
20.2	Fabrikschild.....	130
Anhang A (normativ) Angaben und Anforderungen, die zu dokumentieren sind.....		132
A.1	Vom Besteller zu liefernde Angaben	132
A.2	Vereinbarungen zwischen Besteller und Hersteller	134
A.3	Vom Hersteller zu liefernde Angaben.....	135
A.4	Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben	135
A.5	Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben.....	136
A.6	Zwischen Besteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben.....	136
A.7	Zwischen Tankhersteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben	136
A.8	Vom Schwimmdachlieferanten zu liefernde Angaben.....	136
A.9	Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahl tanks zu vereinbarende Angaben (siehe auch EN 1995-1-5)	136
A.10	Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben.....	137
A.11	Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben.....	137
Anhang B (informativ) Erwägungen zum Betrieb und zur Sicherheit von Lagertanks		138
B.1	Allgemeines	138
B.2	Tanktyp	138
B.2.1	Lagergut	138
B.2.2	Auswahl des Lagertanktyps anhand des besten Wirkungsgrades in Bezug auf die Minderung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).....	139
B.2.3	Klimatische und geologische Bedingungen am Standort.....	140
B.3	Erwägungen zu Gefahren für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt.....	141
B.4	Anbauteile an Tanks für Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen	141
Anhang C (normativ) Anforderungen an interne Schwimmdächer		142

C.1	Allgemeines	142
C.2	Arten von internen Schwimmdächern.....	143
C.3	Anforderungen an Auslegung und Ausführung.....	145
C.3.1	Auslegung.....	145
C.3.2	Werkstoffe.....	148
C.3.3	Ausrüstungsteile von internen Schwimmdächern.....	149
C.3.4	Ausrüstungsteile des Tanks.....	152
C.4	Einbau.....	155
C.4.1	Untersuchung des Tanks	155
C.4.2	Untersuchung und Einbau des internen Schwimmdachs	155
C.4.3	Prüfungen.....	156
C.5	Dokumentation	156
Anhang D (normativ) Anforderungen an Schwimmdächer		157
D.1	Allgemeines	157
D.2	Ausführungsarten von Schwimmdächern.....	157
D.2.1	Allgemeines	157
D.2.2	Membran-Metallschwimmdach	157
D.2.3	Doppeldeck-Metallschwimmdach.....	159
D.2.4	Nichtmetall-Schwimmdach in Sandwichflachbauweise.....	160
D.3	Auslegung.....	161
D.3.1	Allgemeines	161
D.3.2	Schwimmfähigkeit.....	161
D.3.3	Konstruktive Auslegung.....	165
D.3.4	Stabilität des Dachs unter Windlast	165
D.3.5	Pontonmannlöcher	165
D.3.6	Dachmannloch.....	165
D.3.7	Zentriervorrichtung und Verdrehsicherung.....	165
D.3.8	Schwimmdachentwässerung.....	166
D.3.9	Notentwässerungseinrichtungen	168
D.3.10	Ablauföffnungen	168
D.3.11	Automatische Lüfter und Be- und Entlüftungsöffnungen am Rand	168
D.3.12	Dichtungen.....	169
D.3.13	Stützen	170
D.3.14	Füllstandspeileinrichtung.....	170
D.3.15	Rolleiter.....	171
D.3.16	Erdungskabel	171
D.3.17	Schaumwand	171
D.4	Vorfertigung im Werk.....	172
D.5	Kennzeichnung, Verpackung, Handhabung und Transport	172
D.5.1	Allgemeines	172
D.5.2	Reparatur nach Schäden im Werk.....	172
D.6	Montage.....	172
D.7	Schweißen.....	172
D.7.1	Allgemeines	172
D.7.2	Stützen.....	172
D.7.3	Schottwände	172
D.8	Inspektion und Prüfung	173
D.8.1	Schweißnähte	173
D.8.2	Pontons	173
D.8.3	Überprüfungen.....	173
D.8.4	Entwässerungseinrichtungen	173
D.9	Dokumentation	173
D.10	Detaillierte Anforderungen an die Auslegung von Schwimmdächern	174
D.10.1	Allgemeines	174
D.10.2	Auslegungsfälle	175

D.10.3	Lastbedingungen.....	179
D.10.4	Spannungsüberprüfungen	189
D.10.5	Maximale Höhe der Flüssigkeit auf der Oberseite der Mittelmembran.....	190
Anhang E (normativ) Anforderungen an Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer		192
E.1	Allgemeines	192
E.2	Auslegung von Dichtungen und Dichtungswerkstoffe.....	192
E.3	Dichtungsausführungsarten.....	194
E.4	Witterungsschutz.....	195
E.5	Anwendung und technische Einzelheiten von Ringspaltabdichtungen	195
E.5.1	Gleitblechdichtungen	195
E.5.2	Druckblech- oder druckfederwirksame Profil-Primärdichtungen.....	195
E.5.3	Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen (Schlauchdichtungen).....	195
E.5.4	Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen (Schaumstoffdichtungen)	196
E.5.5	Federwirksame Sekundärdichtungen	196
E.5.6	Druckblech-Sekundärdichtungen	196
E.5.7	Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen.....	196
E.5.8	Lippendichtungen	197
E.6	Einbau	197
E.7	Prüfung.....	197
E.8	Dokumentation	197
Anhang F (normativ) Auswahl unlegierter Stähle nach anderen Lieferbedingungen als in ((...)) festgelegt.....		198
F.1	Alternative Nationale Normen.....	198
F.2	Unlegierter Stahl.....	198
F.2.1	Allgemeine Anforderungen.....	198
F.2.2	Chemische Zusammensetzung.....	198
F.2.3	Mechanische Eigenschaften	201
F.2.4	Kerbschlagbiegeversuche.....	201
F.3	Nichtrostender Stahl	204
F.3.1	Allgemeine Anforderungen.....	204
F.3.2	Chemische Zusammensetzung und Sorten von nichtrostendem Stahl	204
F.3.3	Mechanische Eigenschaften und Kerbschlagzähigkeit.....	204
F.3.4	Kerbschlagbiegeversuche.....	205
Anhang G (informativ) Empfehlungen für Vorkehrungen zur Erdbebensicherheit von Lagertanks.....		206
G.1	Einleitung	206
G.2	Verweisungen	206
G.3	Flussdiagramme und Anmerkungen	206
G.4	Anmerkungen zu den Flussdiagrammen.....	209
Anhang H (informativ) Empfehlungen für spezielle Tankbodenausführungsarten.....		220
H.1	Allgemeines	220
H.2	Nicht vollflächig unterstützte Böden.....	220
H.3	Doppelböden	222
H.3.1	Allgemeines	222
H.3.2	Begriffe	222
H.3.3	Allgemeine Anforderungen.....	223
H.3.4	Ausführungsarten.....	223
H.3.5	Planung.....	224
H.3.6	Auslegung	225
H.3.7	Werkstoffe.....	226
H.3.8	Vorbereitung	227
H.3.9	Einbau	227
H.3.10	Annehmbare Abweichungen des oberen Bodens von den festgelegten Maßen.....	227
H.3.11	Schweißen	227

H.3.12	Inspektion nach Einbau der Leckschutzauskleidung.....	229
H.3.13	Kennzeichnung.....	229
H.3.14	Leckanzeigesystem.....	230
H.3.15	Leckageanzeigesystem.....	231
H.3.16	Weitere Leck-/Leckageanzeigesysteme.....	233
H.3.17	Berechnungsanforderungen.....	234
H.4	Hochbehälter oder balkenaufgelagerte Tanks.....	234
Anhang I (informativ) Empfehlungen für Tankgründungen.....		235
I.1	Allgemeines.....	235
I.2	Bodenuntersuchung.....	235
I.2.1	Allgemeines.....	235
I.2.2	Grundwasserspiegel.....	235
I.2.3	Seismische Untersuchungen.....	236
I.2.4	Zu vermeidende Standorte.....	236
I.3	Gründungsauslegung.....	236
I.3.1	Allgemeines.....	236
I.3.2	Lastbedingungen.....	236
I.3.3	Für den Boden zulässige Auflagerdrücke.....	236
I.3.4	Setzungsschätzungen oder -vorhersagen.....	236
I.3.5	Bodenverbesserung und Pfahlgründung.....	237
I.3.6	Widerstand gegen Abheben.....	238
I.3.7	Sperrmembran, Leckerkennung.....	238
I.4	Ausführungsarten von Gründungen.....	238
I.4.1	Allgemeines.....	238
I.4.2	Reguläre Tank-Plattenfundamente.....	238
I.4.3	Plattenfundamente.....	244
I.4.4	Fundament mit Pfahlgründung.....	244
I.5	Dränage, Tankbodendränage und Tankverbunddränage.....	244
Anhang J (informativ) Berechnungsbeispiele für Versteifungsringe (Windverbände).....		245
J.1	Allgemeines.....	245
J.2	Widerstandsmomente.....	245
J.3	Praktische Beispiele für die Auslegung von zusätzlichen Versteifungsringen (Windverbände).....	245
J.4	Beispiel 1.....	247
J.5	Beispiel 2.....	250
Anhang K (normativ) Auslegungsregeln für Tanks mit Reißnähten in der Dach-Mantel- Verbindung.....		253
K.1	Allgemeines.....	253
K.2	Ausführung.....	254
K.3	Werkstoffe.....	254
K.4	Auslegungsregeln.....	255
Anhang L Be- und Entlüftung.....		259
Anhang M (informativ) Tankverankerung.....		260
M.1	Allgemeines.....	260
M.2	Ankerband.....	260
M.3	Ankerschraube mit individueller Ankerstütze.....	260
M.4	Praktisches Beispiel einer Ankerstützenberechnung nach AISI E-1, Volume II, Part VIII.....	261
Anhang N (informativ) Angaben für das Schweißen von Anbauteilen.....		267
N.1	Eingeschweißte Anbauteile.....	267
N.2	Aufgeschweißte Anbauteile.....	269
N.3	Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben.....	269
Anhang O (informativ) Bündige Tanktüren und Entwässerungssümpfe.....		271

0.1	Bündige Tanktüren	271
0.1.1	Allgemeines	271
0.1.2	Bündige Tanktüren mit Einschweißblechverstärkung	271
0.1.3	Bündige Tanktüren mit Verstärkungsblech	272
0.2	Entwässerungssümpfe	272
0.3	Kombinierter Entwässerungs- und Reinigungsumpf	272
Anhang P (informativ) Heiz- und/oder Kühlsysteme		279
P.1	Allgemeines	279
P.2	Wärmeübertragungsmittel	279
P.3	Arten von Heiz- oder Kühleinrichtungen	279
P.4	Einbau	280
Anhang Q (informativ) Empfehlungen für die Auslegung und Anbringung der Dämmung		281
Q.1	Allgemeines	281
Q.2	Auslegungserwägungen	282
Q.2.1	Allgemeines	282
Q.2.2	Eigenlast	282
Q.2.3	Windlasten	282
Q.2.4	Wärmeausdehnung	283
Q.2.5	Bewegung durch Flüssigkeitsdruck	283
Q.3	Mechanische Befestigung	283
Q.3.1	Allgemeines	283
Q.3.2	Angeschweißte Halterungen	284
Q.3.3	Angeklebte Halterungen	284
Q.3.4	Außen angebrachte Tragrahmen	287
Q.3.5	Sekundäre Stützglieder	287
Q.3.6	Dachdämmung	287
Q.4	Einzelheiten der Auslegung	287
Q.4.1	Stutzen und Mannlöcher	287
Q.4.2	Verbindungen von Treppen	288
Q.4.3	Halterungen im Bereich von Versteifungsringen (Windverbänden)	288
Q.4.4	Dachüberstand	288
Q.4.5	Versteifungsringe (Windverbände)	289
Q.4.6	Außenliegende Versteifungsringe (Windverbände) und Dämmung zwischen Tankboden und -mantel	289
Q.5	Korrosionsschutz	289
Q.6	Dämmung	289
Q.6.1	Allgemeines	289
Q.6.2	Stutzenverbindungen und Mannlöcher	291
Q.6.3	Versteifungsringe (Windverbände)	292
Q.7	Verkleidung	293
Q.7.1	Allgemeines	293
Q.7.2	Seitenwandverkleidung	294
Q.7.3	Dachverkleidung	294
Q.8	Befestigung der Dämmung	294
Q.8.1	Dämmplatten oder -blöcke mit Metallverkleidung	294
Q.8.2	Einbringen von Schaum hinter die Metallverkleidung am Standort	295
Q.8.3	Sprühschaum	295
Q.8.4	Dächer	296
Q.9	Brandgefahr	296
Anhang R (normativ) Oberflächenbeschaffenheit		297
R.1	Mit dem Lagergut in Kontakt stehende interne Oberflächen	297
R.1.1	Allgemeines	297
R.1.2	Tanks aus unlegierten Stählen	297
R.1.3	Tanks aus nichtrostendem Stahl	297

R.2	Äußere Oberflächen	300
R.2.1	Allgemeines	300
R.2.2	Tanks aus unlegierten Stählen	300
R.2.3	Tanks aus nichtrostendem Stahl	300
Anhang S (normativ) Freitragende Aluminiumdächer für Lagertanks		301
S.1	Allgemeines	301
S.1.1	Zweck	301
S.1.2	Definition	302
S.1.3	Allgemeine Anwendung	302
S.1.4	Besonderheiten	302
S.2	Werkstoffe	303
S.2.1	Allgemeines	303
S.2.2	Konstruktiver Rahmen	303
S.2.3	Dachplatten	303
S.2.4	Schrauben und Befestigungsmittel	303
S.2.5	Dichtstoffe und Flachdichtungswerkstoffe	303
S.2.6	Scheiben für Oberlichter	304
S.3	Zulässige Spannungen	304
S.3.1	Aluminiumbauglieder	304
S.3.2	Aluminiumplatten (siehe S.2.3)	304
S.3.3	Schrauben und Befestigungsmittel	304
S.4	Auslegung	305
S.4.1	Auslegungsgrundsätze	305
S.4.2	Auslegungslasten	306
S.4.3	Innendruck	306
S.5	Befestigung des Dachs	306
S.5.1	Lastabtragung	306
S.5.2	Dachstützen	307
S.5.3	Trennung zwischen Kohlenstoffstahl und Aluminium	307
S.5.4	Erdung	307
S.6	Physikalische Eigenschaften	307
S.6.1	Größen	307
S.6.2	Kugelsegmentradius	307
S.7	Plattformen, Laufstege und Geländer	307
S.8	Zubehörteile	308
S.8.1	Dachluken	308
S.8.2	Dachstützen und Messluken	308
S.8.3	Oberlichter	308
S.9	Abdichtung am Mantel	308
S.10	Prüfung	308
S.10.1	Dichtheitsprüfung	308
S.11	Fertigung und Errichtung	309
S.11.1	Allgemeines	309
S.11.2	Fertigung	309
S.11.3	Schweißen	309
S.11.4	Untersuchungsberichte	309
S.11.5	Versand und Handhabung	309
S.11.6	Errichtung	309
S.11.7	Ausführungsqualität	309
S.12	Geforderte Informationen und das Verfahren zur Überprüfung der Stabilität des Mantels unter den vom Kugelsegmentdach aufgebracht Lasten	310
S.12.1	Für den INPUT erforderliche Daten	310
S.12.2	Messung des Tankmantels	310
S.12.3	Lasten	311
S.12.4	Überprüfung des Tragwerks	311

Anhang T (informativ) Finite-Element-Methode (FEA) – Anforderungen bezüglich der Anwendung der FEA zur Unterstützung einer zur Genehmigung vorgelegten Tankauslegung	313
T.1 Allgemeines	313
T.2 Spezialanforderung an die Auslegung	313
T.3 FEA-Auslegungsbericht	313
Anhang U (informativ) Analysengestützte Auslegung — Auf Spannungskategorien beruhende Verfahren	315
U.1 Vorwort	315
U.2 Spannungskategorisierung	315
U.3 Vergleichsspannung	317
U.3.1 Allgemeines	317
U.3.2 Globale Störstelle	317
U.3.3 Lokale Störstelle	318
U.3.4 Primärspannung	318
U.3.5 Sekundärspannung	318
U.3.6 Spitzenspannung	319
U.3.7 Spezielle Symbole und Abkürzungen	319
U.4 Anforderungen an die Verfahren zur Spannungsbestimmung	320
U.4.1 Annahme linearer Elastizität	320
U.4.2 Auswahl von Verfahren zur Bestimmung von Spannungen	320
U.5 Klassifizierung der Spannungen	321
U.6 Verfahren der Spannungsanalyse	324
U.7 Beurteilungskriterien	325
U.7.1 Allgemeines	325
U.7.2 Begrenzung von äquivalenten primären Spannungen	327
Anhang V (informativ) Umweltauswirkungen	328
V.1 Umweltverträglichkeitsbewertung	328
V.1.1 Einleitung	328
V.1.2 Anlagenemissionen	328
V.1.3 Emissionsüberwachung	329
V.1.4 Philosophie für Abfackeln/Abblasen	329
V.1.5 Schallschutz	329
V.1.6 Externe Verkehrsinfrastruktur	329
V.1.7 Wasserabförderung	329
V.2 Allgemeine Sicherheitsanforderungen	330
V.2.1 Ansatz für die Sicherheitsphilosophie	330
V.2.2 Die Anlage und ihre Umgebung	330
V.2.3 Standortanalyse	330
V.2.4 Klimatische Gegebenheiten	331
V.2.5 Seismologie	331
V.2.6 Standort	332
V.3 Gefährdungsbeurteilung	333
V.3.1 Allgemeines	333
V.3.2 Beurteilung	333
V.3.3 Verbesserung der Sicherheit	337
V.4 Sicherheitstechnische Auslegung und Konstruktion	337
V.4.1 Einleitung	337
V.4.2 Auslegung	338
V.4.3 Überprüfungen	341
V.5 Sicherheit während des Betriebs	341
V.5.1 Vorbereitungen für den Anlagenbetrieb	341
V.5.2 Sicherheit während des Anlagenbetriebs	341
Literaturhinweise	342

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14015:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Diese Europäische Norm spiegelt die derzeitige europäische und weltweite Praxis im Tankbau für die Erdölindustrie, petrochemische und chemische Industrie sowie bei der Lagerung von Nahrungsmitteln und allgemeinen Lagerung größerer Mengen von Flüssigkeiten wider. Die Praxis baut auf die Theorie der Auslegungsspannungen oder zulässigen Spannungen auf.

Neben dieser Norm existiert eine weitere Europäische Norm, in der Tanks behandelt werden, nämlich EN 1993-4-2. Diese basiert auf der Theorie der Bemessung nach Grenzzuständen (en: Limit State Theory, LST), die in der Stahlbau- und Stahlbetonindustrie immer häufiger Anwendung findet.

Aufgrund der Tatsache, dass:

- die in der vorliegenden Fassung von EN 14015 angegebenen Rechenverfahren zu etwas konservativeren Werten führen als die auf der Theorie von EN 1993-4-2 basierenden Verfahren; und
- die Erfahrungen mit der Auslegung von Stahllagertanks für die Erdöl- und Erdgasindustrie nach dem LST-Verfahren begrenzt sind,

gilt es als notwendig, die vorliegende aktuelle Version von EN 14015 weiterhin auf dem Verfahren der zulässigen Spannungen beruhen zu lassen.

Es wurde ins Auge gefasst, dass in späteren Überarbeitungen von EN 14015 von der Theorie für die Auslegung von Stahllagertanks der von der vorliegenden Norm behandelten Typen zur Anwendung der LST übergegangen werden könnte. Dafür wäre jedoch mehr Zeit erforderlich, um genauere Lastfaktoren, Lastkombinationen und Verwendbarkeit festzulegen.

Es wird davon ausgegangen, dass ein nach EN 14015 ausgelegter Tank die Anforderungen von EN 1993-4-2 erfüllt.

Darüber hinaus deckt diese Norm viele weitere Auslegungselemente ab, wie z. B. die Auswahl des Tanktyps nach den Eigenschaften des darin aufzubewahrenden Mediums (in Anhang B), interne und externe Schwimmdächer (in Anhang C bzw. Anhang D), Ringspaltabdichtungen (in Anhang E), Doppelböden (in Anhang H) und weitere spezielle Tankeigenschaften, die nicht von EN 1993-4-2 abgedeckt werden. EN 14015 behandelt in Anhang S auch Kugelsegment-Dachkonstruktionen aus Aluminium.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die Werkstoffe, Auslegung, Herstellung, Errichtung sowie Prüfung und Inspektion standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen sowie die erforderlichen zugehörigen technischen Vereinbarungen (siehe Anhang A) fest.

Dieses Dokument gilt nicht für Tanks für Produkte, die unter atmosphärischem Druck nur in gekühltem Zustand flüssig sind (siehe EN 14620, Teile 1 bis 5).

Dieses Dokument behandelt die gesamte bauliche Ausführung der grundlegenden Tankteile; sie enthält keine Anforderungen an die Betrachtung von Verfahrensauslegung, Betrieb, Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen, Inspektionen im Betrieb, Wartung oder Reparatur. Diese Aspekte werden in anderen Anleitungen für die Praxis im Detail behandelt (siehe Anhang B).

Dieses Dokument gilt für geschlossene Tanks mit und ohne interne Schwimmdächer (siehe Anhang C) und offene Tanks mit und ohne Schwimmdach (siehe Anhänge D und E). Es gilt nicht für Gasbehälter mit Hubdecke (en: lift-type gas holders).

Dieses Dokument gilt für Lagertanks mit folgenden Eigenschaften:

- a) Auslegungsüberdruck unter 60 mbar¹⁾ und Auslegungsunterdruck nicht unter 6,0 mbar (Druckgrenzwerte siehe 5.1);
- b) Auslegungswandtemperatur nicht unter -40 °C und nicht über $+300\text{ °C}$ (siehe 5.2.2);
- c) maximale Füllhöhe nicht höher als die Oberkante des zylindrischen Teils des Mantels.

Der Anwendungsbereich dieses Dokuments endet:

- an der Dichtfläche des ersten Flansches einer geschraubten Flanschverbindung;
- am ersten Gewindeanschluss von Rohr oder Schraubkupplung außerhalb von Tankmantel, -dach oder -boden; und
- an der ersten Rohrverbindung bei Rohren ohne Flansch.

Dieses Dokument gilt für Lagertanks, bei denen die höchstzulässige Spannung unabhängig von der Festigkeit des verwendeten Materials höchstens 260 N/mm^2 beträgt.

Zusätzlich zu den definitiven Anforderungen gibt das vorliegende Dokument auch an, dass die im Anhang A im Einzelnen aufgeführten Teile zu dokumentieren sind. Für die Übereinstimmung mit dem vorliegenden Dokument sind sowohl die definitiven Anforderungen als auch die Anforderungen nach Abschnitt 4 zu erfüllen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 485 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten*

1) Alle Drücke in mbar, sofern nicht anders angegeben.

- EN 754 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gezogene Stangen und Rohre*
- EN 755 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile*
- EN 1092-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*
- EN 1593, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Blasenprüfverfahren*
- EN 1759-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche, NPS 1/2 bis 24*
- EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten*
- EN 1991-1-4:2005, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*
- EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*
- EN 1993-1-6:2007, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*
- EN 1993-4-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tankbauwerke*
- EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*
- EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*
- EN 10028-3, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht*
- EN 10029:2010, *Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*
- EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- EN 10088-3:2014, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*
- EN 10216 (alle Teile), *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10217 (alle Teile), *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10222 (alle Teile), *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter*
- EN 10250 (alle Teile), *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung*

EN 10346, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 13160 (alle Teile), *Leckanzeigesysteme*

EN 13480 (alle Teile), *Metallische industrielle Rohrleitungen*

EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016)*

EN ISO 2560, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 2560)*

EN ISO 3452-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1)*

EN ISO 3581, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 3581)*

EN ISO 5579, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen — Grundlagen (ISO 5579)*

EN ISO 6520-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1)*

EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1)*

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712)*

EN ISO 11666, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Zulässigkeitsgrenzen (ISO 11666)*

EN ISO 14122 (alle Teile), *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen (ISO 14122 (alle Teile))*

EN ISO 14732, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732)*

EN ISO 15607:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607)*

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1)*

EN ISO 15614-1:2017, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen*

EN ISO 16828, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Beugungslaufzeittechnik, eine Technik zum Auffinden und Ausmessen von Inhomogenitäten (ISO 16828)*

EN ISO/IEC 17020, *Konformitätsbewertung — Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC 17020)*

EN ISO 17636-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen (ISO 17636-1)*

EN ISO 17636-2, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren (ISO 17636-2)*

EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637)*

EN ISO 17638, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung (ISO 17638)*

EN ISO 17640, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Techniken, Prüfklassen und Bewertung*

EN ISO 19232-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Ermittlung der Bildgütezahl mit Draht-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-1)*

EN ISO 19232-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Ermittlung der Bildgütezahl mit Stufe/Loch-Typ-Bildgüteprüfkörper (ISO 19232-2)*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

3.1.1

Auslegungsdruck

maximal zulässiger Überdruck im Raum oberhalb des Lagerguts

3.1.2

Auslegungsunterdruck

maximal zulässiger Unterdruck im Raum oberhalb des Lagerguts

3.1.3

Einstelldruck

Druck, bei dem die Druckentlastungseinrichtung erstmals öffnet

3.1.4

Einstellunterdruck

Unterdruck, bei dem die Unterdruckentlastungseinrichtung erstmals öffnet

3.1.5

Prüfdruck

Druck im Raum oberhalb der Prüflüssigkeit während der Prüfung

3.1.6

höchste Auslegungswandtemperatur

Temperatur, für die die maximal zulässige Spannung des Werkstoffs festgelegt wird

3.1.7

niedrigste Auslegungswandtemperatur

Temperatur, für die die Zähigkeit des Werkstoffs festgelegt wird

3.1.8

LODMAT

niedrigste über einen Tag gemittelte Umgebungstemperatur

tiefste über einen Zeitraum von 24 h aufgezeichnete Mitteltemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Tagesmitteltemperatur entspricht der Hälfte der Summe von höchster und tiefster Temperatur.

3.1.9

Besteller

Unternehmen oder dessen Vertreter, das/der mit einem Auftragnehmer einen Auftrag für Auslegung, Konstruktion und Prüfung eines Lagertanks vorbereitet und abschließt

3.1.10

Konstrukteur²⁾

Person oder Unternehmen, die/das die technische Auslegung eines Tanks durchführt

3.1.11

Auftragnehmer²⁾

Unternehmen, mit dem der Besteller einen Auftrag für Auslegung, Konstruktion und Prüfung eines Lagertanks abschließt

3.1.12

Hersteller²⁾

Unternehmen, das die Werksfertigung durchführt

3.1.13

Errichter²⁾

Unternehmen, das die Errichtung vor Ort durchführt

3.1.14

Abnahmebeauftragter

Person oder Organisation, die die Inspektion des Tanks im Auftrag des Bestellers durchführt

3.1.15

unabhängige NDE-Einheit oder -Organisation

NDE-Einheit oder -Organisation, die mindestens den in EN ISO/IEC 17020 in Bezug genommenen Status des Typs B hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Einheiten oder Organisationen vom Typ C sind nicht zulässig.

3.1.16

Lieferant

Unternehmen, das vormontierte Bauwerksteile fertigt und liefert

3.1.17

statische Elektrizität

Aufbau einer Potential- oder Ladungsdifferenz durch Reibung zwischen verschiedenen Stoffen, z. B. beim Strömen von Flüssigkeiten durch eine Rohrleitung

2) Ein einziges Unternehmen kann zwei oder mehrere dieser Funktionen wahrnehmen.

3.1.18

Auslegungserdbeben

OBE

(en: Operating Basis Earthquake)

Erdbeben, dem der Tank ohne Schaden standhält

3.1.19

Sicherheitserdbeben

SSE

(en: Safe Shutdown Earthquake)

Erdbeben, das den Tank beschädigt, ohne Versagen des Tanks oder dadurch verursachte ernste Folgerisiken hervorzurufen

3.1.20

Schwimmdach

metallische Konstruktion, die in einem offenen Tank auf dem Flüssigkeitsspiegel schwimmt und vollständig darauf aufliegt

3.1.21

Schwimmdecke

Konstruktion, die in einem Festdachtank auf dem Flüssigkeitsspiegel schwimmt, um Verdampfungsverluste zu reduzieren

3.1.22

nicht aufliegende Schwimmdecke

Schwimmdecke, die auf Schwimmerrohren oder Pontons aufliegt, die die Schwimmdecke vom Flüssigkeitsspiegel abheben, sodass zwischen der Unterseite der Schwimmdecke und dem Flüssigkeitsspiegel ein Hohlraum entsteht

3.1.23

Deckenrandkonstruktion

tragende Konstruktion, an der die Randabdichtung befestigt wird

3.1.24

Randabdichtung

Dichtung am Rand von Schwimmdach oder Schwimmdecke, die am Tankmantel anliegt und den Ringspalt abdichtet

3.1.25

Schwimmsaugeinrichtung

eine mechanische ggfs. gelenkig angeordnete Einrichtung in bestimmten Tanks, die eine Entnahme des Lagerguts oberflächennah zulässt

Anmerkung 1 zum Begriff: Schwimmsaugeinrichtungen werden z. B. bei Lagertanks für Flugtreibstoffe verwendet.

3.1.26

Entlüfter

Einrichtung in einer Schwimmdecke, über die beim Füllen des Tanks die Gase zwischen Flüssigkeitsspiegel und Schwimmdecke abgeführt werden und die beim Entnehmen des Lagerguts bei einer auf Stützen ruhenden Schwimmdecke den Druckausgleich herstellt

3.1.27

Schwimmfähigkeit

Fähigkeit eines Bauteils, auf einer Flüssigkeit zu schwimmen

Nur zum internen Gebrauch

3.1.28

Eintrittsdiffusor

Bauteil, das zur Verlängerung an das Eintrittsrohr angeschlossen wird und das einströmende Lagergut verteilt

3.1.29

Akkumulation

Differenz zwischen Einstellüberdruck des Ventils und Überdruck im Tank bzw. Einstellunterdruck des Ventils und Unterdruck im Tank, bei der die jeweils erforderliche Strömungsleistung erreicht wird

3.1.30

Not-Ent- und/oder -Belüftung

Entlüftung im Brandfall oder Ent- bzw. Belüftung bei Fehlfunktion von Tankeinrichtungen

3.1.31

wärmebedingte Entlüftung

Überdruckentlüftung durch atmosphärische Erwärmung des Tanks

3.1.32

wärmebedingte Belüftung

Unterdruckbelüftung durch atmosphärische Abkühlung des Tanks

3.1.33

Lüfterhaube

offene Be- und/oder Entlüftungsöffnung

3.1.34

Überdruck-/Unterdruckventil

Druckausgleichventil für Überdruck bzw. Unterdruck im Tank

3.1.35

Ventil mit Rohrleitungsanschluss

Überdruck- oder Unterdruckventil, an das ein Ent- oder Belüftungsrohr angeschlossen werden kann

3.1.36

Ent-/Belüftungsrohr

Rohr für Ventile mit Rohrleitungsanschluss

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Beschreibung	Einheit
C	Korrosionszuschlag	mm
D	Tankdurchmesser	m
D	Durchmesser von Öffnungen	mm
d_h	Durchmesser der Dachöffnung	mm
d_i	Innendurchmesser der Stutzen	mm
d_n	Außendurchmesser der Stutzen	mm
d_o	Außendurchmesser der Mannlochverstärkung	mm
d_r	Außendurchmesser der Verstärkung	mm
E	Nenndicke des Blechs	mm
e_a	Nenndicke des Bodenrandblechs	mm
e_b	Dicke des Bodenblechs	mm
e_{br}	Dicke des Bodenverstärkungsblechs (bündige Reinigungsöffnung)	mm
e_c	Berechnete Mindestdicke des Blechs einschließlich Korrosionszuschlag	mm
e_f	Dicke des Flansches	mm
e_i	Dicke des Einschweißblechs	mm
e_n	Dicke des Stutzenrohres	mm
e_p	Dicke des Dachblechs	mm
e_r	Dicke des Verstärkungsblechs	mm
e_s	Dicke des Mantelblechs	mm
e_t	Dicke des Mantelblechs unter Prüfbedingungen	mm
e_1	Dicke des ersten Mantelschusses	mm
F	Überlastungsbeiwert	—
H	Auslegungsfüllhöhe	m
H_c	Höhe vom jeweils betrachteten unteren Schuss zur Auslegungsfüllhöhe	m
h_n	Stutzenhöhe	mm
L_r	Wirksame Dachlänge	mm
L_s	Wirksame Mantellänge	mm
l_a	Breite des Bodenrandblechs zwischen dem Innenrand des Bodenblechs und der Mantelinnenseite	mm
l_d	Abstand zwischen Außenseite des Mantelblechs und Außenkante des Boden- oder Bodenrandblechs	mm
l_w	Breite der Überlappung von Bodenblech und Bodenrandblech	mm
P	Auslegungsdruck	mbar
p_i	Innendruck minus vom Dach verursachter Druck	mbar
p_t	Prüfdruck	mbar
R	Radius des Tanks	m

Symbol	Beschreibung	Einheit
R_1	Krümmungsradius des Dachs	m
r_i	Stützeninnenradius	mm
r_m	Mittlerer Stützenrohrradius	mm
r_o	Stützenaußenradius	mm
S	Zulässige Auslegungsspannung	N/mm ²
S_c	Zulässige Druckspannung	N/mm ²
S_t	Zulässige Spannung unter Prüfbedingungen	N/mm ²
T	Gesamtdickenabweichung	mm
T_{DM}	Auslegungswandtemperatur	°C
V	Auslegungswindgeschwindigkeit	m/s
W	Lagergutdichte	kg/l
W_t	Dichte des Prüfmediums	kg/l
Z	Widerstandsmoment	cm ³

3.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

Abkürzung	Beschreibung
HAZ	Wärmeeinflusszone (WEZ) (en: heat affected zone)
LODMAT	Niedrigste über einen Tag gemittelte Umgebungstemperatur (en: lowest one day mean ambient temperature)
NDE	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) (en: non-destructive examination)
NDT	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) (en: non-destructive test(ing))
PCD	Lochkreisdurchmesser (en: pitch circle diameter)
PWHT	Wärmebehandlung nach dem Schweißen (en: post-weld heat treatment)

4 Festzulegende Angaben und Anforderungen

4.1 Vom Besteller festzulegende Angaben

Die vom Besteller festzulegenden Angaben nach A.1 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

Aus diesem Grund sollte auch ein Datenblatt, das die Auslegungsmindestanforderungen enthält, belegt werden. Ein Muster für ein Tankdatenblatt findet sich in A.12.

4.2 Zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarenden Angaben nach A.2 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.3 Vom Tankhersteller zu liefernde Angaben

Die vom Tankhersteller zu liefernden Angaben nach A.3 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben

Die vom Stahlhersteller zu liefernden Angaben nach A.4 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarenden Angaben nach A.5 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.6 Zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben nach A.6 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben nach A.7 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.8 Vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernde Angaben

Die vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernden Angaben nach A.8 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.9 Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahltanks zu vereinbarende Angaben (siehe auch EN 1995-1-5)

Die zwischen Besteller und Lieferant des Aluminiumkugelsegments zu vereinbarenden Angaben nach A.9 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.10 Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminiumkugelsegments zu vereinbarenden Angaben nach A.10 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

4.11 Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben

Die vom Lieferanten des Aluminiumkugelsegments zu liefernden Angaben nach A.11 müssen in vollem Umfang dokumentiert werden.

5 Anforderungen

5.1 Auslegungsdruck

Auslegungsüberdruck und Auslegungsunterdruck müssen innerhalb der in Tabelle 3 für die betreffende festgelegte Tankbezeichnung festgelegten Grenzwerte liegen (siehe 10.6.4.1, 10.6.4.2 und A.1).

Die Summe aus dem Einstellüberdruck der Druckentlastungseinrichtung und dem Differenzdruck für die erforderliche Strömungsleistung darf den in Tabelle 3 angegebenen Auslegungsüberdruck nicht überschreiten.

Die Summe aus dem Einstellunterdruck der Druckentlastungseinrichtung und dem Differenzdruck für die erforderliche Strömungsleistung darf den Auslegungsunterdruck nicht überschreiten.

Tabelle 3 — Grenzwerte des Auslegungsdrucks für Tanks

Tankbezeichnung	Auslegungsdruck P mbar (g)	Auslegungs- -unterdruck -differenz p_v mbar (g)
offene Tanks oder Schwimmdachtanks	0	5 ^b
geschlossene Tanks		
i) drucklose Tanks	$\leq 10^a$	$\leq 2,5^b$
ii) Tanks mit niedrigem Druck	$\leq 25^a$	$\leq 6^b$
iii) Tanks mit hohem Druck	$\leq 60^a$	$\leq 6^b$
—	—	—

Für bestimmte Kombinationen von Tankdurchmesser und Auslegungsdruck können die Anforderungen dieses Dokuments an Dachbleche und Dachstützenverstärkung unzureichend sein. Diesbezüglich erforderliche zusätzliche Anforderungen müssen vereinbart werden (siehe A.2).

^a Die festgelegten Auslegungsdrücke sind jene Werte, bei denen die in 7.2 angegebenen Lastzustände eintreten; sie werden für die Berechnung der Wanddicke (siehe 9.2), der Mantelstabilität (siehe 9.3), der Dachdicke (siehe 10.4), des druckbeanspruchten Bereichs an der Mantel-Dach-Verbindung (siehe 10.5), die Auswahl und Bemessung der Ent- und Belüftungseinrichtungen (siehe 10.6), für die Tankverankerung (siehe Abschnitt 12) und für die Auswahl des Dachtyps und seiner Auslegung verwendet.

^b Der für die Auslegung der an der Außenseite des Tankmantels anzubringenden Windverbände anzusetzende Unterdruck muss folgende Anforderungen erfüllen:

(a) 5 mbar für offene Tanks, unabhängig von der Auslegungswindgeschwindigkeit;

(b) 5 mbar für drucklose Festdachtanks;

(c) 8,5 mbar für Festdachtanks mit Unter- oder Überdruck.

5.2 Auslegungswandtemperatur

5.2.1 Höchste Auslegungswandtemperatur

Die höchste Auslegungswandtemperatur darf 300 °C nicht überschreiten.

5.2.2 Niedrigste Auslegungswandtemperatur

Die niedrigste Auslegungswandtemperatur muss der niedrigsten Temperatur des Lagerguts oder der in Tabelle 4 angegebenen Temperatur entsprechen, je nachdem, welche Temperatur niedriger ist. Falls die Umgebungstemperatur niedriger als -40 °C ist, sind als niedrigste LODMAT -40 °C anzusetzen.

Als niedrigste über einen Tag gemittelte Umgebungstemperatur LODMAT sollte die jeweils über einen Zeitraum von 24 h gemittelte Tiefsttemperatur des Aufzeichnungszeitraums angesetzt werden. Falls die zur Verfügung stehenden Aufzeichnungen nicht ausreichen, kann diese Durchschnittstemperatur als Mittel der Höchst- und Tiefsttemperaturen angesetzt werden.

Tabelle 4 — Niedrigste Auslegungswandtemperatur auf Grundlage der LODMAT

Niedrigste über einen Tag gemittelte Umgebungstemperatur (LODMAT) T_1 °C	Niedrigste Auslegungswandtemperatur	
	10-Jahres-Werte °C	30-Jahres-Werte °C
$-10 \leq \text{LODMAT}$	$T_1 + 5$	$T_1 + 10$
$-25 \leq \text{LODMAT} \leq -10$	T_1	$T_1 + 5$
$\text{LODMAT} \leq -25$ (siehe 5.2.2)	$T_1 - 5$	T_1

Bei Auslegungswandtemperaturen ≥ 0 °C darf bei der Ermittlung der tiefsten Auslegungswandtemperatur für einen Tank der Nutzeffekt einer Heizung oder Dämmung nicht berücksichtigt werden.
Liegt die tiefste Auslegungswandtemperatur unter 0 °C, ist die Berücksichtigung des nützlichen Einflusses einer Dämmung oder Heizung zu vereinbaren, jedoch sollte die Auslegungswandtemperatur nicht über 0 °C liegen.

5.3 Auslegungsdichte

Die Auslegungsdichte muss der für das Lagergut festgelegten maximalen Dichte entsprechen.

Wenn für einen Tank oder eine Gruppe von Tanks Flexibilität bei der Nutzung gefordert ist, sollte die Auslegungsdichte der höchsten zu erwartenden Dichte der Lagergüter entsprechen.

5.4 Streckgrenze

Die Streckgrenze des Werkstoffs muss den folgenden festgelegten Mindestwerten entsprechen:

- bei unlegierten Stählen dem festgelegten Mindestwert der Streckgrenze bei Raumtemperatur ;
- bei unlegierten Stählen der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur (> 100 °C);
- bei nichtrostenden Stählen der 0,2-%-Dehngrenze bei Raumtemperatur;
- bei nichtrostenden Stählen der 0,2-%-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur (> 50 °C).

6 Werkstoffe

6.1 Unlegierte Stähle

6.1.1 Bleche

6.1.1.1 Alle Bleche aus unlegierten Stählen, die zur Herstellung von Tanks nach diesem Dokument verwendet werden, müssen die Mindestanforderungen nach den Tabellen 5 bis 7 in Verbindung mit Tabelle 9 und Bild 1 erfüllen, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2). Falls eine andere Stahlsorte verwendet wird als diejenigen, die in den Tabellen 5 bis 7 aufgeführt sind, muss diese die Anforderungen von Anhang F erfüllen.

Tabelle 5 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze $\leq 275 \text{ N/mm}^2$

Norm	Bezeichnung	Optionen	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025-2	S235 JR	1, 12	Typ I	12
	S235 JO	1, 5, 12	Typ II	30
	S235 J2	1, 5, 12	Typ III	40
	S235 J2	1, 5, 12	Typ III	40
	S275 JR	1, 12	Typ I	12
	S275 JO	1, 5, 12	Typ II	30
	S275 J2	1, 5, 12	Typ III	40
	S275 J2	1, 5, 12	Typ III	40
Option 1	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 5	Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent $\leq 0,42 \%$ sein.			
Option 12	Die Prüfbescheinigung muss dem in EN 10204:2004 festgelegten Abnahmeprüfzeugnis 3.1 entsprechen, ausgenommen Nenndickenbleche (z. B. Dach-, Bodenbleche), für die als Mindestanforderung ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 ausgestellt werden darf.			
Norm	Bezeichnung	Optionen	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025-3	S275 N	1, 2, 19 ^a	Typ IV	40
	S275 NL	1, 2, 19 ^a	Typ IV	40
EN 10025-4	S275 M	1, 2, 19 ^a	Typ IV	40
	S275 ML	1, 2, 19 ^a	Typ IV	40
Option 1	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 2	Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent $\leq 0,42 \%$ sein.			
Option 19a	Für jedes Blech dicker als 20 mm ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.			
^a	Der Wert der größten Dicke muss der jeweils kleinere Wert sein von dem, der in dieser Tabelle festgelegt ist, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.			

ANMERKUNG 1 Die zulässigen Höchstdicken gelten nur für Mantelbleche (nicht für Einschweißbleche).

ANMERKUNG 2 Die im Falle von Werkstoffen des Typs III begrenzte Dicke von 40 mm kann im Falle der Lagerung von nicht zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden und ungiftigen Materialien auf einen Höchstwert von 45 mm erhöht werden, wozu eine entsprechende Vereinbarung zwischen Besteller und Auftragnehmer erforderlich ist (siehe Anhang A).

Außerdem sollten mindestens die folgenden zusätzlichen Anforderungen im Einzelnen festgelegt werden:

- zusätzlich zu vereinbarende NDT-Prüfungen (siehe die Tabellen 29 und 30);
- zusätzlich zu vereinbarende Anzahl an Prüfblechen (siehe Abschnitt 17);
- zusätzlich in pWPS, WPS und WPAR festzulegende Anforderungen (siehe Abschnitt 17).

Tabelle 6 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze > 275 N/mm² und ≤ 355 N/mm²

Norm	Bezeichnung	Optionen	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025-2	S355 JR	1, 6, 12	Typ V	10
	S355 J0	1, 6, 12	Typ VI	15
	S355 J2	1, 5, 6, 12, 20	Typ VII	40
	S355 J2	1, 5, 6, 12, 20	Typ VII	40
	S355 K2	1, 5, 6, 12, 20	Typ VIII	40
	S355 K2	1, 5, 6, 12, 20	Typ VIII	40
Option 1	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 5	Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent ≤ 0,42 % sein.			
Option 6	Die Gehalte an Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Ti und V sind aufzuzeichnen.			
Option 12	Die Prüfbescheinigung muss dem in EN 10204:2004 festgelegten Abnahmeprüfzeugnis 3.1B entsprechen, ausgenommen Nenndickenbleche (z. B. Dach-, Bodenbleche), für die als Mindestanforderung ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 ausgestellt werden darf.			
Option 20	Für jedes Blech dicker als 20 mm ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.			
Norm	Bezeichnung	Optionen	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025-3	S355N	1, 2, 19 ^a	Typ VIII	40
	S355NL	1, 2, 19 ^a	Typ IX	40
EN 10025-4	S355M	1, 2, 19 ^a	Typ VIII	40
	S355ML	1, 2, 19 ^a	Typ IX	40
Option 1	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 2	Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent ≤ 0,42 % sein.			
Option 19 ^a	Für jedes Blech dicker als 20 mm ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.			
^a	Der Wert der größten Dicke muss der jeweils kleinere Wert sein von dem, der in dieser Tabelle festgelegt ist, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.			

ANMERKUNG 1 Die zulässigen Höchstdicken gelten nur für Mantelbleche (nicht für Einschweißbleche). Siehe auch 9.1.6.

ANMERKUNG 2 Die im Falle von Werkstoffen der Typen VII, VIII und IX begrenzte Dicke von 40 mm kann im Falle der Lagerung von nicht zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden und ungiftigen Materialien auf einen Höchstwert von 45 mm erhöht werden, wozu eine entsprechende Vereinbarung zwischen Besteller und Auftragnehmer erforderlich ist (siehe Anhang A).

Außerdem sollten mindestens die folgenden zusätzlichen Anforderungen im Einzelnen festgelegt werden:

- zusätzlich zu vereinbarende NDT-Prüfungen (siehe die Tabellen 29 und 30);
- zusätzlich zu vereinbarende Anzahl an Prüfblechen (siehe Abschnitt 17);
- zusätzlich in pWPS, WPS und WPAR festzulegende Anforderungen (siehe Abschnitt 17).

Tabelle 7 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze > 355 N/mm²

Norm	Bezeichnung	Optionen	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025-3	S420 N	1, 2, 19 ^a	Typ X	40
	S420 NL	1, 2, 19 ^a	Typ XI	40
EN 10025-4	S420 M	1, 2, 19 ^a	Typ X	40
	S420 ML	1, 2, 19 ^a	Typ XI	40
Option 1	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 2	Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent ≤ 0,42 % sein.			
Option 19 ^a	Für jedes Blech dicker als 20 mm ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.			
^a Der Wert der größten Dicke muss der jeweils kleinere Wert sein von dem, der in dieser Tabelle festgelegt ist, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.				

ANMERKUNG 1 Die zulässigen Höchstdicken gelten nur für Mantelbleche (nicht für Einschweißbleche). Siehe auch 9.1.6.

ANMERKUNG 2 Die im Falle von Werkstoffen der Typen X und XI begrenzte Dicke von 40 mm kann im Falle der Lagerung von nicht zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden und ungiftigen Materialien auf einen Höchstwert von 45 mm erhöht werden, wozu eine entsprechende Vereinbarung zwischen Besteller und Auftragnehmer erforderlich ist (siehe Anhang A).

Außerdem sollten mindestens die folgenden zusätzlichen Anforderungen im Einzelnen festgelegt werden:

- zusätzlich zu vereinbarende NDT-Prüfungen (siehe die Tabellen 29 und 30);
- zusätzlich zu vereinbarende Anzahl an Prüfblechen (siehe Abschnitt 17);
- zusätzlich in pWPS, WPS und WPAR festzulegende Anforderungen (siehe Abschnitt 17).

Tabelle 8 — Warmgewalzte Erzeugnisse zur Verwendung bei erhöhten Temperaturen (> 100 °C)

Norm	Bezeichnung	Stahlsorte nach Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10028-2	P235 GH	Typ II A	30
	P265 GH	Typ II A	30
	P295 GH	Typ VI A	40
	P355 GH	Typ VI A	40
EN 10028-3	P275 NH	Typ IV	40
	P275 NL2	Typ IV	40
	P355 NH	Typ VIII	40
	P355 NL2	Typ IX	40
ANMERKUNG Bei Blechen dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent ≤ 0,42 % sein.			
^a Der Wert der größten Dicke muss der jeweils kleinere Wert sein von dem, der in dieser Tabelle festgelegt ist, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.			

ANMERKUNG 1 Die zulässigen Höchstdicken gelten nur für Mantelbleche (nicht für Einschweißbleche). Siehe auch 9.1.6.

ANMERKUNG 2 Die im Falle von Werkstoffen der Typen IV, VI A, VIII und IX begrenzte Dicke von 40 mm kann im Falle der Lagerung von nicht zu den Kohlenwasserstoffen gehörenden und ungiftigen Materialien auf einen Höchstwert von 45 mm erhöht werden, wozu eine entsprechende Vereinbarung zwischen Besteller und Auftragnehmer erforderlich ist (siehe Anhang A).

Außerdem sollten mindestens die folgenden zusätzlichen Anforderungen im Einzelnen festgelegt werden:

- zusätzlich zu vereinbarende NDT-Prüfungen (siehe auch die Tabellen 29 und 30);
- zusätzlich zu vereinbarende Anzahl an Prüfblechen (siehe Abschnitt 17);
- zusätzlich in pWPS, WPS und WPAR festzulegende Anforderungen (siehe Abschnitt 17).

Tabelle 9 — Kerbschlagzähigkeit von Typen der Stahlsorten

Stahlsorte	Kerbschlagzähigkeit
L	27 J bei +20 °C
Ll	27 J bei 0 °C
II A	27 J bei -10 °C
LII	27 J bei -20 °C
IV	27 J bei -30 °C
V	40 J bei +30 °C ^a
VI	40 J bei +10 °C ^b
VI A	40 J bei 0 °C
VII	40 J bei -10 °C ^c
VIII	40 J bei -20 °C
IX	40 J bei -30 °C
X	55 J bei +20 °C
XI	55 J bei 0 °C

ANMERKUNG 1 Die geforderten Werte der Kerbschlagarbeit sind Längswerte von:
27 J für Stahlsorten 235 und 275
40 J für Stahlsorte 355
55 J für Stahlsorten höher als 355

ANMERKUNG 2 Bei den Witterungsverhältnissen in Europa ist es nicht erforderlich, Stähle mit einer besseren Zähigkeit, als in Zeile 6 von Bild 1 angegeben, zu verwenden.

a Extrapolation von 27 J bei +20 °C
b Extrapolation von 27 J bei 0 °C
c Extrapolation von 27 J bei -20 °C

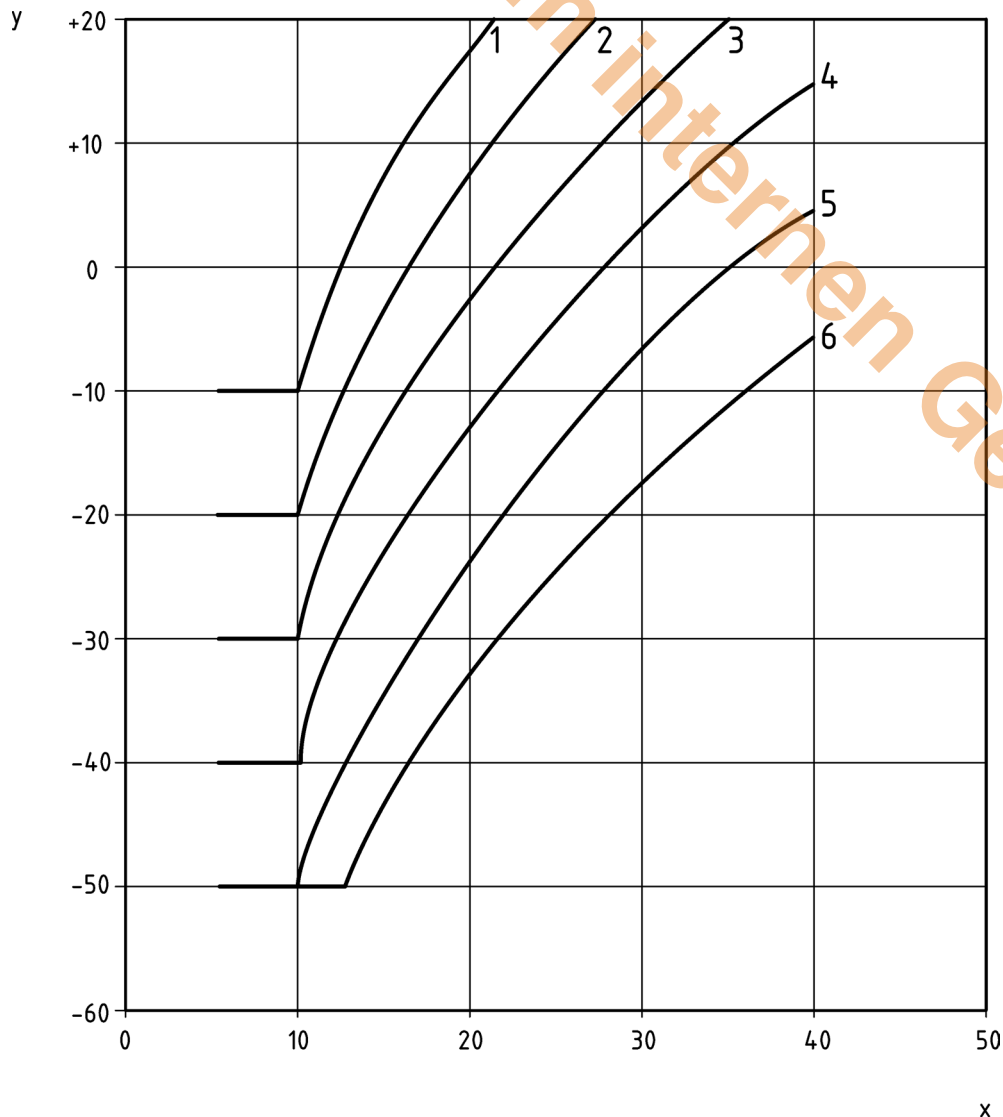
6.1.1.2 Falls die Auslegungswandtemperatur höher ist als 100 °C, müssen Stahlsorten mit festgelegten Werten der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur der Tabelle 8 entsprechen. Siehe auch 9.1.2, 9.3.3.7 und 9.3.3.9.

Andere Stahlsorten, für die in der einschlägigen Werkstoffnorm keine Werte der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur festgelegt sind, dürfen ebenfalls verwendet werden, sofern:

- a) der tatsächliche Wert jeder Schmelze des gelieferten Werkstoffs vom Stahlhersteller (siehe A.4) in Übereinstimmung mit EN 10025 bescheinigt werden muss; oder
- b) jede Schmelze mit Genehmigung der zuständigen Behörde von einem unabhängigen Laboratorium Zugprüfungen bei der erhöhten Temperatur unterzogen wird, wobei die Rückverfolgbarkeit zu dokumentieren ist.

Die Prüfergebnisse müssen in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach EN 10204:2004 aufgezeichnet werden.

6.1.1.3 Falls die höchste Auslegungswandtemperatur 250 °C überschreitet, müssen Stähle verwendet werden, für die nachgewiesen ist, dass sie gegen Alterung unempfindlich sind. Das Nachweisverfahren muss vereinbart werden (siehe A.5).



Legende

T_{DM} Auslegungswandtemperatur

E Nenndicke

- | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Stahlsorten der Typen I, V und X | (Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C) |
| 2 | Stahlsorten der Typen VI | (Kerbschlagbiegeversuch bei +10 °C) |
| 3 | Stahlsorten der Typen II, VI A und XI | (Kerbschlagbiegeversuch bei 0 °C) |
| 4 | Stahlsorten der Typen II A und VII | (Kerbschlagbiegeversuch bei -10 °C) |
| 5 | Stahlsorten der Typen III und VIII | (Kerbschlagbiegeversuch bei -20 °C) |
| 6 | Stahlsorten der Typen IV und IX | (Kerbschlagbiegeversuch bei -30 °C) |

Bild 1 — Niedrigste Einsatztemperaturen der Stahlsorten

ANMERKUNG Die in Bild 1 angegebene größte Dicke von 40 mm gilt nur für Mantelbleche (nicht für Einschweißbleche). Zu Einschweißblechen siehe 6.1.7.2.

6.1.2 Stahlbauprofile

6.1.2.1 Alle Stahlbauprofile aus unlegierten Stählen, die zur Herstellung von Tanks nach diesem Dokument verwendet werden, müssen die Anforderungen der Tabellen 5 bis 7 oder der Tabelle 10 erfüllen.

Tabelle 10 — Stahlbauteile

Norm	Bezeichnung	Stahlsorte
EN 10210-1 und -2	S235 JRH	Typ I
	S275 JOH	Typ II
	S275 J2H	Typ III
	S275 NH	Typ IV
	S275 NLH	Typ IV
	S355 JOH	Typ VI
	S355 J2H	Typ VII
	S355 NH	Typ VIII
	S355 NLH	Typ IX

6.1.2.2 Die Stahlbauprofile müssen mit einer Prüfbescheinigung nach EN 10204:2004, Werkszeugnis 2.2 geliefert werden, außer bei den Stahlsorten S275NH/NLH und S355NH/NLH, die mit Abnahmeprüfzeugnissen 3.1.B geliefert werden müssen.

6.1.2.3 Verstärkungen, Knotenbleche usw. müssen aus Stahlsorten nach 6.1.1 hergestellt werden.

6.1.3 Schmiedestücke

6.1.3.1 Schmiedestücke aus Stahl müssen durch Freiformschmieden oder Ringwalzen in Übereinstimmung mit EN 10250 und EN 10222 hergestellt werden.

6.1.3.2 Die mechanischen Eigenschaften von Schmiedestücken müssen ebenfalls 6.1.6 und 6.1.7 entsprechen.

6.1.3.3 Flansche für Stützen im Tankmantel müssen durch Schlagstempelung oder mit Farbe dauerhaft gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

- Name oder Zeichen des Herstellers;
- Größe und Druckstufe;
- Stahlsorte;
- Kennnummer; und
- Zeichen des Werksabnahmebeauftragten.

6.1.3.4 Eine Prüfbescheinigung nach Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B in EN 10204:2004 muss für Flansche bei Stützen, die an Bauteile angebracht werden, für die eine Prüfbescheinigung nach Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B in EN 10204:2004 erforderlich ist, geliefert werden. Diese muss auch den Namen des Herstellers des Ausgangswerkstoffs und die Werte der mechanischen Eigenschaften des fertigen Schmiedestückes enthalten.

Eine Prüfbescheinigung nach Werkszeugnis 2.2 in EN 10204:2004 muss für andere Flansche geliefert werden.

Flansche für Dachstutzen, Mannlöcher oder Reinigungsöffnungen können aus Blechen geschnitten werden. Die Güte des geschnittenen Flansches sollte vom Hersteller des Flansches sichergestellt werden, entweder indem ein Blech mit spezifizierten Eigenschaften in Querrichtung nach der Güteklasse Z15 in EN 10164 verwendet wird oder durch Ultraschallprüfung, um Dopplungen auszuschließen.

6.1.4 Rohre

6.1.4.1 Rohre zur Herstellung von Stutzen müssen entweder nahtlose Rohre oder längsnahtgeschweißte Rohre entsprechend den Festlegungen in den zutreffenden Teilen der EN 10216 oder EN 10217 sein.

6.1.4.2 Die mechanischen Eigenschaften der Rohre müssen ebenfalls 6.1.6 und 6.1.7 entsprechen.

6.1.4.3 Rohre für Rohrleitungen, die an den Mantel angeschlossen werden, müssen entsprechend den Festlegungen in den zutreffenden Teilen von EN 10216 oder EN 10217 gekennzeichnet werden.

6.1.4.4 Eine Prüfbescheinigung nach Abnahmeprüfzeugnis 3.1B in EN 10204:2004 muss für Rohre zur Herstellung von Stutzen, die an Bauteile angebracht werden, für die eine Prüfbescheinigung nach Abnahmeprüfzeugnis 3.1B in EN 10204:2004 erforderlich ist, geliefert werden. Diese muss auch den Namen des Herstellers des Ausgangswerkstoffes und die Werte der mechanischen Eigenschaften des fertigen Rohres enthalten.

6.1.4.5 Eine Prüfbescheinigung nach Werkszeugnis 2.2 in EN 10204:2004 muss für andere Rohre geliefert werden.

6.1.4.5 Rohre zur Herstellung von Heizschlangen müssen in Übereinstimmung mit einer geeigneten Europäischen Werkstoffnorm geliefert werden und sollten, falls notwendig, mit EN 13480 übereinstimmen.

6.1.5 Schweißzusätze

Die Schweißzusätze müssen EN ISO 2560 entsprechen und in den Schweißverfahrensprüfungen nach Abschnitt 17 verwendet werden. Die zutreffenden Prüfbescheinigungen müssen geliefert werden.

Die Schweißverfahrensprüfung muss den Nachweis erbringen, dass die Werte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit der Schweißverbindung größer sind als die entsprechenden Werte der miteinander verbundenen Grundwerkstoffe.

Die Schweißverbindung muss hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung mit den miteinander verbundenen Werkstoffen und dem Lagergut verträglich sein.

6.1.6 Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit unlegierter Stähle

6.1.6.1 Allgemeines

Soweit im jeweils zutreffenden Abschnitt des vorliegenden Dokuments festgelegt, müssen Kerbschlagbiegeversuche nach EN ISO 148-1 durchgeführt werden. Der Wert der Kerbschlagarbeit muss die Anforderungen der zutreffenden Werkstoffspezifikation oder des Schweißguts nach 6.1.6.3 erfüllen.

Die festgelegten Werte der Charpy-V-Kerbschlagarbeit von Blechen, Schmiedestücken, Rohren und Schweißgut werden aus Versuchen an drei Probekörpern bestimmt, wobei der Mittelwert der drei Versuchsergebnisse genommen werden muss. Der Einzelwert von nur einem Probekörper darf nicht kleiner sein als 70 % des festgelegten Mindestmittelwertes. Wenn das Erzeugnis weniger als 10 mm dick ist, müssen Probekörper mit dem Querschnitt 10 mm × 5 mm geprüft werden, und diese müssen einen Wert der Kerbschlagarbeit zeigen, der 50 % des für die 10 mm breiten Probekörper geforderten Wertes beträgt.

6.1.6.2 Bleche

Die Prüftemperaturen und die Werte der Kerbschlagarbeit, die für Mantelbleche, Bodenrandbleche und druckbeanspruchte Dachflächen gefordert werden, müssen den Anforderungen der in 6.1.1 festgelegten Werkstoffspezifikationen entsprechen. Für Mantelbleche und Bodenrandbleche, die nach einer anderen Spezifikation bestellt werden, müssen die Prüftemperaturen und die Werte der Kerbschlagarbeit den Anforderungen von Anhang F entsprechen.

Bei Bodenblechen, ausgenommen Bodenrandbleche, braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden.

Bei Bodenrandblechen braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden, wenn für die damit verbundenen Mantelbleche kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird.

Bei Mantelblechen und mit den Mantelblechen verbundenen Bauteilen mit einer Dicke von weniger als 6 mm oder wenn die niedrigste Auslegungswandtemperatur und die Erzeugnisdicke innerhalb der in Tabelle 11 angegebenen Grenzen liegen, braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden.

ANMERKUNG Bei Dachblechen ist üblicherweise kein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich; bei Dachblechen von Tanks mit sehr hohem Druck kann jedoch ein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich sein, wenn die Blechdicke 6 mm überschreitet (siehe Bild 1).

Tabelle 11 — Bedingungen für den Verzicht auf den Nachweis der Kerbschlagarbeit

Niedrigste Auslegungs-Wandtemperatur °C	Dicke mm
$\geq +10$	≤ 20
≥ 0	≤ 13
≥ -10	≤ 10
< -10	≤ 6

6.1.6.3 Schweißgut

6.1.6.3.1 Für das Schweißgut unlegierter Stähle muss die Kerbschlagarbeit nachgewiesen werden, wenn für die verbundenen Bauteile ein Nachweis der Kerbschlagarbeit bei 0 °C oder tieferer Temperatur gefordert wird. Der Nachweis der Kerbschlagarbeit des Schweißguts braucht nicht geführt zu werden, wenn die Bleche nach 6.1.6.2 vom Nachweis der Kerbschlagarbeit ausgenommen sind. Falls ein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen die Schweißgutproben aus den Prüfstücken der Schweißverfahrensprüfung nach Abschnitt 17 entnommen werden und die jeweils zutreffenden Anforderungen von 6.1.6.3.2 oder 6.1.6.3.3 erfüllen.

6.1.6.3.2 Der Nachweis der Kerbschlagarbeit des Schweißguts von senkrechten Mantelnähten muss bei der gleichen Prüftemperatur wie diejenige, die für das Mantelblech gefordert ist, erbracht werden, und der Wert der Kerbschlagarbeit darf nicht niedriger sein als derjenige, der für das dickere Mantelblech gefordert wird. Wenn Verbindungen zwischen Bauteilen unterschiedlicher Dicke oder aus verschiedenen Stahlsorten hergestellt werden, gilt für das Schweißgut die jeweils höhere der Anforderungen an die beiden verbundenen Teile.

6.1.6.3.3 Der Nachweis der Kerbschlagarbeit des Schweißguts von horizontalen Mantelnähten muss bei der für das dickere Blech geforderten Prüftemperatur oder bei -10 °C erbracht werden, je nachdem, welche der beiden Anforderungen geringer ist, und der Wert der Kerbschlagarbeit darf nicht niedriger sein als 27 J.

6.1.7 Anbauteile

6.1.7.1 Sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2), müssen Verstärkungsbleche, Einschweißbleche, Stutzenrohre und Flansche aus einem Werkstoff hergestellt sein, der hinsichtlich seiner grundsätzlichen Art der gleiche ist wie der Werkstoff der Mantelbleche, mit denen sie verschweißt sind. Sie müssen darüber hinaus den Anforderungen an die Kerbschlagarbeit nach 6.1.6 entsprechen. Als Nenndicke e muss in Bild 1 die Nenndicke des Bauteils verwendet werden mit folgenden Ausnahmen:

a) Vorschweißflansche

Als Nenndicke muss der jeweils größere Wert der Dicke an der Schweißnaht oder 25 % der Flanschdicke genommen werden.

b) Überschiebflansche mit oder ohne Ansatz

Als Nenndicke muss der jeweils größere Wert der Nenndicke des Stutzenrohres, e_n , an das der Flansch angeschweißt ist, oder 25 % der Flanschdicke genommen werden.

6.1.7.2 Die Kerbschlagzähigkeit von Einschweißblechen aus ferritischen Stählen mit Dicken über 40 mm muss unabhängig von der Auslegungswandtemperatur ≥ 27 J bei -50 °C sein.

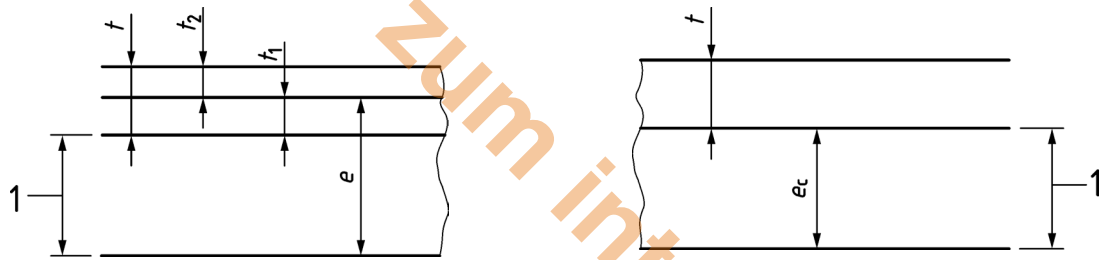
6.1.7.4 Werkstoffe der dauerhaft angebrachten Anbauteile müssen die gleiche Kerbschlagzähigkeit aufweisen wie die Mantelbleche, mit denen sie verschweißt sind.

6.1.8 Zulässige Dickenabweichungen

6.1.8.1 Bei Blechen mit Nenndicke³⁾ darf die an jedem beliebigen Punkt in mehr als 25 mm Abstand vom Rand eines beliebigen Boden-, Mantel-, Dach- oder Bodenrandblechs gemessene Dicke (e) nicht kleiner sein als die festgelegte Dicke, reduziert um die Hälfte der zulässigen Gesamtdickenabweichung nach EN 10029:2010, Tabelle 1: Klasse D (siehe Bild 2 a)).

6.1.8.2 Bei Blechen mit berechneten Dicken darf die an jedem beliebigen Punkt in mehr als 25 mm Abstand vom Rand der Mantel- oder Dachbleche gemessene Dicke nicht kleiner sein als die berechnete Mindestdicke (e_c), z. B. nach EN 10029:2010, Tabelle 1: Klasse C, d. h., es sind nur positive Maßabweichungen zulässig (siehe Bild 2 b)).

3) Bleche, deren Dicke durch festgelegte Mindestwerte bestimmt wird.



a) Nenndickenbleche (siehe 6.1.8.1)

b) Bleche mit berechneter Dicke (siehe 6.1.8.2)

Legende

- E Nenndicke (Boden-, Bodenrand-, Mantel- oder Dachbleche)
- e_c berechnete Mindestdicke von Blechen einschließlich aller Korrosionszuschläge
- T gesamte zulässige Dickenabweichung
- t_1 minus der Hälfte der zulässigen Gesamtdickenabweichung
- t_2 plus der Hälfte der zulässigen Gesamtdickenabweichung
- 1 zulässige Mindestdicke

Bild 2 — Zulässige Dickenabweichungen von Blechen

6.2 Nichtrostende Stähle

6.2.1 Allgemeines

6.2.1.1 Werkstoffauswahl

Alle Bleche und Stahlbauteile aus nichtrostenden Stählen zur Herstellung von Tanks nach diesem Dokument müssen den in EN 10088-1 und EN 10088-2 angegebenen Mindestanforderungen entsprechen. Zu Flacherzeugnissen aus Druckbehälterstählen siehe auch EN 10028-7.

Martensitische nichtrostende Stähle dürfen nicht verwendet werden.

Erzeugnisse aus ferritischen nichtrostenden Stählen dürfen nur in Dicken bis höchstens 10 mm verwendet werden.

Austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle müssen aus den in Tabelle 12 genannten Stählen gewählt werden.

6.2.1.2 Chemische Eigenschaften

Die festgelegten Stahlsorten (siehe A.1) müssen für das zu lagernde Produkt geeignet sein und EN 10088-2 oder EN 10088-3:2014, Tabellen 7, 10 und 11 entsprechen.

6.2.1.3 Mechanische Eigenschaften

Die festgelegten Mindestwerte der mechanischen Eigenschaften müssen mit denen, die in dem zutreffenden Teil von EN 10088 angegeben sind, übereinstimmen. Für Tanks, die bei erhöhten Temperaturen betrieben werden sollen, müssen die geforderten Werte der Streckgrenze aus den in EN 10088-2 oder EN 10088-3:2014, Tabellen 10 und 15 festgelegten Werten durch Interpolation ermittelt werden.

Tabelle 12 — Nichtrostende Stähle zur Herstellung von Tanks

Stahlbezeichnung	
Stahlsorte	Werkstoffnummer
Austenitisch	
X2CrNi18-9	1,430 7
X2CrNi19-11	1,430 6
X2CrNiN18-10	1,431 1
X5CrNi18-10	1,430 1
X6CrNiTi18-10	1,454 1
X6CrNiNb18-10	1,455 0
X1CrNi25-21	1,433 5
X2CrNiMo17-12-2	1,440 4
X2CrNiMoN17-11-2	1,440 6
X5CrNiMo17-12-2	1,440 1
X1CrNiMoN25-22-2	1,446 6
X6CrNiMoTi17-12-2	1,457 1
X6CrNiMoNb17-12-2	1,458 0
X2CrNiMo17-12-3	1,443 2
X2CrNiMoN17-13-3	1,442 9
X2CrNiMo17-13-3	1,443 6
X2CrNiMo18-14-3	1,443 5
X2CrNiMoN18-12-4	1,443 4
X2CrNiMoN18-15-4	1,443 8
X2CrNiMoN17-13-5	1,443 9
X1NiCrMoCu31-27-4	1,456 3
X1NiCrMoCu25-20-5	1,453 9
X1CrNiMoCuN25-25-5	1,453 7
X1CrNiMoCuN20-18-7	1,454 7
X1CrNiMoCuN25-20-7	1,452 9
Austenitisch-ferritisch	
X2CrNiN23-4	1,436 2
X2CrMnNiN21-5-1	1,426 2
X2CrNiMoN22-5-3	1,446 2
X2CrNiMoCuN25-6-3	1,450 7
X2CrNiMoN25-7-4	1,441 0
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1,450 1
Nach EN 10088-1 ausgewählte nichtrostende Stähle	

6.2.1.4 Oberflächenbeschaffenheit

In Abhängigkeit vom Lagergut müssen alle Informationen mitgeteilt werden, die es dem Hersteller ermöglichen, die Werkstoffe unter Berücksichtigung der Angaben in EN 10088-2 oder EN 10088-3:2014, Tabelle 6 zu bestellen (siehe A.1).

6.2.2 Bleche

Die Bleche sind nach den Angaben des Tankherstellers (siehe A.5) unter Bezugnahme auf EN 10088-2:2014, Tabelle 20 zu kennzeichnen.

Für alle Bleche sind Prüfbescheinigungen nach EN 10204:2004, Abnahmeprüfzeugnis 3.1B zu liefern.

6.2.3 Stahlbauprofile

Sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht, müssen für Stahlbauprofile aus nichtrostenden Stählen Prüfbescheinigungen nach EN 10204:2004, Werkszeugnis 2.2 geliefert werden.

6.2.4 Schmiedestücke

6.2.4.1 Schmiedestücke müssen aus nichtrostenden Stählen durch Freiformschmieden oder Ringwalzen in Übereinstimmung mit EN 10222-4 und EN 10250-4 hergestellt werden.

6.2.4.2 Die mechanischen Eigenschaften der Schmiedestücke müssen den Eigenschaften, die der Auslegung des Tanks zugrundegelegt wurden, gleichwertig sein.

6.2.4.3 Flansche für Stützen im Tankmantel müssen durch Schlagstempelung oder mit Farbe dauerhaft gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

- Name oder Zeichen des Herstellers;
- Größe und Druckstufe;
- Stahlsorte;
- Kennnummer; und
- Zeichen des Werksabnahmebeauftragten.

6.2.4.4 Flansche müssen mit einer Prüfbescheinigung nach EN 10204:2004, Abnahmeprüfzeugnis 3.1B, geliefert werden, die den Namen des Herstellers des Ausgangswerkstoffs und die mechanischen Eigenschaften des fertigen Flansches enthalten muss.

ANMERKUNG Flansche für Dachstützen, Mannlöcher oder Reinigungsöffnungen können aus Blechen geschnitten werden.

6.2.5 Rohre

6.2.5.1 Rohre zur Herstellung von Stützen müssen entweder nahtlose Rohre aus nichtrostendem Stahl oder längsnahtgeschweißte Rohre nach EN 10216-5 oder EN 10217-7 sein.

6.2.5.2 Die mechanischen Eigenschaften der Rohre müssen denen, die der Auslegung des Tanks zugrundegelegt wurden, gleichwertig sein.

6.2.5.3 Rohre für Rohrleitungen, die mit dem Mantel verbunden sind, müssen durch Schlagstempelung oder mit Farbe dauerhaft gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

- Name oder Zeichen des Herstellers;
- Stahlsorte;
- Kennnummer; und
- Zeichen des Werksabnahmebeauftragten.

6.2.5.4 Rohre müssen mit einer Prüfbescheinigung nach EN 10204:2004, Abnahmeprüfzeugnis 3.1B geliefert werden, die den Namen des Herstellers des Ausgangswerkstoffes enthalten muss.

6.2.5.5 Rohre zur Herstellung von Heizschlangen müssen EN 10216-5 oder EN 10217-7 entsprechen und, falls (aufgrund der Spezifikation des Bestellers – siehe Anhang A.1) erforderlich, nach EN 13480 ausgelegt und hergestellt sein.

6.2.6 Schweißzusätze

Schweißzusätze müssen EN ISO 3581 entsprechen, mit den vorgesehenen Prüfbescheinigungen geliefert werden und bei den Schweißverfahrensprüfungen nach Abschnitt 17 verwendet werden.

Die Schweißverfahrensprüfung muss den Nachweis erbringen, dass die Werte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit der Schweißverbindung die entsprechenden Werte der miteinander verbundenen Grundwerkstoffe überschreiten.

Die Schweißverbindung muss hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung mit den miteinander verbundenen Werkstoffen und dem Lagergut verträglich sein.

6.2.7 Anker und lasttragende Schrauben

Alle Anker und lasttragenden Schrauben müssen metrische Gewinde in Übereinstimmung mit EN ISO 898 haben, und Schrauben aus unlegiertem Stahl sollten, sofern zwischen Besteller und Auftragnehmer nichts anderes vereinbart wurde, in Übereinstimmung mit EN ISO 1461 feuerverzinkt sein (siehe Anhang A.2).

7 Auslegungslasten

7.1 Lasten

Bei der Auslegung sind die nachstehend aufgeführten und in 7.2.1 bis 7.2.14 festgelegten Lasten zu berücksichtigen:

- a) Lasten durch das Lagergut bei Betrieb und Prüfung;
- b) Lasten durch Innendruck bei Betrieb und Prüfung;
- c) Lasten aus Temperatureinwirkungen;
- d) Eigenlasten;
- e) Lasten aus Dämmungen;
- f) Nutzlasten;
- g) Einzellasten;
- h) Schneelasten;
- i) Regenlasten;
- j) Windlasten;
- k) seismische Lasten;
- l) Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile;
- m) Lasten aus Fundamentsetzungen; und
- n) Sonderlasten.

7.2 Lastwerte

7.2.1 Lasten durch das Lagergut

Während des Betriebs muss die Belastung durch das Lagergut der maximalen Auslegungsfüllhöhe entsprechen.

Während der Prüfung muss die Belastung durch das Prüfmedium der maximalen Auslegungsfüllhöhe entsprechen.

7.2.2 Lasten durch Innendruck

Während des Betriebs muss die Belastung durch den Innendruck dem festgelegten Auslegungsüberdruck bzw. dem Auslegungsunterdruck entsprechen.

Während der Prüfung muss die Belastung durch den Innendruck dem festgelegten Prüfüberdruck bzw. dem Prüfunterdruck entsprechen.

7.2.3 Lasten aus Temperatureinwirkungen

Falls es notwendig ist, das Lagergut bei erhöhter Temperatur zu lagern, sind die daraus resultierenden thermischen Lasten zu bewerten.

ANMERKUNG Bei Tanks, die für den Betrieb bei Temperaturen ≤ 100 °C ausgelegt sind, können die Lasten aus Temperatureinwirkungen vernachlässigt werden.

7.2.4 Eigenlasten

Als Eigenlasten sind diejenigen Lasten zu betrachten, die durch das Gewicht aller Tankbauteile und der dauerhaft mit dem Tank verbundenen Anbauteile bedingt sind.

7.2.5 Lasten aus Dämmungen

Als Lasten aus Dämmungen sind Lasten zu betrachten, die durch das Eigengewicht der Dämmung bedingt sind.

7.2.6 Verteilte Nutzlasten

Die verteilten Nutzlasten sind aus ENV 1991-21-1, Tabelle 6.10 zu entnehmen und zu vereinbaren (siehe A.2); zu den in dem/der betreffenden Land/Region zulässigen Lasten siehe auch die normativen Nationalen Anhänge.

7.2.7 Einzellast

Die Einzellasten sind zu vereinbaren (siehe A.2).

7.2.8 Schneelasten

Die Schneelasten sind aus EN 1991-1-3 zu entnehmen.

7.2.9 Regenlasten

Die auf Schwimmdächer aufgebrachten Lasten müssen mit D.3.2 übereinstimmen.

7.2.10 Wind

7.2.10.1 Winddruck

Für die 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit (V_w) ist in der Auslegung ein Wert nicht unter 45 m/s zu verwenden. Falls mit höheren 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeiten als 45 m/s zu rechnen ist oder der Mantel des Tanks eine Höhe größer als 30 m hat, muss aufgrund nationaler Daten ein geeigneter Wert für die durchschnittliche 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit (V) festgelegt werden, der zu vereinbaren ist (siehe A.2). Die für die Auslegung geeignete 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit (V_w) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$V_w = V * S_1 * S_2 * S_3 * S_4$$

Dabei ist

- V_w die bei der Auslegung anzusetzende 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit;
- V die durchschnittliche 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit nach den nationalen Daten (siehe EN 1991-1-4);
- S_1 ein Faktor zur Berücksichtigung der Trichterwirkung bei Hanglagenexposition ($S_1 = 1,0$ bei nicht exponierten Bereichen und $S_1 = 1,10$ bei Hanglagenexposition);
- S_2 ein Faktor zur Berücksichtigung der Mantelhöhe des Tanks mit:
 - $S_2 = 1,00$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe ≤ 10 m,
 - $S_2 = 1,03$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe H von $10 \text{ m} < H \leq 20$ m,
 - $S_2 = 1,07$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe H von $20 \text{ m} < H \leq 30$ m;Bei höheren Tanks ist die folgende Kurvenformel anzuwenden: $y = 0,000\ 05 X^2 + 0,001\ 5 X + 0,98$, die zu den folgenden Werten für den Faktor S_2 führt:
 - $S_2 = 1,12$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe H von $30 \text{ m} < H \leq 40$ m,
 - $S_2 = 1,18$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe H von $40 \text{ m} < H \leq 50$ m,
 - $S_2 = 1,25$ bei Tanks mit einer Mantelhöhe ≤ 60 m.
- S_3 ein statistischer Faktor: Bei zylindrischen Tanks und in Bereichen, für die Winddaten über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren vorliegen, ist $S_3 = 1,0$ anzusetzen.

Falls die nationalen Daten die durchschnittliche Windböengeschwindigkeit über andere Intervalle als die 3 Sekunden gemittelt angeben, muss zur Ermittlung der 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit ein Umrechnungsfaktor S_4 nach folgender Gleichung angewendet werden:

$$V_w(3 \text{ Sekunden}) = S_4 * V_{\text{ref}} (\text{des anderen gemittelten Wertes})$$

$$S_4 \text{ für } V_{\text{ref}} \text{ von 3 Sekunden} = 1,0$$

$$S_4 \text{ für } V_{\text{ref}} \text{ von 1 Minute} = 1,25$$

$$S_4 \text{ für } V_{\text{ref}} \text{ von 10 Minuten} = 1,49$$

$$S_4 \text{ für } V_{\text{ref}} \text{ von 1 Stunde} = 1,56$$

ANMERKUNG Die Windlast sollte nach folgender Gleichung (in kN/m²) berechnet werden:

$$q = \frac{(V_w)^2}{1\,600}, \quad \text{falls } V_w \leq 45 \text{ m/s}$$

oder

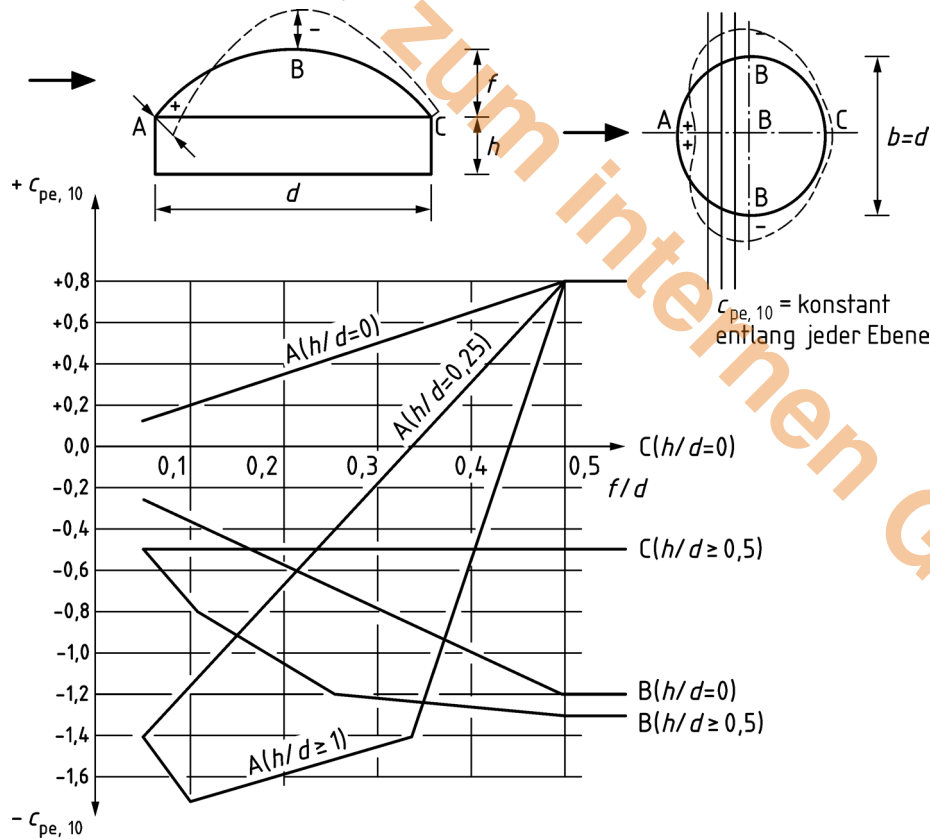
$$q = \frac{(45)^2}{1\,600} * \left(\frac{V_w}{45}\right)^2 \quad \text{falls } V_w \text{ größer ist als } 45 \text{ m/s.}$$

Für den Tankmantel sollte ein Formfaktor $c_1 = 0,6$ angesetzt werden, während der Formfaktor für Kegel- und Kugelsegmentdächer $c_2 = 0,5$ ist. Dies führt zu einer an der vertikal projizierten Fläche des Mantels angreifenden Windlast von $0,6 * q$ und zu einer an der vertikal projizierten Fläche von Dächern angreifenden Windlast von $0,5 * q$.

7.2.10.2 Windsog

a) Kugelsegmentdach

Über Flachdächer (Kegel- oder Kugelsegmentdächer in der in der vorliegenden Norm angegebenen Form) streichender Wind führt eine über die einfach oder doppelt gekrümmten Dachflächen wirkende Sauglast ein. Bild 3 enthält typische Druckkoeffizienten $C_{pe,10}$ für die einzelnen Sektoren (A, B und C) eines Dachs, die zur Bestimmung des durch Wind auf die Dachkonstruktion wirkenden Drucks oder Sogs zu verwenden sind.



Legende

- d Tankdurchmesser
- f Höhe des Kugelsegmentdachs
- $c_{pe,10}$ Druckkoeffizient
- A, B und C Bereiche, in denen der Winddruck bzw. Windsog angreift

Bild 3 — Windsog

In Übereinstimmung mit 10.2.2 der vorliegenden Norm muss die Krümmung von Kugelsegmentdächern innerhalb der folgenden Grenzwerte liegen:

$$0,8 * d \leq R \leq 1,5 * d$$

Dabei ist

- d der Durchmesser des Tankmantels;
- R der Radius des Kugelsegmentdachs.

Dies führt zu den folgenden Beispielen für verschiedene f/d -Quotienten:

Tabelle XX — XXX

Typ dak	Quotient f/d
0,8 D	0,176
1,0 D	0,134
1,2 D	0,109
1,5 D	0,086

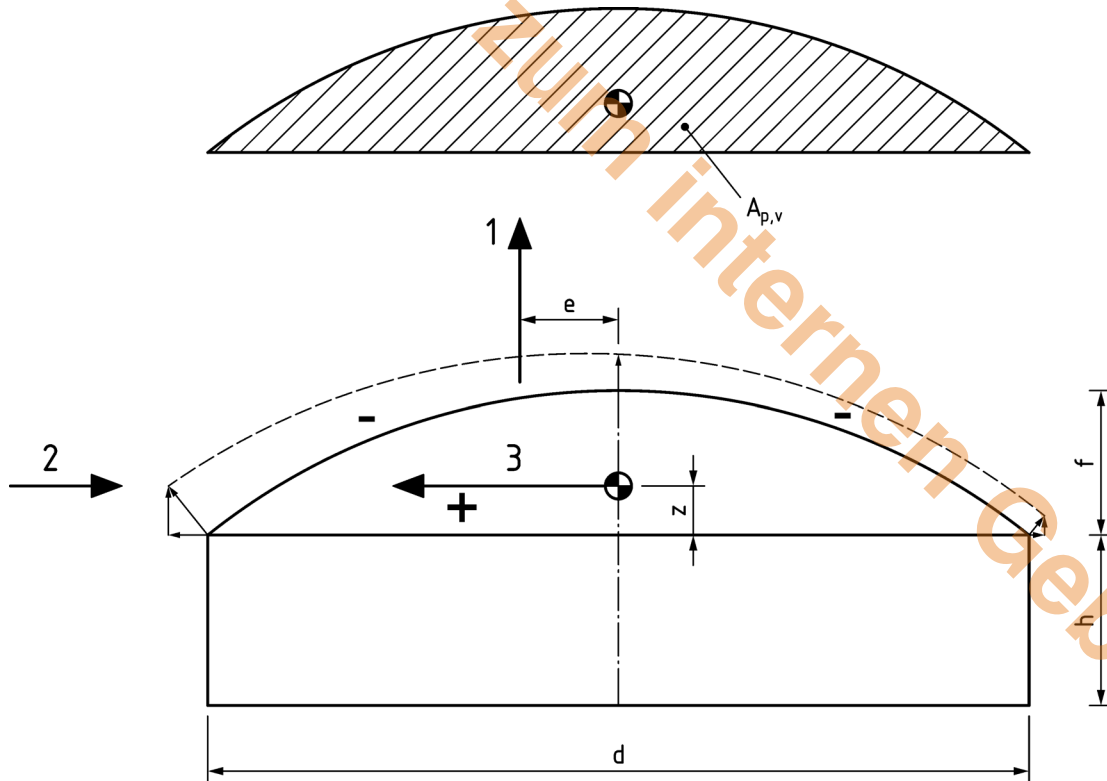
Anhand des in Bild 7.12 von EN 1991-1-4:2005 dargestellten Graphen lassen sich die $C_{pe,10}$ -Werte für Lagertanks mit Kugelsegmentdächern in den Bereichen A, B und C beurteilen. In Tabelle XX wurden anhand der kombinierten Werte für A, B und C von Kugelsegmentdächern, basierend auf den unterschiedlichen Oberflächen und Schwerpunkten der ausgegebenen Graphen, die folgenden $C_{pe,10}$ -Werte im Einzelnen festgelegt:

Tabelle XXX — XXX

Typ dak	Quotient f/d	Quotient h/d													
		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,8 d	0,176	-0,57	-0,70	-0,80	-0,90	-0,92	-0,94	-0,97	-0,99	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01
1,0 d	0,134	-0,55	-0,68	-0,77	-0,86	-0,88	-0,90	-0,92	-0,94	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96
1,2 d	0,109	-0,54	-0,67	-0,76	-0,84	-0,86	-0,88	-0,89	-0,91	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93
1,5 d	0,086	-0,51	-0,64	-0,71	-0,79	-0,80	-0,81	-0,82	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84

ANMERKUNG Im vorliegenden Dokument wird die kontinentaleuropäische Schreibweise verwendet. Wo die Werte in den oben stehenden Tabellen mit Dezimalkomma angegeben sind, denken sich Leser im Vereinigten Königreich einen Dezimalpunkt.

Die durch Sog bedingte Last wirkt senkrecht auf die Dachoberfläche. Bei Aufteilung der $C_{pe,10}$ -Faktoren in eine vertikale und eine horizontale Komponente wurden die verschiedenen Komponenten des Faktors $C_{pe,10}$ sowie der Schwerpunkt der resultierenden Lasten in der vertikalen und der horizontalen Richtung, in Bezug auf die Mittellinie des Tanks in Bild 4 und Tabelle XXX beurteilt.



Legende

$A_{p,v}$ vertikal projizierte Querschnittsfläche des Kugelsegmentdachs
 z Abstand zwischen Kugelsegmentenschwerpunkt und Basis des Dachs
 e Exzentrizität der resultierenden vertikalen Lastkomponente in Bezug auf die Mittellinie des Tanks

$C_{pe,10,vertikal}$ vertikale Komponente des senkrecht zur Dachoberfläche wirkenden $C_{pe,10}$ -Lastfaktors
 $C_{pe,10,horizontal}$ horizontale Komponente des senkrecht zur Dachoberfläche wirkenden $C_{pe,10}$ -Lastfaktors

ANMERKUNG Die horizontale Komponente des in der oben stehenden Tabelle angegebenen $C_{pe,10}$ -Werts greift in entgegengesetzter Richtung zum Formfaktor an, der auf die vertikale Querschnittsfläche p_f des Dachs wirkt.

Das bedeutet, dass die resultierende Windlast, wenn die horizontale, zum Wind hin angreifende Komponente einen Wert von $C_{pe,10,horizontal} = 0,39$ hat, während der $C_{pe,10}$ -Formfaktor von $c_2 = 0,5$ in entgegengesetzter Richtung angreift, in der leeseitigen Richtung gleich $(0,5 - 0,39) * q = 0,11 * q$ ist. Wenn die horizontale, zum Wind hin angreifende Komponente einen Wert von $C_{pe,10,horizontal} = 0,72$ hat, während der $C_{pe,10}$ -Formfaktor von $c_2 = 0,5$ in entgegengesetzter Richtung angreift, ist die resultierende Windlast in luvwärtiger Richtung gleich $(0,72 - 0,5) * q = 0,22 * q$.

Bild 4 — Kugelsegmentdach

Tabelle XXX — XXX

Dach- typ	Quo- tient f/d	Projek- tions- fläche $A_{p,v}$	Abstand Z	Wert	Quotient h/d													
					0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,8 d	0,175 5	0,119 9 d ²	0,059 7 d	$C_{pe,10,vertikal}$	-0,57	-0,70	-0,80	-0,90	-0,92	-0,94	-0,97	-0,99	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01
				$C_{pe,10,horizontal}$	0,22	0,33	0,34	0,34	0,41	0,48	0,54	0,61	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
				Exzentrizität e	d/24,5	d/20,4	d/22,7	d/25,0	d/21,5	d/18,9	d/17,0	d/15,6	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4
1,0 d	0,134 0	0,090 6 d ²	0,045 2 d	$C_{pe,10,vertikal}$	-0,55	-0,68	-0,77	-0,86	-0,88	-0,90	-0,92	-0,94	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96
				$C_{pe,10,horizontal}$	0,32	0,44	0,44	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
				Exzentrizität e	d/16,1	d/14,7	d/16,8	d/18,9	d/17,2	d/15,8	d/14,7	d/13,8	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0
1,2 d	0,109 1	0,073 5 d ²	0,0367 d	$C_{pe,10,vertikal}$	-0,54	-0,67	-0,76	-0,84	-0,86	-0,88	-0,89	-0,91	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93
				$C_{pe,10,horizontal}$	0,39	0,51	0,50	0,49	0,53	0,58	0,63	0,68	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
				Exzentrizität e	d/13,2	d/12,5	d/14,4	d/16,4	d/15,3	d/14,3	d/13,5	d/12,8	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2
1,5 d	0,085 8	0,057 5 d ²	0,0287 d	$C_{pe,10,vertikal}$	-0,51	-0,64	-0,71	-0,79	-0,80	-0,81	-0,82	-0,83	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84
				$C_{pe,10,horizontal}$	0,44	0,57	0,54	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
				Exzentrizität e	d/11,0	d/10,7	d/12,5	d/14,4	d/13,8	d/13,2	d/12,7	d/12,2	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8

b) Kegeldach

Für den Fall der Verwendung eines Dachs mit konisch geformter Membran (freitragend) oder durch Sparren getragener Dächer wird eine Steilheit dieses Dachtyps von 1 : 5 vorgeschlagen.

Die $C_{pe,10}$ -Werte wurden nach den in den folgenden Publikationen beschriebenen Theorien beurteilt:

- Sabransky, I.J.; Melbourne, W.H.: "Design pressure distribution on circular silos with conical roofs", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 26, 1987.
- Macdonald, P.A.; Kwok, K.C.S.; Holmes, J.J.: "Wind loads on circular storage bins, silos and tanks, Point pressure measurements on isolated structures", Research report R529, School of Civil Mining Engineering, University of Sydney, Australia, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 31, 1988.
- Sosa, E.M.: "Computational buckling analysis of cylindrical, thin walled above ground tanks", University of Puerto Rico, Mayaguës campus, 2005.

Diese Publikationen zeigen die über die Gesamtfläche des Kegeldaches geltenden $C_{pe,10}$ -Werte, basierend auf den nachstehend in Bild 5 angegebenen h/d -Quotienten.

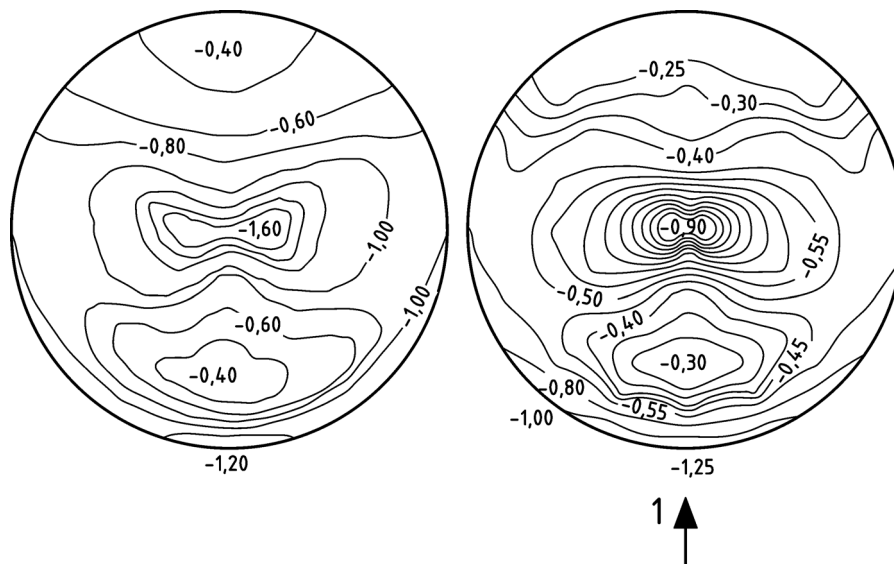


Bild 5 — Kegeldach

Das links stehende Bild gilt für Tanks mit einem h/d -Quotienten von 0,4.

Das rechts stehende Bild gilt für Tanks mit einem h/d -Quotienten von 1,0.

Für Zwischenwerte der h/d -Quotienten wurden die Werte interpoliert.

Auch bei Kegeldächern wirkt die durch Sog bedingte Last senkrecht auf die Dachoberfläche. Bei Umrechnung der $C_{pe,10}$ -Faktoren in eine vertikale und eine horizontale Komponente wurden die verschiedenen Komponenten des Faktors $C_{pe,10}$ sowie der Abstand des Schwerpunktes der resultierenden Lasten in der vertikalen Richtung in Bezug auf die Mittellinie des Tanks im nachstehenden Bild und der nachstehenden Tabelle beurteilt:

In Bild 6 und den Tabellen XXX wurden die $C_{pe,10}$ -Werte nach den oben stehenden Bildern verändert, um die Extrapolation des Windsogs in verschiedenen Dachbereichen (im Bereich zwischen a und ab, im Bereich zwischen ab und b, im Bereich zwischen b und bc sowie im Bereich zwischen bc und c) zu vereinfachen.

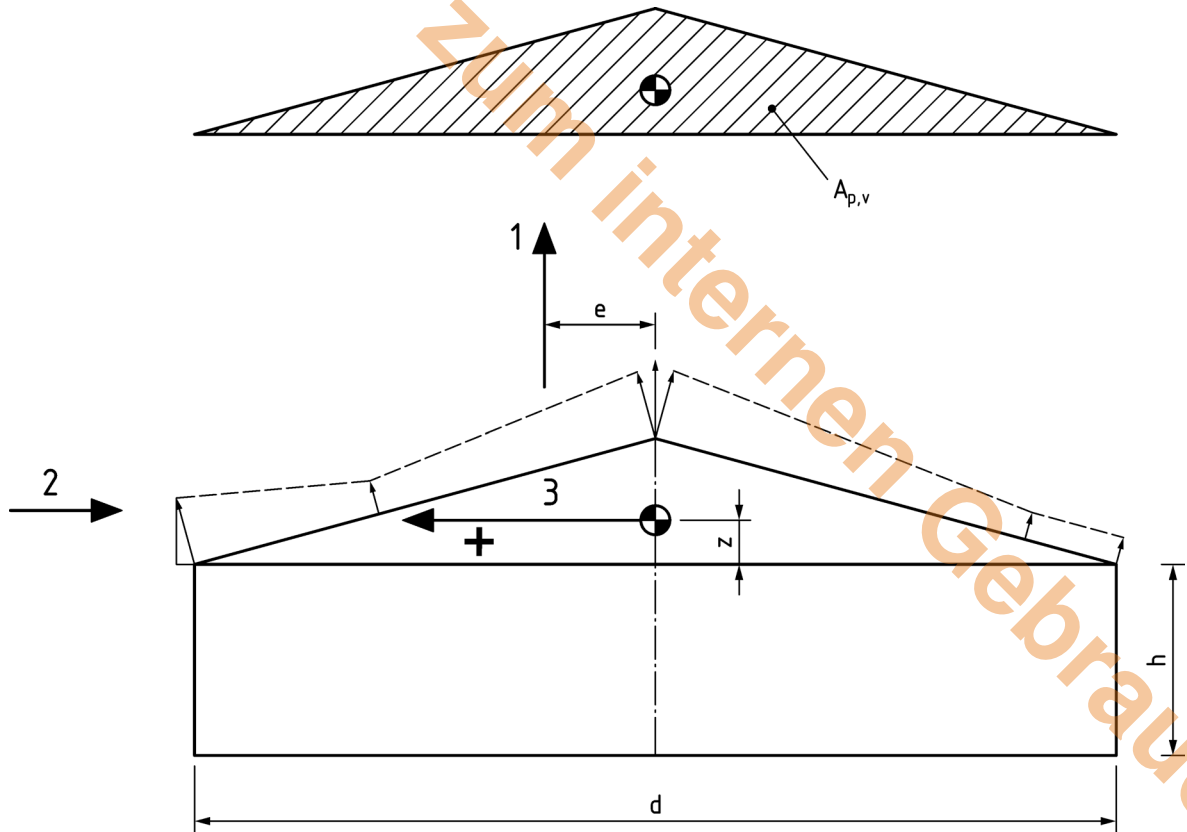


Bild 6 — Kegeldach

Tabelle XXX — XXX

Bereich	Quotient h/d	
	0,4	1,0
a	-1,20	-1,25
ab	-0,60	-0,45
b	-1,30	-0,70
bc	-0,40	-0,25
c	-0,40	-0,25

Tabelle XXX — XXXX

Projek- tions- fläche $A_{p,v}$	Ab- stand z	Wert	Quotient h/d								
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05 d ²	0,025 d	$C_{pe,10,\emptyset,vertikal}$	0,99	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,66	0,61	0,55
		$C_{pe,10,\emptyset,horizontal}$	-0,12	-0,13	-0,15	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,24
		Exzentrizität e	d/57,6	d/49,8	d/42,7	d/37,2	d/32,0	d/27,9	d/24,2	d/21,0	d/17,9

ANMERKUNG Bei Quotienten h/d größer als 1,0 gelten die in der oben stehenden Tabelle für $h/d = 1,0$ angegebenen Werte ebenfalls und unverändert.

Dabei ist

- z = $f/4$; Abstand zwischen Kegelschwerpunkt und Basis des Dachs;
- f die Kegelhöhe ($0,1 * d$);
- $A_{p,v}$ = $(d * f)/2 = 0,05 * d^2$ (vertikal projizierte Querschnittsfläche des Kegeldachs);
- e die Exzentrizität der resultierenden vertikalen Lastkomponente in Bezug auf die Mittellinie des Tanks;
- $C_{pe,10,vertikal}$ die vertikale Komponente des senkrecht zur Dachoberfläche wirkenden $C_{pe,10}$ -Lastfaktors;
- $C_{pe,10,horizontal}$ die horizontale Komponente des senkrecht zur Dachoberfläche wirkenden $C_{pe,10}$ -Lastfaktors.

7.2.11 7 Seismische Lasten

Der Tank muss gegen die aus lokalen seismischen Daten abgeleiteten seismischen Lasten ausgelegt werden. Die bei der Auslegung zu verwendenden Werte der horizontalen und vertikalen Beschleunigungen müssen festgelegt werden (siehe A.1).

ANMERKUNG 1 Die Auslegung gegen seismische Einwirkungen sollte in Übereinstimmung mit Anhang G erfolgen.

ANMERKUNG 2 Den Berechnungen für OBE sollten seismische Lasten mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von bis zu 10 % während der Lebensdauer des Tanks zugrundegelegt werden.

ANMERKUNG 3 Den Berechnungen für SSE sollten seismische Lasten mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von bis zu 1 % während der Lebensdauer des Tanks zugrundegelegt werden.

7.2.12 Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile

Bei der Auslegung sind Lasten durch Rohre, Ventile und andere Anbauteile des Tanks sowie Lasten aufgrund der Setzung von unabhängigen Bauteilstützen in Bezug auf das Tankfundament, die Steifigkeit des Tankmantels, die durch das Ausbeulen des Tanks unter voller hydrostatischer Last bedingte radiale Auslenkung und Achsenrotation der Mantelstützen zu berücksichtigen. Rohrleitungen sind mit dem Ziel auszulegen, die auf den Tank wirkenden Lasten auf ein Mindestmaß zu verringern, sodass keine signifikanten Kräfte und Momente auf den Tankmantel wirken.

7.2.13 Lasten aus Fundamentsetzungen

Bei der Auslegung zu berücksichtigende Lasten durch Setzung sind zu vereinbaren (siehe A.2), und ihre Berücksichtigung ist nur dann erforderlich, wenn während der Lebensdauer des Tanks mit ungleichmäßiger Setzung zu rechnen ist (siehe I.3.4).

7.2.14 Sonderlasten

Bei der Auslegung zu berücksichtigende Sonderlasten sind zu vereinbaren (siehe A.2).

7.2.15 Lastkombinationen

Der Tank ist für die ungünstigste Kombination der in 7.2 festgelegten Lasten auszulegen; ausgenommen sind folgende Lasten, die nicht als gleichzeitige Einwirkungen zu betrachten sind:

- Windlasten und seismische Lasten, die der Auslegung zugrunde gelegt werden;
- Prüflasten und Auslegungswindlasten;
- Prüflasten und seismische Lasten;
- Nutz- und Schneelasten.

8 Tankböden

8.1 Allgemeines

Sofern vom Besteller nichts anderes festgelegt ist, sind Tanks mit genau einem Boden auszulegen (siehe A.1).

ANMERKUNG 1 Zu anderen Bodentypen siehe Anhang H.

ANMERKUNG 2 Typische Konstruktionen sind in Bild 3 dargestellt.

ANMERKUNG 3 Falls nicht anders festgelegt, sollte das Gefälle des Tankbodens auslegungsgemäß nicht mehr als 1 : 100 betragen (siehe A.1). Bei Tankböden mit einem Gefälle größer als 1 : 100 sollten Auslegung und Gründung vereinbart werden (siehe A.2). Dabei sollten die Betriebsbedingungen, das zu erwartende Ausmaß der Setzung und die Art der Gründung beachtet werden.

Für die Auslegung ist anzunehmen, dass der Tankboden über seine gesamte Fläche auf der Tankgründung aufliegt.

ANMERKUNG 4 Tankgründungen und typische Fußplatten sollten mit Anhang I übereinstimmen.

8.2 Werkstoffe

8.2.1 Werkstoffe für Tankböden müssen den zutreffenden Anforderungen von 6.1 oder 6.2 entsprechen.

8.2.2 Ist für den unteren Mantelschuss der Kerbschlagbiegeversuch gefordert, so muss der Werkstoff des Bodenrandblechs ebenfalls diesem Versuch unterzogen werden und bei gleicher Prüftemperatur die gleiche Mindestkerbschlagzähigkeit (falls erforderlich, korrigiert auf eine Probekörpergröße unterhalb der Standardgröße) erreichen wie der untere Mantelschuss, mit dem das Bodenrandblech verbunden ist (siehe 6.1.6.2).

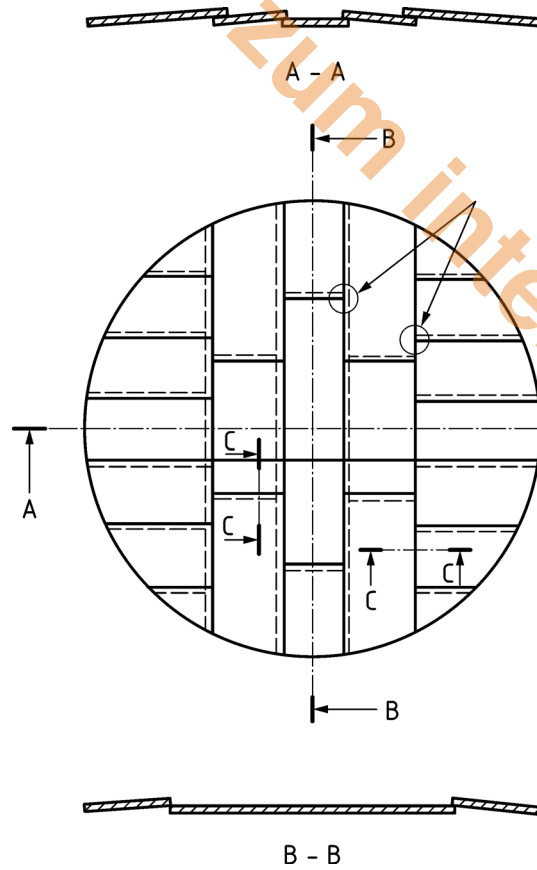
8.2.3 Die festgelegte Nenndicke, ohne Korrosionszuschlag, sowohl der rechteckigen Bodenbleche als auch der Bleche bis zum Rand darf die in Tabelle 13 festgelegten Werte nicht unterschreiten. Darüber hinaus muss die Bodenblechdicke in korrodiertem Zustand ausreichen, um ein Abheben des Bodenblechs durch Auslegungsunterdruck zu verhindern.

ANMERKUNG Falls vereinbart (siehe A.2) darf eine garantierte Mindestrestfüllmenge genutzt werden, um ein Abheben zu verhindern.

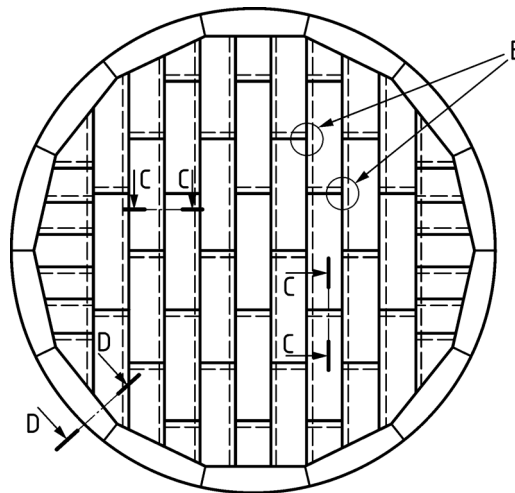
Tabelle 13 — Mindestwerte für die Bodenblech-Nenndicke

Werkstoff	Überlappend verschweißte Bodenbleche	Stumpfverschweißte Bodenbleche
unlegierte Stähle	6 mm	5 mm
nichtrostende Stähle	5 mm	3 mm

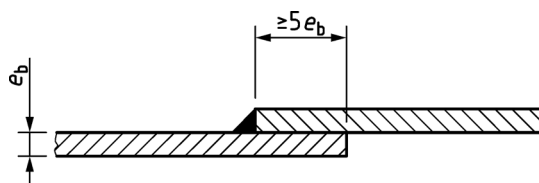
8.2.4 Das Bodenrandblech muss die gleiche Mindeststreckgrenze haben wie der untere Mantelschuss, mit dem es verbunden wird.



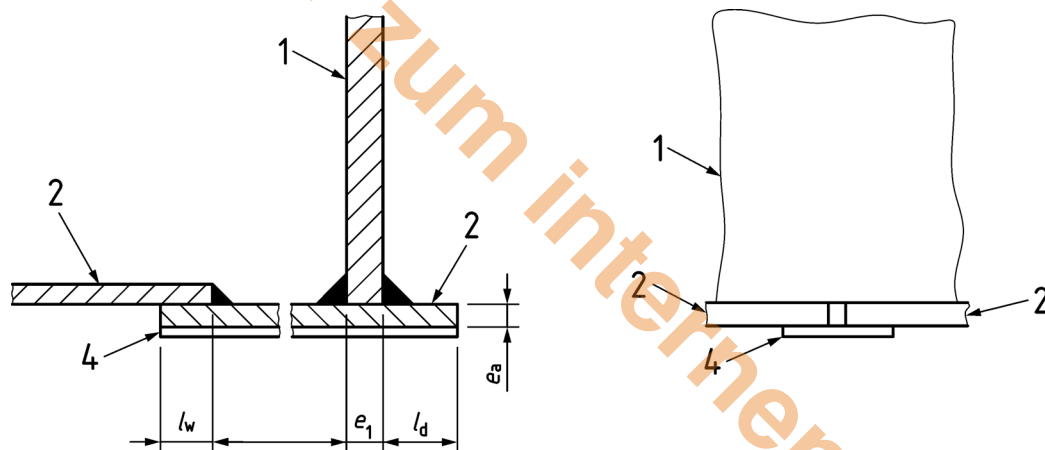
a) mit Bodenblechen bis zum Rand



b) mit Bodenrandblechen am Umfang



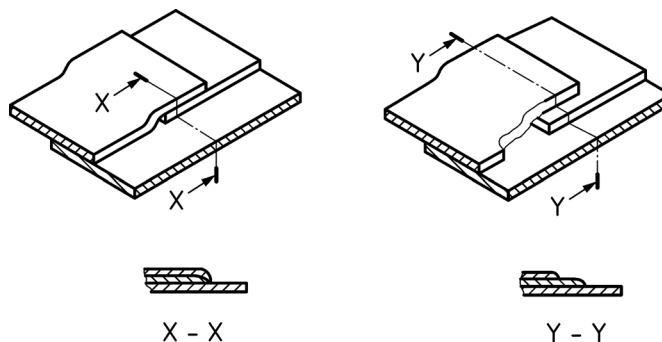
c) Schnitt C-C, Überlappung der Bodenbleche



Legende

- 1 Mantelblech 2 Bodenrandblech 3 Bodenblech 4 Schweißbadsicherung

d) Schnitt D-D, Bodenrandbleche



e) Ansicht E, Typische Ausführung einer Verbindung von drei Blechen verschiedener Dicken

Bild 7 — Typische Tankbodenkonstruktionen

8.3 Auslegung

8.3.1 Böden von Tanks mit einem Durchmesser von mehr als 12,5 m sind mit Bodenrandblechen (siehe Bild 3 b)) auszuführen, deren Nenndicke e_a ohne Korrosionszuschlag (CA) nicht kleiner sein darf als:

a) der nach der folgenden Gleichung berechnete Wert:

$$e_a = 3,0 + e_1/3 \quad (1)$$

Dabei ist

e_1 die Dicke des unteren Mantelschusses ohne Korrosionszuschlag, in mm; oder

b) 6 mm,

je nachdem, welcher Wert der größere ist.

ANMERKUNG 1 Böden von Tanks bis zu einem Durchmesser von 12,5 m können ohne Bodenrandbleche (siehe Bild 3 a)) ausgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Der Wert des gegebenenfalls zur berechneten Dicke e_a zu addierenden CA sollte auf höchstens 3 mm begrenzt werden, es sei denn, der Konstrukteur weist durch Berechnungen von Belastbarkeitsgrenzen und Belastungszyklen nach, dass die abgeleitete Dicke kein Problem darstellt (siehe auch EN 1993-4-2).

8.3.2 Böden von Tanks mit Schwimmdecke oder Schwimmdach müssen in dem Bereich, in dem die Stützfüße auf dem Boden stehen, mit Unterlegblechen verstärkt werden (siehe C.3.3.2 und D.3.13).

8.3.3 Der Mindestabstand l_a , wie in Bild 3 d) dargestellt, muss entweder:

a) Gleichung (2) entsprechen:

$$l_a > \frac{240}{\sqrt{H}} e_a \quad (2)$$

Ist die relative Dichte des enthaltenen Mediums größer als 1,0, so sollte das Maß l_a mit dem folgenden Faktor multipliziert werden:

$$\frac{1}{\sqrt{W_s}}$$

Dabei ist

e_a die Dicke des Bodenrandblechs, in mm;

H die maximale Auslegungsfüllhöhe des Lagerguts, in m;

W_s die relative Dichte des enthaltenen Mediums (falls größer als 1,0);

oder

b) 500 mm,

je nachdem, welcher Wert der größere ist.

Der Abstand zwischen Außenseite des Mantelblechs und Außenkante der Boden- oder Bodenrandbleche, l_d , darf 50 mm nicht unterschreiten und 100 mm nicht überschreiten (siehe Bild 3 d)).

8.3.4 Der Mindestabstand zwischen den Vertikalstößen im untersten Schuss und den Verbindungsstößen der Bodenrandbleche muss zehnmal größer sein als die Dicke des untersten Schussbleches.

8.4 Fertigung

8.4.1 Alle Bodenbleche müssen überlappend verschweißt werden, sofern nicht Stumpfschweißen vom Besteller oder Konstrukteur festgelegt ist (siehe A.1).

8.4.2 Überlappend zu schweißende Nähte in Bodenblechen sind als durchgehende Kehlnaht nur auf der Oberseite auszuführen, wobei die Breite der Überlappung mindestens das Fünffache der Blechdicke betragen muss (siehe Bild 3 c)).

8.4.3 Alle Bodenbleche müssen gegebenenfalls verwendete Bodenrandbleche überlappen und mit einer durchgehenden Kehlnaht nur auf der Oberseite verschweißt werden, wobei die Breite der Überlappung, l_w , mindestens 60 mm betragen muss (siehe Bild 3 d)).

8.4.4 Beim Aufeinandertreffen von überlappend verschweißten Bodenblechen, wo drei Bleche unterschiedlicher Dicken auftreten, ist das obere Blech, wie in Einzeldarstellung X-X oder Y-Y in Bild 3 e) dargestellt, flach zu hämmern und zu verschweißen, wobei ein gegebenenfalls vorhandener Überstand des oberen Blechs gegenüber dem dazwischenliegenden Blech zurückzuschneiden ist.

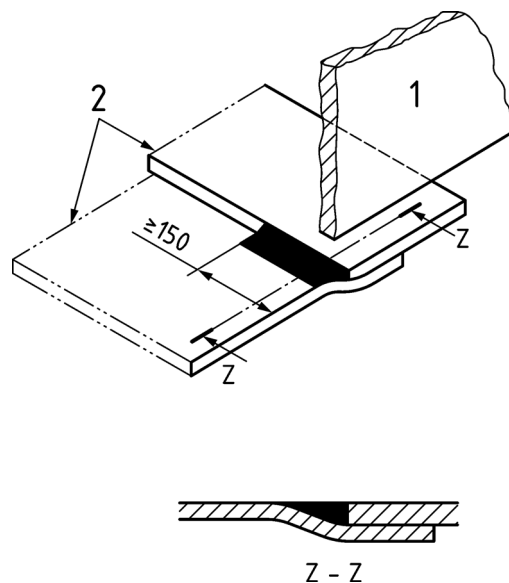
8.4.5 Sind Bodenbleche miteinander oder mit dem Bodenrandblech stumpfzuschweißen, müssen (permanente oder temporäre) Schweißbadsicherungen verwendet werden. Werden permanente Schweißbadsicherungen verwendet, so sind gegebenenfalls die Auswirkungen wärmebedingter Bewegung und die Art der Gründung zu berücksichtigen.

8.4.6 Bei Tanks ohne Bodenrandbleche sind die Nahtenden der überlappend verschweißten Bodenbleche bis zum Rand unter dem untersten Mantelschuss über eine Länge von mindestens 150 mm oben bündig zu schweißen, wie in Bild 4 dargestellt.

8.4.7 Bei Tanks mit Bodenrandblechen sind die Radialnähte zur Verbindung der Bleche als voll durchgeschweißte Stumpfnähte auszuführen.

ANMERKUNG Eine Schweißbadsicherung der in Bild 9 dargestellten Form ist zulässig.

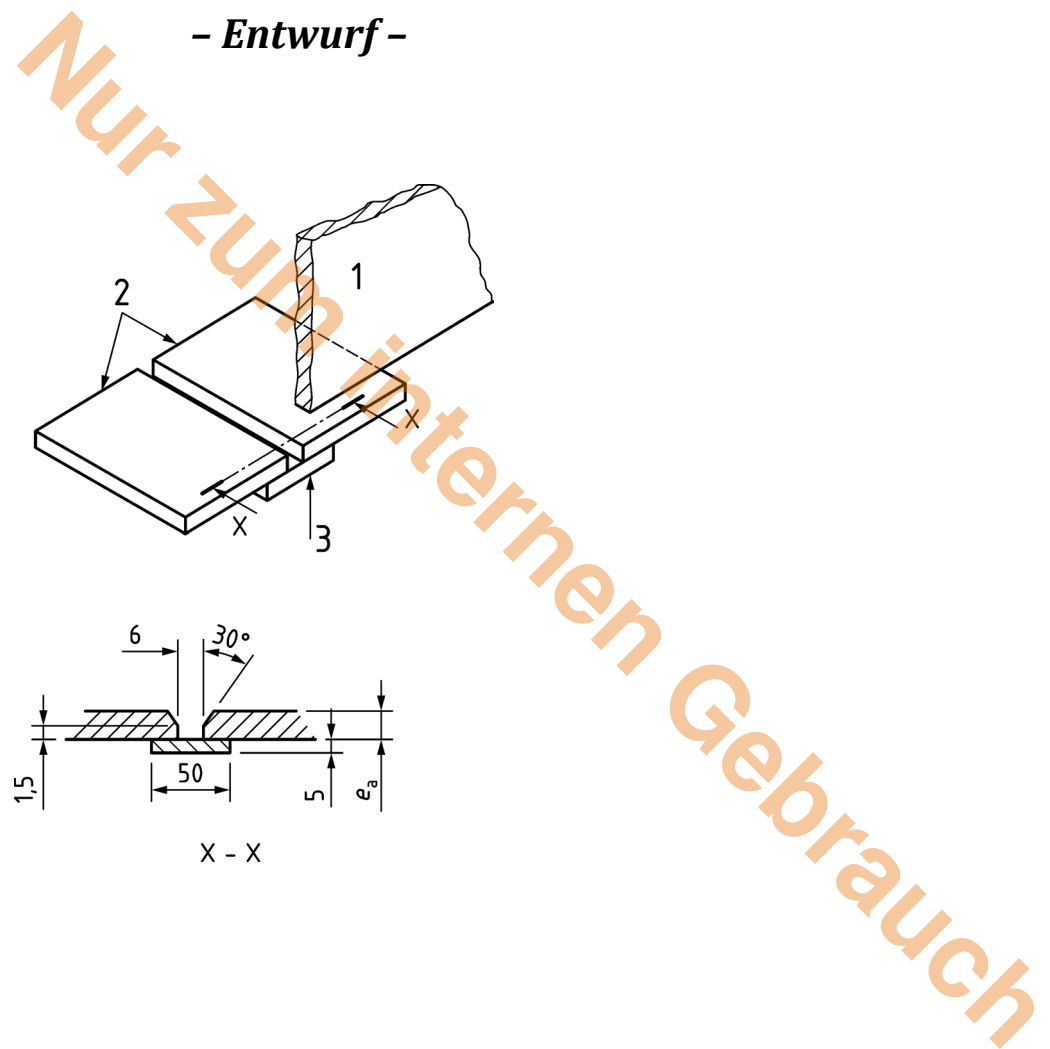
Maße in Millimeter



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Bodenblech bis zum Rand

Bild 8 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenblechen bis zum Rand unter Mantelblechen für Tanks ohne Bodenrandbleche



Legende

- 1 Mantelblech
 - 2 Bodenrandbleche
 - 3 Schweißbadsicherung
- Lineare Maße in Millimeter

Bild 9 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenrandblechen unter Mantelblechen für Tanks mit Bodenrandblechen

8.4.8 Die Verbindung zwischen der Unterkante des untersten Mantelschusses und den Bodenblechen bis zum Rand bzw. den Bodenrandblechen ist als durchgehende Kehlnaht auf beiden Seiten des Mantelblechs auszuführen.

Die Nahtdicke jeder Kehlnaht muss mindestens der Dicke des Bodenblechs bis zum Rand oder Bodenrandblechs entsprechen (siehe Bild 3 d)), jedoch darf die festgelegte Nahtdicke 9,5 mm nicht überschreiten, und wenn die Dicke des Mantelblechs kleiner als die Dicke des Boden- oder Bodenrandblechs ist, braucht die festgelegte Nahtdicke den entsprechenden in Tabelle 14 angegebenen Wert nicht zu überschreiten.

Tabelle 14 — Kehlnahtdicke für Mantelblechdicken kleiner als Bodenblech- oder Bodenrandblechdicke

Mantelblechdicke mm	Kehlnahtdicke mm
< 5	3,0
5	4,5
> 5	6,0

9 Auslegung von Tankmänteln

9.1 Auslegungs- und Prüfspannung

9.1.1 Bei der Berechnung von Tanks mit einer höchsten Auslegungswandtemperatur unter 100 °C im Falle von unlegierten Stählen (und unter 50 °C im Falle von nichtrostenden Stählen) sind für die Spannungen die zutreffenden Werte aus a) und b) anzusetzen.

- a) Bei Werkstoffen mit einer maximalen Auslegungsspannung von 260 N/mm² muss die höchstzulässige Auslegungsspannung in den Mantelblechen zwei Drittel der für den Werkstoff festgelegten Mindeststreckgrenze (oder im Falle von rostfreiem Stahl der 0,2-%-Dehngrenze) betragen;
- b) Bei Werkstoffen mit einer maximalen Auslegungsspannung von 260 N/mm² muss die höchstzulässige Prüfspannung in den Mantelblechen 75 % der für den Werkstoff festgelegten Mindeststreckgrenze (oder im Falle von rostfreiem Stahl der 0,2-%-Dehngrenze) betragen.

9.1.2 Wenn die höchste Auslegungswandtemperatur von unlegierten Stählen größer oder gleich 100 °C (oder von rostfreien Stählen größer oder gleich 50 °C) ist, muss die Auslegungsspannung zwei Drittel des bescheinigten Wertes der festgelegten Mindeststreckgrenze (oder der 0,2-%-Dehngrenze) des Stahls bei der höchsten Auslegungswandtemperatur betragen.

Bei aus unlegierten oder schwach legierten Stählen gefertigten und zur Lagerung von Erzeugnissen bei erhöhter Temperatur vorgesehenen Tanks sollte die festgelegte Mindeststreckgrenze (f_y) dieser Stähle verringert werden, um den Auswirkungen der erhöhten Temperaturen Rechnung zu tragen. Die Temperatur, für die eine solche Verringerung gültig wäre, hängt jedoch von den Eigenschaften der für die Lagertanks gewählten Werkstoffe ab.

Spezielle Reduktionsfaktoren $K_{p,\theta}$ (für die festgelegte Mindeststreckgrenze) sind EN 1993-1-2:2005 [22] zu entnehmen. Diese Werte gelten für aus den Tabellen 5 bis einschließlich 8 der vorliegenden Norm (Abschnitt 6.1.1) ausgewählte Werkstoffe. Siehe Tabelle 15.

Tabelle 15 — XXX

Lagertemperatur θ_a (in °C)	Reduktionsfaktor ($K_{p,\theta}$) für f_y bei θ_a	Zulässige Spannung (S) nach BS 2654 und EN 14015 bei erhöhter Temperatur θ_a (N/mm ²)
< 100	1,000	$0,667 * f_y$, aber ≤ 260
≥ 100	1,000	$0,667 * f_y$
≥ 200	0,807	$0,538 * f_y$
≥ 300	0,613	$0,409 * f_y$

ANMERKUNG 1 Der anzuwendende Reduktionsfaktor $K_{p,\theta}$ kann auch nach folgender Gleichung ermittelt werden:

Dabei ist T die zutreffende erhöhte Temperatur ≥ 100 °C.

ANMERKUNG 2 Zwischenwerte der Stahltemperatur können linear interpoliert werden.

9.1.3 Wenn die maximale Auslegungsdichte des Lagerguts, $W \leq 1,0$ kg/l ist, wird der Tankmantel bei der Flüssigkeitsdruckprüfung mit maximaler Auslegungsfüllhöhe einer Beanspruchung ausgesetzt, die größer oder gleich der Beanspruchung während des Betriebs ist, was bei der Berechnung zu berücksichtigen ist.

Wenn die maximale Auslegungsdichte des Lagerguts, W , mehr als 1,0 kg/l beträgt, sollte der Tankmantel bei der Flüssigkeitsdruckprüfung mit maximaler Auslegungsfüllhöhe keiner Überbeanspruchung ausgesetzt werden. In diesem Fall ist nach Vereinbarung (siehe A.2) eine der folgenden Alternativen zu wählen:

- a) Die Füllhöhe unter Betriebsbedingungen (bei Lagerung einer Flüssigkeit mit einer maximalen Auslegungsdichte W größer als 1,0 kg/l) ist zu verringern, um den Tank und seine Gründung nicht übermäßig zu beanspruchen.
- b) Verringerung der auslegungsgemäß zulässigen Spannung um den Faktor $1/W_s$. Die Erstbefüllung des Tanks mit einem Lagergut mit maximaler Auslegungsdichte ist jedoch unter sorgfältiger Überwachung und mit derselben Vorsicht durchzuführen wie die Flüssigkeitsdruckprüfung, wobei die Anforderungen nach 19.13 einzuhalten sind.

9.1.4 Bei der Berechnung der erforderlichen Mantelblechdicke ist ein Schweißnahtfaktor von 1,0 anzusetzen, sofern der Mantel allen nach den Tabellen 29, 30 und 31 geforderten Prüfungen unterzogen wird.

9.1.5 Die festgelegte Mantelblechdicke darf die in Tabelle 15 festgelegten Nenndicken nicht unterschreiten.

Tabelle 16 — Festgelegte Mindestnenndicke der Mantelbleche

Tankdurchmesser D M	Festgelegte Mindestnenndicke der Mantelbleche E	
	Unlegierte Stähle mm	Nichtrostende Stähle mm
$D < 4$	5	3
$4 \leq D < 10$	5	3
$10 \leq D < 15$	5	4
$15 \leq D < 30$	6	5
$30 \leq D < 45$	8	6
$45 \leq D < 60$	8	—
$60 \leq D < 90$	10	—
$90 \leq D$	12	—

Bei Tanks aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser von ≥ 45 m muss die Mindestmantel-
dicke vereinbart werden (siehe A.2).

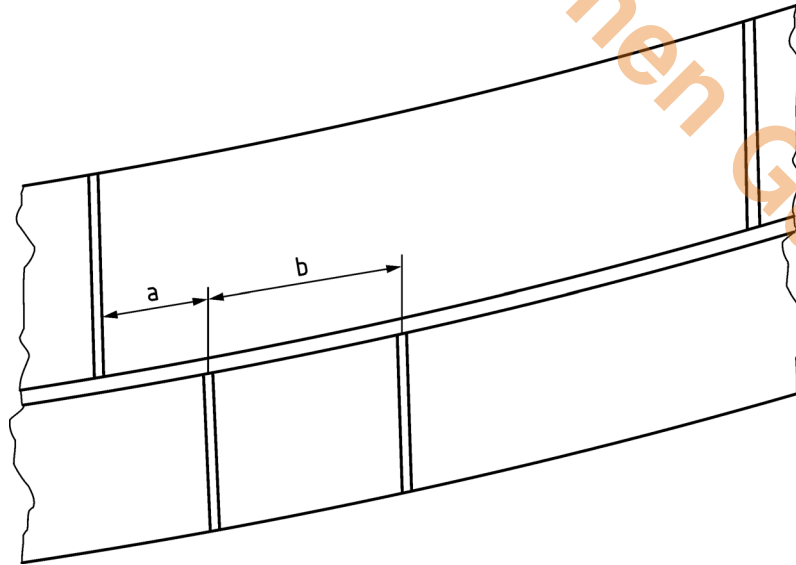
ANMERKUNG 1 Diese festgelegten Anforderungen an die Dicke sind für die bauliche Ausführung erforderlich und können daher Korrosionszuschläge enthalten, vorausgesetzt, die Berechnung zeigt, dass der Mantel im korrodierten Zustand in Übereinstimmung mit 9.2 standsicher ist.

ANMERKUNG 2 Bei Tanks mit großem Durchmesser und geringer Höhe kann der unterste Mantelschuss unter Umständen verhältnismäßig dünnwandig sein, sodass die Stabilität unter Berücksichtigung der vertikalen Lasten und möglicher ungleichmäßiger Setzung der Gründung überprüft werden sollte.

9.1.6 Die festgelegte Dicke eines Mantel- oder Verstärkungsblechs (ausgenommen Einschweißbleche) darf 40 mm in keinem Fall überschreiten. Auf Vereinbarung zwischen Besteller und Konstrukteur darf dieser Grenzwert für normale Mantelbleche auf maximal 45 mm erhöht werden, vorausgesetzt die Verringerung der festgelegten Mindeststreckgrenze der der 0,2%-Dehngrenze wird in Übereinstimmung mit der geltenden Werkstoffspezifikation oder nach den Werkstoffnormen EN 10025 und EN 10028 berücksichtigt.

9.1.7 Unabhängig vom verwendeten Werkstoff darf die Dicke eines Mantelschusses in keinem Fall die des jeweils darüber liegenden Schusses unterschreiten; ausgenommen hiervon ist der Bereich des Dacheckrings.

9.1.8 Das Mindestmaß eines Mantelblechs in Umfangsrichtung muss 1 m betragen (siehe Bild 6).



Legende

- a) Mindestabstand vertikaler Schweißnähte in angrenzenden Mantelschüssen (siehe 9.4)
- b) Mindestmaß eines Mantelblechs in Umfangsrichtung ($b \geq 1 \text{ m}$)

Bild 10 — Anordnung von Mantelblechen

9.2 Last durch Lagergut

9.2.1 Die Berechnung der Manteldicke muss auf der Annahme beruhen, dass der Tank bis zur Manteloberkante, einschließlich der Höhe des senkrechten Abschnitts des oberen Bordwinkels, gefüllt ist. Falls die Mantelhöhe eine Windschürze mit Überlauföffnungen und/oder ein Freibord für seismisch bedingte Spiegelschwankungen umfasst, ist in der Berechnung als maximale Füllhöhe die Überlaufhöhe oder die Gesamthöhe abzüglich des Freibords zu verwenden. Der Berechnung müssen die Auslegungsdichte des Lagerguts und die Auslegungsdichte des Prüfmediums zugrunde liegen.

9.2.2 Die erforderliche Mindestdicke der Mantelbleche muss dem in 9.1.5 angegebenen Wert oder den anhand der folgenden Gleichungen berechneten Werten entsprechen, je nachdem, welcher Wert größer ist:

$$e_c = \frac{D}{20S} \{98 W(H_c - 0,3) + p\} + c \quad (3)$$

$$e_t = \frac{D}{20S_t} \{98 W_t (H_c - 0,3) + p_t\} \quad (4)$$

Dabei ist

- c der Korrosionszuschlag, in mm;
 D der Tankdurchmesser, in m;
 e_c die für Auslegungsbedingungen geforderte Manteldicke, in mm;
 e_t die für Prüfbedingungen geforderte Manteldicke, in mm;
 H_c der Abstand von der Unterkante des betrachteten Schusses zu der in 9.2.1 definierten Höhe, in m;
 p der Auslegungsdruck (bei Tanks mit einem Auslegungsdruck ≤ 10 mbar vernachlässigbar), in mbar;
 p_t der Prüfdruck (gleich dem Auslegungsdruck; bei Auslegungsdrücken > 10 mbar gleich dem 1,1fachen des Auslegungsdrucks), in mbar;
 S die zulässige Auslegungsspannung (siehe 9.1.1), in N/mm²;
 S_t die zulässige Prüfspannung (siehe 9.1.2), in N/mm²;
 W die maximale Auslegungsdichte des Lagerguts unter Lagerbedingungen, in kg/l;
 W_t die maximale Auslegungsdichte des Prüfmediums, in kg/l.

ANMERKUNG Die Erläuterung der Dickentoleranzen ist in 6.1.8 angegeben.

Der Auslegungsberechnung sollte die tatsächliche Dichte des Prüfmediums zugrunde gelegt werden. Bei Verwendung von Trinkwasser als Prüfmedium ist in den Auslegungsberechnungen als relative Dichte dieses Prüfmediums $W = 1,0$ anzusetzen. Bei Verwendung von Haferwasser ist $W = 1,03$ und bei Meerwasser ist $W = 1,05$ anzusetzen. Wird kein Trinkwasser verwendet, so ist das Innere des Tanks nach Abschluss der Flüssigkeitsdruckprüfung immer durch Abspritzen mit Trinkwasser zu reinigen, um zu verhindern, dass vom verwendeten Prüfmedium zurückbleibende Salzablagerungen und Schlämme zu einer fortschreitenden Korrosion des Tankinneren führen.

Falls die Auslegungsdichte die des Prüfmediums überschreitet, muss die für den Betrieb geltende Füllhöhe nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$H_f = \frac{W_{\text{product}}}{W_{\text{testmedium}}} * \frac{S_{\text{test}}}{S_{\text{operational}}} * H$$

Dabei ist

- H die Gesamthöhe des senkrechten Tankmantels einschließlich des senkrechten Abschnitts des oberen Bordwinkels;
 H_f die maximale Füllhöhe unter Betriebsbedingungen;
 W_{product} die relative Dichte des der Auslegung zugrundegelegten Lagergutes;
 $W_{\text{testmedium}}$ die relative Dichte des verwendeten Prüfmediums;
 $S_{\text{operational}}$ die zulässige Auslegungsspannung (es sind 2/3 der festgelegten Mindeststreckgrenze des Tankmantelwerkstoffs, höchstens jedoch 260 N/mm² anzusetzen (siehe 9.1.1 a));
 S_{test} die zulässige Auslegungsspannung (es sind 3/4 der festgelegten Mindeststreckgrenze des Tankmantelwerkstoffs, höchstens jedoch 260 N/mm² anzusetzen (siehe 9.1.1 b)).

9.2.3 Die Umfangsspannung jedes Mantelschusses ist für eine Höhe von 0,3 m über der Mittellinie der betreffenden horizontalen Schweißnaht zu berechnen.

Unter der Voraussetzung, dass die Mantelschüsse über und unter der betrachteten Naht aus Werkstoffen mit unterschiedlichen festgelegten Mindeststreckgrenzen und Mindestzugfestigkeiten bestehen und dass:

$$\frac{H_u - 0,3}{S_u} \geq \frac{H_L - 0,3}{S_L} \quad (5)$$

Dabei ist

H_L der Abstand der Unterkante des unteren Schusses zu der in 9.2.1 festgelegten Höhe, in m;

H_u der Abstand der Unterkante des oberen Schusses zu der in 9.2.1 festgelegten Höhe, in m;

S_L die zulässige Auslegungsspannung im unteren Schuss, in N/mm²;

S_u die zulässige Auslegungsspannung im oberen Schuss, in N/mm²,

ist die Dicke des oberen Schusses nach den folgenden modifizierten Gleichungen zu berechnen:

$$e_c = \frac{D}{20S} (98 WH_c + p) + c; \quad e_t = \frac{D}{20S_t} (98 W_t H_c + p_t) \quad (6)$$

9.3 Wind- und Unterdrucklasten

9.3.1 Versteifungsringe

9.3.1.1 Offene Tanks müssen mit einem Hauptversteifungsring ausgestattet sein, um die Rundheit des Tanks auch unter Windlasten sicherzustellen. Der Hauptversteifungsring ist an oder nahe der Oberkante des obersten Schusses und vorzugsweise an der Außenseite des Tankmantels anzubringen.

9.3.1.2 Bei Festdachtanks ist die Dachkonstruktion als ausreichende Versteifung des oberen Mantelrandes anzusehen; ein Hauptversteifungsring wird daher nicht für erforderlich gehalten.

9.3.1.3 In bestimmten Fällen sind sowohl bei offenen Tanks als auch bei Festdachtanks, die nach dem vorliegenden Dokument ausgelegt sind, zusätzliche Versteifungsringe erforderlich, um die Rundheit des Tankmantels unter Wind- und/oder Unterdruckbelastung über die gesamte Mantelhöhe sicherzustellen (siehe 9.3.3).

9.3.1.4 Ist der Hauptversteifungsring so ausgelegt, dass er den Mantel über seine gesamte Höhe stabilisiert, so sind die zusätzlichen Versteifungsringe nicht zur Aufnahme von Plattenlasten erforderlich, sondern müssen im Wesentlichen ein Beulen des Tankmantels verhindern.

9.3.1.5 Versteifungsringe müssen bestehen aus:

- Walzprofilen oder gekanteten Profilen;
- geschweißten Profilen;
- einer Kombination solcher Profile, die durch Schweißung verbunden sind.

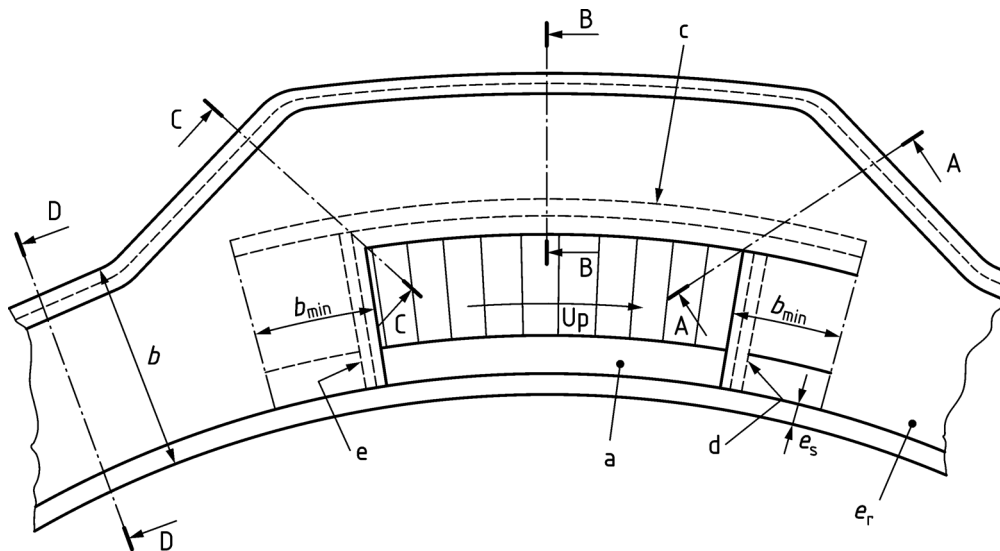
Die Versteifungsringe sind außen rund oder polygonal auszuführen.

9.3.1.6 Die Mindestgröße eines Winkels, der einzeln oder als Teil eines zusammengesetzten Versteifungsringes verwendet wird, muss 60 mm × 60 mm × 5 mm betragen. Die Mindestnenndicke von Blechen für gekantete oder zusammengesetzte Versteifungsringe muss 5 mm bis zu einer Breite von 600 mm und 6 mm für Breiten über 600 mm betragen.

9.3.1.7 Versteifungsringe oder Teile davon, die regelmäßig als Laufstege benutzt werden, müssen eine Breite von mindestens 600 mm lichte Weite zum vorstehenden Dacheckring an der Oberkante des Tankmantels haben, müssen 1 m unterhalb der Oberseite des Dacheckrings angebracht sein und müssen an der Außenseite und den Enden des als Laufsteg benutzten Teils mit einem Geländer ausgestattet sein.

9.3.1.8 Verläuft eine Treppenöffnung durch einen Hauptversteifungsring, muss durch angemessene Verstärkungen sichergestellt werden, dass das Widerstandsmoment in jedem beliebigen Schnitt der Öffnung 9.3.2.1 entspricht.

Der Mantelbereich neben einer derartigen Öffnung ist mit einem waagrecht angeordneten Winkel oder Profil zu versteifen. Die übrigen Öffnungsränder sind mit einem Winkel oder einem senkrecht angeordneten Profil oder Blech zu versteifen. Die Querschnittsfläche dieser Randversteifungen muss mindestens gleichwertig jener Querschnittsfläche des Mantelschusses sein, die bei der Berechnung des Widerstandsmoments des Versteifungsringes eingesetzt wird (siehe 9.3.2.2). Diese Versteifungen oder zusätzlichen Glieder müssen so angeordnet und ausgelegt sein, dass sie eine geeignete Fußleiste um die Öffnung darstellen. Die Versteifungsglieder müssen um eine Länge, die mindestens gleich der geringsten Tiefe der rechteckigen Versteifungsringabschnitte ist, über die Öffnung hinausreichen. Die Endversteifungsglieder müssen so mit den Seitenversteifungsgliedern verbunden werden, dass sie in vollem Umfang als Versteifung wirken (siehe Bild 7).



ANMERKUNG 1 Die Querschnittsfläche von a, c, d, und e muss jeweils $32 e_s^2$ betragen. Bei dem im Bild mit „a“ bezeichneten Schnitt kann es sich um ein Profil oder einen Winkel handeln, dessen längerer Schenkel waagrecht verläuft. Bei den anderen Querschnitten kann es sich um Profile oder Winkel handeln, deren längerer Schenkel senkrecht verläuft.

ANMERKUNG 2 Die Stäbe c, d und e können an der Oberseite der Windverbandstruktur angeordnet werden, sofern sie keine Stolperfalle bilden.

ANMERKUNG 3 Die Widerstandsmomente in den Schnitten A-A, B-B, C-C und D-D sollten 9.3.2.1 entsprechen.

ANMERKUNG 4 Die Treppe kann durchgehend durch den Versteifungsring verlaufen oder versetzt sein, sodass ein Podest entsteht.

ANMERKUNG 5 Zu Anforderungen an die Fußleiste siehe 9.3.1.8.

Bild 11 — Durch einen Versteifungsring geführte Treppe

9.3.1.9 Es sind Schellen für alle Hauptversteifungsringe vorzusehen, wenn das Maß des waagerechten Schenkels oder Stegs das 16fache seiner Dicke überschreitet. Die Abstände dieser Schellen sind so zu wählen, dass sie der Eigenlast und der senkrechten Nutzlast, die am Ring einwirken können, standhalten. Diese Abstände dürfen jedoch das 24fache der Breite des außenliegenden Druckgurtes nicht überschreiten.

9.3.1.10 Versteifungsringe, auf denen sich Flüssigkeit ansammeln kann, sind mit entsprechenden Ablauföffnungen zu versehen.

9.3.1.11 Versteifungsringe sind an den Tankmantel mit durchgehenden Kehlnähten an der Oberkante anzuschweißen.

Es ist festzulegen, ob die Schweißnähte an der Unterseite durchgehend oder unterbrochen ausgeführt werden (siehe A.1).

Durchgehende Nähte sind für alle Verbindungen zu verwenden, bei denen aufgrund ihrer Lage Korrosion durch eingeschlossene Feuchtigkeit entstehen kann.

Die Enden der Ringabschnitte (siehe 16.7.6) sind mit durchgeschweißten Stumpfnähten zu verbinden.

9.3.2 Auslegung des Hauptversteifungsringes (Windverband)

9.3.2.1 Das erforderliche Mindestwiderstandsmoment Z , in cm^3 , des Hauptversteifungsringes (siehe Detaildarstellungen d) und e) in Bild J.1) ist mit Hilfe von Gleichung (7) zu bestimmen.

$$Z = 0,058 D^2 H_f \frac{V_w^2}{45^2} \quad (7)$$

Dabei ist

- D der Tankdurchmesser (ab einem Tankdurchmesser von 60 m ist bei der Ermittlung des Widerstandsmoments $D = 60$ m zu verwenden), in m;
- H_f die Höhe des Tankmantels einschließlich eines jeglichen Freibords über der maximalen Füllhöhe (siehe 9.2.1), in m;
- V_w die in 7.2.10 festgelegte bei der Auslegung anzusetzende 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit, in m/s.

9.3.2.2 Das Widerstandsmoment des Hauptversteifungsringes muss auf der Geometrie der verwendeten Glieder basieren. Es ist der Tankmantel unterhalb und, falls anwendbar, oberhalb der Versteifungsring-Mantel-Verbindung mit einer mitwirkenden Breite von höchstens dem 16-Fachen der Mantelblechdicke ohne Korrosionszuschlag bei der Berechnung des Widerstandsmomentes zu berücksichtigen.

9.3.2.3 Liegen die Hauptversteifungsringe mehr als 600 mm unter der Manteloberkante, so ist der Tank mit einem Dacheckring nach Detaildarstellung a) oder b) in Bild J.1 zu versehen.

Der Dacheckring muss folgende Mindestmaße haben:

60 mm × 60 mm × 5 mm bei einer Manteldicke des obersten Schusses ≤ 5 mm;

80 mm × 80 mm × 6 mm bei einer Manteldicke des obersten Schusses von ≥ 6 mm.

9.3.2.4 Werden Dacheckringe als Hauptwindverband verwendet und mit einer Stumpfnah an der Oberkante des Mantelschusses angeschweißt, so ist der Tankmantel bei der Berechnung des Widerstandsmomentes nur bis zu einer mitwirkenden Breite zu berücksichtigen, die dem 16-Fachen der Mantelblechdicke reduziert um die Länge des senkrechten Schenkels des Winkels entspricht.

9.3.3 Auslegung von Zusatzversteifungsringen (Windverbänden)

9.3.3.1 Die Maße der Winkel für die Zusatzversteifungsringe hängen nicht von den Auslegungslasten ab, sondern müssen hinsichtlich des Tankdurchmessers in Übereinstimmung mit den in Tabelle 17 angegebenen Werten ermittelt werden.

Für die Anordnung und Befestigung derartiger Zusatzversteifungsringe gilt Detaildarstellung c) in Bild J.1.

Tabelle 17 — Mindestmaße der Winkel

Tankdurchmesser D M	Mindestmaße der Winkel mm × mm × mm
$D \leq 20$	100 × 65 × 8
$20 < D \leq 36$	120 × 80 × 10
$36 < D \leq 48$	150 × 90 × 10
$48 < D$	200 × 100 × 12

ANMERKUNG Andere Formen sind bei äquivalenten Widerstandsmomenten zulässig.

Diese Winkel müssen mit den Tankmantelblechen in Kontakt und an diese angeschweißt sein.

9.3.3.2 Verbindungen zusammenstoßender Teile der Zusatzversteifungsringe müssen die gleiche Festigkeit wie die Ringquerschnitte aufweisen.

Es sind vorzugsweise Stumpfnähte zu verwenden; diese müssen durchgeschweißt sein.

Unabhängig, ob durchgeschweißt oder nicht, dürfen nur die zusammenstoßenden Teile des Versteifungsringes verschweißt werden, nicht aber der Versteifungsring mit dem Mantel. Mäuselöcher (Radius etwa 20 mm) sind für Entwässerungszwecke vorzusehen.

9.3.3.3 Die Anordnung von Zusatzversteifungsringen in der Höhe ist zu berechnen, indem zuerst die Höhe eines vollständigen Tankmantels mit äquivalenter Stabilität, gleichem Durchmesser und gleicher Dicke wie der oberste Mantelschuss ermittelt wird. Aus der Analyse dieses äquivalenten Tankmantels in Verbindung mit den in der Auslegung zu berücksichtigenden Wind- und Unterdrucklasten ist die erforderliche Anzahl an Zusatzversteifungsringen zu ermitteln. Diese Ringe sind am obersten Mantelschuss oder einem Schuss gleicher Dicke anzuordnen; werden die Ringe nicht an einem dieser Mantelschüsse angebracht, ist ihre tatsächliche Lage dadurch zu bestimmen, dass die äquivalenten Mantelschusshöhen wieder in die tatsächlichen Werte umgerechnet werden.

ANMERKUNG Die gesamte Berechnung wird durch die Beispiele in Anhang J erläutert.

Zusatzversteifungsringe dürfen nicht in einem Abstand von weniger als 150 mm von einer Rundnaht des Tanks angeordnet werden.

9.3.3.4 In den Berechnungen ist die in 7.2.10 festgelegte und bei der Auslegung anzusetzende 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit zu verwenden.

9.3.3.5 Für den Unterdruck (p_v) im Tank sind bei der Auslegung von Zusatzversteifungsringen folgende Werte zu verwenden:

- a) offene Tanks: 5 mbar unabhängig von der Auslegungswindgeschwindigkeit;
- b) Festdachtanks: Auslegungsunterdruck (siehe Tabelle 3).

9.3.3.6 Für die Berechnung von Zusatzversteifungsringen für Tanks mit einem Auslegungsunterdruck $\leq 6,0$ mbar sind folgende Gleichungen zu verwenden:

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{5/2} \quad (8)$$

$$H_E = \sum H_e \quad (9)$$

$$K = \frac{95\,000}{3,563 V_w^2 + 580 p_v} \quad (10)$$

$$H_p = K \left(\frac{e_{\min}^5}{D^3} \right)^{1/2} \quad (11)$$

$$L = \frac{HE}{(n+1)} \quad (12)$$

Dabei ist

- D der Tankdurchmesser, in m;
- e_{\min} die Dicke des obersten Schusses (falls zutreffend im korrodierten Zustand = $e_{\text{Einbauzustand}}$ minus Korrosionszuschlag), in mm;
- e die Dicke der einzelnen Schüsse (im korrodierten Zustand = $e_{\text{Einbauzustand}}$ minus Korrosionszuschlag), in mm;
- h die Höhe der einzelnen Schüsse jeweils unter einem Hauptversteifungsring, in m;
- H_e die äquivalente stabile Höhe jedes Schusses bei e_{\min} , in m;
- H_E die äquivalente stabile Gesamthöhe des Mantels bei e_{\min} , in m;
- H_p die maximale Höhe des unversteiften Mantels in der umgewandelten Form, in m;
- K ein Lastfaktor;
- L die Position des Windverbandes im Verhältnis zum Tankmantel in der umgewandelten Form (falls genau ein Windverband erforderlich ist) oder die Zwischenabstände am Mantel in der umgewandelten Form (falls mehrere Windverbände erforderlich sind);
- p_v der Auslegungsunterdruck, in mbar (siehe Tabelle 3 in 5.1);
- V_w die in 7.2.10 festgelegte bei der Auslegung anzusetzende 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit, in m/s.

ANMERKUNG 1 Beispiele für die Berechnung nach diesen Gleichungen sind in J.4 und J.5 angegeben.

ANMERKUNG 2 Bei Anwendung der in EN 1991-1-4 und den einschlägigen Nationalen Anhängen zu dieser Norm dargelegten Windtheorie dürfen für die Beurteilung des Parameters H_p das nachstehend beschriebene Verfahren und die ROARK-Formel angewendet werden:

$$H_p = \frac{0,807 * E}{q'} * \left(\frac{1}{1 - \vartheta^2} \right)^{3/4} * \left(\frac{e_{\min}^5}{R^2} \right)^{1/2}$$

Dabei ist

- E der Elastizitätsmodul von Stahl bei Betriebstemperaturen, in N/mm²;
 ν die Poisson-Zahl von Stahl (0,3);
 e_{\min} die Dicke der einzelnen Schüsse (im korrodierten Zustand = $e_{\text{Einbauzustand}}$ minus Korrosionszuschlag), in mm;
 R der Radius des Tankmantels, in mm;
 q' die kombinierten von außen auf den Tankmantel wirkenden Lasten (dynamischer Winddruck q_p , in N/mm², und Unterdruck p_v , in N/mm²).

Dabei ist

q_p der nach der folgenden Gleichung abgeleitete dynamische Winddruck, in N/mm²:

$$q_p = \frac{1}{2} * \rho * V_w^2$$

und

ρ die Dichte der Luft.

Nach Einsetzen des Wertes von $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$, Austausch von R gegen D (in m), Festlegung von p_v in mbar, und Ansetzen eines Wertes für $\rho = 1,25$ ergäbe sich folgende Gleichung für H_p :

$$H_p = \frac{16\,269}{0,625 * V_w^2 + 100 * p_v} * \sqrt{\left(\frac{e_{\min}^5}{D^\varepsilon}\right)}$$

9.3.3.7 Erhöhte Temperatur

- a) Im Falle von Tanks aus unlegierten Stählen mit einer Auslegungstemperatur größer oder gleich 100 °C ist H_p mit dem Quotienten aus dem Elastizitätsmodul von Stahl bei erhöhter Temperatur und seinem Elastizitätsmodul bei Umgebungstemperatur zu multiplizieren.
- b) Im Falle von Tanks aus nichtrostendem Stahl mit einer Auslegungstemperatur größer oder gleich 50 °C ist H_p mit dem Quotienten aus dem Elastizitätsmodul von nichtrostendem Stahl bei erhöhter Temperatur und dem Elastizitätsmodul von unlegiertem Stahl bei Umgebungstemperatur zu multiplizieren.

Im Falle von unlegierten und niedrig legierten Stählen für Betriebstemperaturen größer oder gleich 100 °C und im Falle von nichtrostenden Stählen für Betriebstemperaturen größer oder gleich 50 °C sollte der Faktor 95 000 wie folgt geändert werden:

$$95\,000 * (E/210\,000)$$

Dabei ist

E der Elastizitätsmodul von Stahl für erhöhte Temperaturen (θ_a), die höher sind als die oben für unlegierte

und niedrig legierte Stähle festgelegte Temperatur ($\geq 100\text{ °C}$ bzw. $\geq 50\text{ °C}$), in N/mm².

Für Tanks aus unlegierten oder niedrig legierten Stählen zur Lagerung von Erzeugnissen bei einer erhöhten Temperatur $\theta_a \geq 100\text{ °C}$ kann der Reduktionsfaktor ($k_{E,\theta}$) in Bezug auf den Elastizitätsmodul und den Faktor 95 000 der nachstehenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle XXX — XXX

Lager- temperatur θ_a (in °C)	Reduktionsfaktor $(K_{E,\theta})$ für E bei θ_a	Elastizitätsmodul von allgemeinen Stahllarten nach EN 10025 und EN 10028 (N/mm ²)	Minderung des Faktors 95 000 in der Formel für den Lastfaktor K in Stabilitätsberechnungen
< 100	1,000	210 000	95 000
≥ 100	1,000	210 000	95 000
≥ 200	0,900	189 000	85 500
≥ 300	0,800	168 000	76 000

ANMERKUNG 1 Zwischenwerte der Stahltemperatur können linear interpoliert werden.

ANMERKUNG 2 Die Reduktionsfaktoren ($k_{E,\theta}$) für den Elastizitätsmodul (E) bei erhöhten Temperaturen (θ_a) wurden EN 1993-1-2:2005 entnommen.

9.3.3.9 Übersteigt die akkumulierte verteilte Lastkombination von Schneelasten, Dämmungslast und innerem Unterdruck oder von Nutzlasten, Dämmungslasten und innerem Unterdruck einen Wert von 1,2 kN/m², was zu erhöhten vertikalen axialen Lasten führt, so muss der Tankmantel auf Stabilität überprüft werden. Eine solche Überprüfung sollte auch dann durchgeführt werden, wenn dem Stahldach ein zusätzliches bauliches Gewicht hinzugefügt wird, falls die verteilten Gesamtlasten 1,2 kN/m² überschreiten. Die Auslegungsverfahren müssen vereinbart werden (siehe A.2).

In Bezug auf die zulässige axiale Druckspannung ist Folgendes zu berücksichtigen:

$$s_c = \frac{1}{\sqrt{3}} * \frac{E}{\sqrt{1 - \nu^2}} * \frac{e}{R * SF}$$

Dabei ist

ν die Poisson-Zahl = 0,3;

SF der Unregelmäßigkeitsfaktor, mit dessen Hilfe eventuellen Abweichungen des Zylinders von der idealen Rundheit Rechnung getragen wird = 10. SF wird durch Multiplikation eines Sicherheitsfaktors von $\gamma = 2,07$ mit einem Zerlegungsfaktor (nach ASME) von $KD = \frac{1}{0,207}$;

E der Elastizitätsmodul von Stählen für die Verwendung bei erhöhten Temperaturen (θ_a), die höher sind als die oben für unlegierte und niedrig legierte Stähle festgelegte Temperatur (≥ 100 °C bzw. ≥ 50 °C), in N/mm² ($E = 210\,000$ N/mm² bei Umgebungstemperatur);

e die Dicke des betrachteten Mantelschusses, in mm.

R der Radius des Tankmantels, in mm.

Mit den gegebenen Parametern ν , SF und E (bei Umgebungstemperatur) führt dies zu einer Gleichung von:

$$s_c = 12\,411 * \frac{E}{210\,000} * \frac{e}{R}$$

Für Tanks aus nichtrostendem Stahl und Tanks für den Betrieb bei erhöhten Temperaturen sollte der Wert der Konstante C mit Hilfe der folgenden Gleichung erneut beurteilt werden:

Für Tanks aus unlegierten oder niedrig legierten Stählen zur Lagerung von Erzeugnissen bei einer erhöhten Temperatur $\theta_a \geq 100$ °C kann der Reduktionsfaktor ($k_{E,\theta}$) in Bezug auf den Elastizitätsmodul und den Faktor C der nachstehenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 17b —

Lagertemperatur θ_a (in °C)	Reduktionsfaktor ($k_{E,\theta}$) für E bei θ_a	Elastizitätsmodul von allgemeinen Stahllarten nach EN 10025 und EN 10028 (N/mm ²)	Minderung des Faktors 12 411 in der Formel für die zulässige Axialspannung
< 100	1,000	210 000	12 411
≥ 100	1,000	210 000	12 411
≥ 200	0,900	189 000	11 170
≥ 300	0,800	168 000	9 929

ANMERKUNG 1 Zwischenwerte der Stahltemperatur können linear interpoliert werden.

ANMERKUNG 2 Die Reduktionsfaktoren ($k_{E,\theta}$) für den Elastizitätsmodul (E) bei erhöhten Temperaturen (θ_a) wurden EN 1993-1-2 entnommen.

9.4 Anordnung der Mantelbleche

Der Tank ist so auszulegen, dass alle Schüsse senkrecht angeordnet sind. Schweißnähte in benachbarten Schüssen müssen folgende Mindestabstände haben (siehe Bild 6 Legende a)):

Mantelbleche mit einer Dicke ≤ 5 mm	100 mm
Mantelbleche mit einer Dicke > 5 mm	300 mm

9.5 Mantelverbindungen

Alle senkrechten und waagerechten Nähte am Mantel sind als Stumpfnähte nach den Abschnitten 17 und 18 auszuführen.

10 Auslegung von Festdächern

10.1 Lasten

Festdächer sind für die in 7.2 festgelegten Lasten einschließlich Windsogeinwirkungen auszulegen.

10.2 Dacharten

10.2.1 Es ist eine der folgenden Dacharten festzulegen:

- freitragendes Kegel- oder Kugelsegmentdach mit oder ohne Dachkonstruktion; oder
- Dach mit Stützen; oder
- geodätisches Aluminium-Kugelsegmentdach zur Abdeckung eines offenen Tanks, ausgelegt nach Anhang S; oder
- klöpperbodenförmiges Dach (für Tanks mit Durchmessern von höchstens 6 m), ausgelegt nach EN 1993-4-2, falls vom Besteller so gefordert (siehe A.1).

ANMERKUNG Muss mit erheblicher Setzung der Gründung gerechnet werden, sollten für Dächer mit Stützen besondere Maßnahmen bei der Auslegung berücksichtigt werden.

10.2.2 Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen freitragende Kegeldächer eine Neigung von 1 : 5 haben (siehe A.1).

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss der Krümmungsradius bei einem Kugelsegmentdach zwischen dem 0,8- und 1,5-Fachen des Tankdurchmessers betragen (siehe A.1).

Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen Dächer mit Stützen eine Neigung von 1 : 16 haben (siehe A.1).

10.3 Dachbleche mit Tragkonstruktion

ANMERKUNG Zu den anwendbaren Lasten siehe Abschnitt 7.

10.3.1 Stützkonstruktionen für Kegel- und Kugelsegmentdächer (Gespärre) sowie Dächer mit Stützen sind nach EN 1993-1-1 auszulegen. Die Abstände zwischen den tragenden Gliedern des Dachblechs sind bei Kegeldächern so zu wählen, dass die Stützweite 2,0 m nicht übersteigt, wenn eine Kante des Dachblechs durch den Dacheckring gestützt wird. Ist diese Abstützung nicht gegeben, darf die Stützweite nicht mehr als 1,7 m betragen. Bei Kugelsegmentdächern ist in Übereinstimmung mit EN 1993-4-2 eine Vergrößerung des Abstandes auf 3,25 m zulässig.

10.3.1.1 Dachbleche müssen die Vorgaben von EN 1993-1-6 erfüllen. Die Dachbleche dürfen nach der Theorie der großen Durchbiegung ausgelegt werden.

10.3.1.2 Die maximale Durchbiegung der Bleche darf $0,004 \cdot L$ (dem Abstand zwischen den Sparren, in m) nicht überschreiten.

10.3.2 Dachbleche müssen mit einer durchgehenden Kehlnaht mit dem Dacheckring des Tanks verschweißt werden. Dachbleche dürfen nicht an der inneren Tragkonstruktion des Dachs befestigt sein, wenn eine Reißnaht gefordert ist.

Reißnähte in der Mantel-Dach-Verbindung müssen mit Anhang K übereinstimmen.

10.3.3 Die festgelegte Dicke aller Dachbleche darf ohne Korrosionszuschlag die folgenden Werte nicht unterschreiten:

- 5 mm für unlegierte Stähle; und
- 3 mm für nichtrostende Stähle.

10.3.4 Die festgelegte Dicke der für die Konstruktion der Dachbauglieder verwendeten Werkstoffe darf die folgenden Werte nicht unterschreiten:

- 5 mm für unlegierte Stähle; und
- 3 mm für nichtrostende Stähle.

ANMERKUNG Dies gilt nicht für die Stege gewalzter Träger und U-Profile oder für Tragkonstruktionen, für die besondere Vorkehrungen gegen Korrosion getroffen werden.

10.3.5 Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen die Bleche mit einer Überlappung von mindestens $5 \cdot e_{\text{Dach}}$ in mm, angeordnet und mit durchgehender Kehlnaht an der Außenseite verschweißt werden (siehe 18.6 und A.1). Die Kehlnaht muss in voller Größe ausgeführt werden.

ANMERKUNG Die Bleche sollten so überlappend angeordnet werden, dass sich die Unterkante des jeweils obersten Bleches unterhalb der Oberkante des darunter liegenden Blechs befindet, um das Eindringen von Kondenswasser in den Überlapstoß auf ein Mindestmaß zu verringern. Je nach Tankinhalt kann es in einigen Fällen erforderlich sein, den Überlapstoß beidseitig zu schweißen oder die Verbindung als Stumpfstoß auszuführen (siehe 18.6).

10.3.6 Der Schweißnahtfaktor J muss entweder:

- 1,0 bei Stumpfnähten;
- 0,35 bei Überlapstößen mit einseitiger Kehlnaht;
- 0,5 bei Überlapstößen mit beidseitiger Kehlnaht.

Als Schweißnahtfaktor für überlappend geschweißte Stöße zwischen Dachblechen, bei denen aufgrund des Auslegungsunterdrucks oder von außen auf den Tankmantel wirkender Lasten eine Druckspannung über die Verbindung auftritt, darf ein Wert von 1,0 angenommen werden. Derartige Druckspannungen müssen auf $4,83 \text{ N/mm}^2$ begrenzt werden (Tabelle 5-2, Anmerkung 2, API 620). Eine Erhöhung des Schweißnahtfaktors bei überlappend verschweißten Dachblechen ist bei entsprechender Vereinbarung zulässig (siehe A.2), wenn durch besondere Prüfungen die Sicherheit der Schweißnähte nachgewiesen wird.

Die zulässige Auslegungsspannung muss mit zwei Dritteln der Streckgrenze des Blechwerkstoffs angenommen werden.

10.3.7 Alle Tragkonstruktionen des (Kegel- oder Kugelsegment-)Daches sind in der Ebene der Dachoberfläche wie folgt zu versteifen:

- a) Querverbände in der Ebene der Dachoberfläche sind bei Dächern mit einem Durchmesser von mehr als 15 m in mindesten zwei Feldern (d. h. zwischen zwei Paaren benachbarter Sparren), mindestens jedoch einmal in jeweils acht Feldern vorzusehen. Die Verbände sind in gleichmäßigen Abständen am gesamten Behälterumfang anzuordnen.
- b) Zusätzliche senkrechte Ringversteifungen sind nur bei Dächern mit Fachwerktragkonstruktionen in einer annähernd senkrechten Ebene zwischen den Trägern wie folgt vorzusehen:
 - 1) bei Dächern mit Durchmessern über 15 m und bis einschließlich 25 m: eine Ringversteifung;
 - 2) bei Dächern mit Durchmessern über 25 m: zwei Ringversteifungen.

10.4 Dachbleche ohne Tragkonstruktion (Membrandächer)

10.4.1 Alle Membrandächer sind aus stumpfverschweißten oder beidseitig kehlnahtverschweißten überlappenden Blechen zu konstruieren. Im Falle der Verwendung von beidseitig geschweißten Kehlnähten müssen diese in voller Größe ausgeführt werden.

10.4.2 Membrandächer sind gegen den Auslegungsüberdruck und gegen Beulen aufgrund von außen auf den Tankmantel wirkender Lasten auszulegen.

Gegen Überdruck

$$e_p = \frac{pR_1}{20 SJ} \quad \text{for spherical roofs} \quad (12)$$

$$e_p = \frac{pR_1}{10 SJ} \quad \text{for conical roofs} \quad (13)$$

e_{p1} ist anhand der oben stehenden Gleichung wie folgt zu bestimmen: Mit $P = P_{\text{Auslegung}}$ (siehe Tabelle 3) in mbar – Eigengewicht von korrodierten Dachblechen und $S = 2/3$ der Streckgrenze mit einem Höchstwert von 260 N/mm^2 (siehe 10.3.6).

e_{p2} ist anhand der oben stehenden Gleichung wie folgt zu bestimmen: Mit $P = P_{\text{Auslegung}}$ (siehe Tabelle 3) in mbar – Eigengewicht von korrodierten Dachblechen + Windsog (siehe 7.2.10.2) und $S = 0,9$ der Streckgrenze oder 0,2-%-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur in der ursprünglichen Gleichung.

Es ist entweder e_{p1} oder e_{p2} zu verwenden, je nachdem, welcher Wert der höhere ist.

Gegen Beulen

$$e_p = 40R_1 \sqrt{\frac{10 p_e}{E}} \quad (14)$$

Dabei ist

e_p die Dicke der Dachbleche ohne Korrosionszuschlag, in mm;

E der Elastizitätsmodul bei Auslegungstemperatur, in N/mm^2 ;

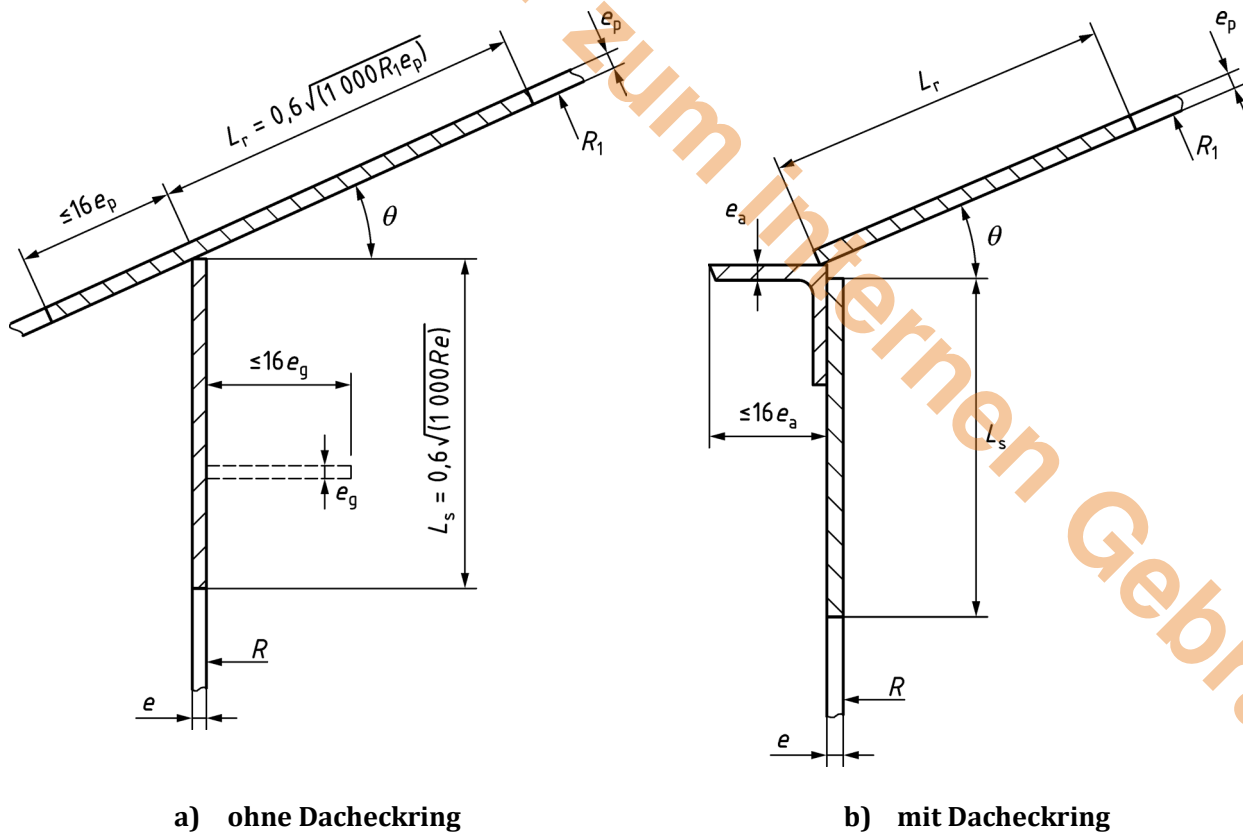
J der Schweißnahtfaktor nach 10.3.6;

p_e die von außen auf den Tankmantel wirkenden Lasten (siehe 7.2) plus Eigengewicht der Bleche plus Auslegungsunterdruck, falls zutreffend, in kN/m^2 ;

R_1 der Krümmungsradius des Daches, in m (bei Kegeldächern gilt $R_1 = R/\sin \theta$ (siehe Bild 8)).

10.5 Druckbeanspruchte Fläche der Mantel-Dach-Verbindung

10.5.1 Die druckbeanspruchte Fläche ist der Bereich an der Verbindung zwischen Mantel und Dach, der als den durch den Auslegungsdruck aufgebrachten Kräften standhaltend angesehen wird, und die maximalen Maße des druckbeanspruchten Bereichs müssen den schraffierten Flächen in Bild 8 entsprechen.



a) ohne Dacheckring

b) mit Dacheckring

Legende

- e Manteldicke, in mm;
- e_a Dicke des Dacheckrings (siehe Tabelle 18), in mm;
- e_g Dicke des waagerechten Windverbandes, in mm;
- e_p Dicke des Dachblechs am Druckring, in mm;
- L_r wirksame Dachlänge, in mm;
- L_s wirksame Mantellänge, in mm;
- R Radius des Tankmantels, in m;
- R_1 Krümmungsradius des Daches, in m (bei Kegeldächern = $R/\sin \theta$).

ANMERKUNG Weitere Dacheckenkonfigurationen siehe API 650, Anhang F, Bild F-2.

Bild 12 — Typische druckbeanspruchte Flächen an der Mantel-Dach-Verbindung

10.5.2 Die vorzusehende druckbeanspruchte Fläche A (in mm^2) ohne Korrosionszuschläge muss mindestens dem nach der folgenden Gleichung berechneten Wert entsprechen:

$$A = \frac{50 p_c R^2}{S_c \tan \theta} \quad (15)$$

A_1 ist nach der oben stehenden Gleichung zu bestimmen mit $P_{c1} = P_{\text{Auslegung}}$ (siehe Tabelle 3) in mbar – Eigengewicht von korrodierten Dachblechen.

A_2 ist nach der oben stehenden Gleichung zu bestimmen mit $P_{c2} = P_{\text{Auslegung}}$ (siehe Tabelle 3) in mbar – Eigengewicht von korrodierten Dachblechen + Windsog (siehe 7.2.10.2). In die ursprüngliche Gleichung ist $S_c = 0,9 \cdot \text{Streckgrenze}$ oder $0,2\text{-\% Dehngrenze}$ bei Auslegungstemperatur einzusetzen.

Es ist entweder A_1 oder A_2 zu verwenden, je nachdem, welcher Wert der höhere ist.

Dabei ist

- R der Radius des Tanks, in m;
- S_c die zulässige Druckspannung, die (sofern nicht anders festgelegt) für alle Stähle mit einem Höchstwert von 120 N/mm^2 anzunehmen ist. Bei Tanks aus unlegierten Stählen für erhöhte Auslegungstemperaturen über 100 °C muss dieser Wert um den Quotienten aus der Streckgrenze bei Auslegungstemperatur und der Streckgrenze bei Umgebungstemperatur verringert werden. Diese Verringerung muss auch bei Tanks aus nichtrostendem Stahl für Auslegungstemperaturen über 50 °C vorgenommen werden.
- θ die Neigung des Dachmeridians an der Mantel-Dach-Verbindung, in Grad (siehe Bild 8).

Basierend auf Bild 8b besteht die zur Verfügung stehende Fläche A aus der Querschnittsfläche der Wendestange + Querschnitt der Mantelbleche $[(L_s - h_p) * e_s] + \text{Querschnitt der Dachbleche } (L_r * e_p)$, vorausgesetzt, die Dachbleche in diesem Bereich sind stumpfgeschweißt. Falls Dachbleche in diesem Bereich überlappend geschweißt sind, kann diese Dachfläche nicht in die Berechnung einbezogen werden.

Dabei ist

- L_s die beitragende Länge des vertikalen Anteils des Mantels;
- h_p die Höhe des Profils des oberen Bordwinkels;
- e_s die „korrodierte“ Dicke des obersten Mantelschusses (d. h. die Dicke des Mantelschusses ohne etwaige vom Besteller festgelegte Korrosionszuschläge).

10.5.3 Muss durch einen Windverband eine zusätzliche Querschnittsfläche geschaffen werden, so ist dieser Windverband möglichst nahe bei der Mantel-Dach-Verbindung anzuordnen (siehe Bild 8 a)).

Eine zusätzliche druckbeanspruchte Fläche ist durch Erhöhung der Dach- oder Mantelblechdicke (unter Einhaltung der in den Tabellen 5 bis 8 festgelegten Höchstdicke), durch Hinzufügen eines Profils oder Bauglieds oder durch eine Kombination aus diesen vorzusehen. Diese zusätzliche Fläche ist so anzuordnen, dass der Flächenschwerpunkt der druckbeanspruchten Fläche innerhalb eines vertikalen Abstandes über oder unter der waagerechten Ebene durch den Schnittpunkt liegt, der dem 1,5fachen der durchschnittlichen Dicke der beiden verbundenen Glieder im Schnittpunkt entspricht.

10.5.4 Die druckbeanspruchte Fläche ist im Hinblick auf Zugbeanspruchung durch äußere Lasten und/oder Auslegungsunterdruck zu überprüfen, und die in 9.1.1 festgelegte zulässige Auslegungsspannung S darf nicht überschritten werden.

10.5.5 Bei Dächern mit Gespärre ist die druckbeanspruchte Fläche im Hinblick auf Zugkräfte durch die Tragkonstruktion zu überprüfen.

Es ist auch darauf zu achten, dass übermäßige Biegebeanspruchungen im druckbeanspruchten Bereich an der Verbindung von Gespärre und Mantelrand vermieden werden.

10.5.6 Bei Festdachtanks müssen entweder die durch A in 10.5.2 festgelegte Mindestfläche die in Tabelle 18 für den oberen Bordwinkel angegebenen Mindestgrößen eingehalten werden, je nachdem, was größer ist.

Tabelle 18 — Mindestmaße des Dacheckrings

Tankdurchmesser D M	Mindestmaße des Dacheckrings mm × mm × mm
$D \leq 10$	60 × 60 × 6
$10 < D \leq 20$	60 × 60 × 8
$20 < D \leq 36$	80 × 80 × 10
$36 < D \leq 48$	100 × 100 × 12
$48 < D$	150 × 150 × 12

10.6 Anforderungen an das Ent- bzw. Belüftungssystem

10.6.1 Allgemeines

Für die Ent- bzw. Belüftung von nach dem vorliegenden Dokument ausgelegten Festdachtanks gelten die Anforderungen nach 10.6.2 bis einschließlich 10.6.4 oder die festgelegten Anforderungen (siehe A.1).

Ent- bzw. Belüftungssysteme müssen EN ISO 28300:2008 entsprechen, sofern die folgenden zusätzlichen Anforderungen berücksichtigt werden:

a) Fehlfunktion des Deckgassystems (sofern vorhanden)

Wenn ein (Inert-)Deckgassystem versagt, können große Gasmengen in den Tank einströmen und diese Übermenge an Gas muss aus dem Tank durch das Entlüftungs- und Notentlüftungssystem abgeführt werden, ohne dass der Auslegungsdruck des Tanks überschritten wird.

Der maximal mögliche Gasstrom unter Ausfallbedingungen muss festgelegt werden (siehe A.1).

b) Andere mögliche Ursachen

Die geforderte Notentlüftungskapazität, um andere mögliche Ursachen abzudecken, muss festgelegt werden (siehe A.1).

Zu diesen Ursachen gehören:

- Fehlfunktion der Regulierung der Tankheizung (falls vorhanden);
- Leckage des Tankheizsystems (falls vorhanden);
- Überschreitung der maximal zulässigen Pumpkapazität aufgrund von Fehlschaltungen innerhalb des Pumpsystems;
- chemische Reaktionen;
- mangelhafte Reinigung der Rohrleitung;
- Produktförderung durch Druckgas.

c) Unterdrucknotbelüftung

Die zur Abdeckung der folgenden möglichen Ursachen erforderliche Kapazität der Unterdruck-Notbelüftung muss festgelegt werden (siehe A.1):

- eine plötzliche Abkühlung aufgrund des Einspritzens kalter Flüssigkeit in einen heißen leeren Tank;
- Fehlfunktion eines Sprinklersystems;
- zu große Flüssigkeitsentnahme aus dem Tank.

ANMERKUNG Unter Notfallbedingungen kann es (aufgrund einer Explosion oder eines anderen unerwünschten Ereignisses) zu einem Absprennen der Dämmung des Tankmantels oder des Tankdachs von der Tankoberfläche kommen, und die Wärmestrahlung eines in der Nähe befindlichen Brandes kann die Verdampfung des Lagergutes in einem solchen Maß verstärken, dass die abgeleitete kombinierte Kapazität der für den Notfall und den Betrieb vorgesehenen Belüftungsöffnungen nicht mehr ausreicht, wenn der Umweltfaktor f' (zur Berücksichtigung des Vorhandenseins einer Dämmung) in den Gleichungen zur Berechnung der Be- und Entlüftungskapazitäten ((...)).

Der Besteller muss festlegen, ob der Auftragnehmer den Umweltfaktor f' im Falle von mit einer Dämmung ausgestatteten Tanks bei der Bestimmung des maximalen Volumenstroms durch die Ausgleichsventile unter Notfallbedingungen zu berücksichtigen hat (siehe Anhang A).

10.6.2 Zweck der Be- und Entlüftung

Das Be- bzw. Entlüftungssystem muss folgende Aufgaben erfüllen:

- a) normale Belüftung bei Unterdruck;
- b) normale Entlüftung bei Überdruck;
- c) Notentlüftung, sofern nicht festgelegt ist, dass dies ausgeschlossen ist (siehe A.1).

Wenn eine Notentlüftung erforderlich ist, ist sie entweder durch entsprechende Lüftungseinrichtungen oder durch eine Reißnaht in der Mantel-Dach-Verbindung vorzusehen (siehe Anhang K).

10.6.3 Be- und Entlüftungskapazität

Anzahl und Größe der Be- bzw. Entlüftungseinrichtungen müssen der aus EN ISO 28300 zu entnehmenden Be- bzw. Entlüftungskapazität entsprechen und ausreichend sein, um ein Überschreiten der in 10.6.4 festgelegten Akkumulation von Über- und Unterdruck zu verhindern.

ANMERKUNG 1 Diese Einrichtungen können mit Sieben versehen sein, die das Eindringen von Fremdkörpern verhindern. Die Verwendung zu feiner Siebe wird nicht empfohlen, da diese besonders im Winter verstopfen können.

ANMERKUNG 2 Bei der Auswahl des Werkstoffs von Drahtsieben sollte eine mögliche Korrosion berücksichtigt werden, da diese die Be- bzw. Entlüftungskapazität beeinträchtigen könnte.

10.6.4 Akkumulation von Über- und Unterdruck

10.6.4.1 Die Summe aus Einstellüberdruck plus Akkumulation, bei der das (die) Ventil(e) (einschließlich der Notausgleichsventile) den erforderlichen Durchsatz für die normale Entlüftung bei Überdruck erreicht (erreichen), darf den Auslegungsdruck nicht überschreiten (siehe 5.1).

10.6.4.2 Die Summe aus gewähltem Einstellunterdruck plus Akkumulation, bei der das Ventil den erforderlichen Durchsatz erreicht, darf den Auslegungsunterdruck nicht überschreiten (siehe 5.1).

10.7 Interne Schwimmdächer

Auf Anforderung (siehe A.1) sind Tanks mit internen Schwimmdächern (siehe Anhang C) und Schwimmdachabdichtungen nach Anhang E zu versehen.

11 Auslegung von Schwimmdächern

Auf Anforderung (siehe A.1) sind offene Tanks mit nach Anhang D ausgelegten Schwimmdächern und mit Schwimmdachabdichtungen nach Anhang E zu versehen.

12 Tankverankerung

12.1 Allgemeines

Tankverankerungen müssen vorgesehen werden, wenn unter einer der nachstehenden Bedingungen die Gefahr bestehen könnte, dass sich der Mantel und das Bodenrandblech von ihrer Gründung abheben.

Der bestimmende Faktor muss das Stabilitätsverhältnis (S_r) sein:

$$S_r = M_r / M_w$$

Dieses lässt sich nach der folgenden Gleichung ermitteln:

$$W_r / (2 * \pi * R) = M_w / (\pi * R^2)$$

Daraus folgt:

$$W_r / M_w = (2 * \pi * R) / (\pi * R^2)$$

Somit ergibt sich:

$$(W_r * R) / M_w = 2 \text{ und}$$

$$S_r = M_r / M_w = 2$$

Dabei ist

S_r das Stabilitätsverhältnis;

W_r das Widerstandsgewicht des gesamten Tanktragwerks ohne das Gewicht des Tankbodens, in N;

R der Radius des Tankmantels, in m;

M_r das Widerstandsmoment über die Mantel-Boden-Verbindung auf der windabgewandten Seite, in Nm;

M_w das windbedingte Kippmoment über die Mantel-Boden-Verbindung auf der windabgewandten Seite, in Nm.

Die folgenden Kriterien müssen erfüllt sein:

S_r	Ergebnis
$S_r \geq 2,0$	kein Abheben
$1,5 \leq S_r < 2,0$	Auslösung eines Abhebens
$S_r < 1,5$	Auslösung eines Kippens

Das Stabilitätsverhältnis S_r muss unter Bewertung der folgenden fünf (5) Fälle beurteilt werden:

- a) Abheben eines leeren Tanks durch den Auslegungsüberdruck, dem das wirksame Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der korrodierten Anbauteile entgegenwirkt; in einer Gleichung:

$$[(\text{Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und aller Anbauteile})] / (\text{Überdruck} * A_{\text{proj}}) \geq 0$$

Dabei ist

A_{proj} die horizontal projizierte Dachfläche = $\pi/4 * d^2$

„korrodiert“ bedeutet die ursprüngliche Auslegungsdicke abzüglich des vom Besteller festgelegten Korrosionszuschlags.

- b) Abheben durch den Auslegungsüberdruck in Verbindung mit Windlasten (siehe 7.2.10.1) und Windsog über die Dachfläche (siehe 7.2.10.2), dem das wirksame Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der Anbauteile zuzüglich des aufgrund der Flüssigkeitssäule des betreffenden Lagergutes mit der maximalen Höhe W_L wirksamen Gewichtes (für eine Dichte von 0,7 und eine begrenzte Breite L_b (siehe unten)) entgegenwirkt. In einer Gleichung:

[[Gewicht des korrodierten Mantels, Dachs und aller Anbauteile + Gewicht der Flüssigkeitssäule bei einer maximalen Höhe von W_L (für eine Dichte = 0,7) und einer begrenzten Breite (L_b) – (Abheben aufgrund des Überdrucks * ($A_{proj} - A_{Flüssigkeitssäule}$))] * $d/2$ / [(auf den Mantel einwirkender Wind * $h/2$) + {(horizontal auf das Dach wirkende Windlast, einschließlich der horizontalen Komponente des Windsogs) * ($h + f$)} + {vertikale Komponente des Windsogs * ($d + e_c$)/2}] $\geq 2,0$

Dabei ist

h die Höhe des Tankmantels, in m;

f der Schwerpunkt eines Kugelsegmentdachs oder eines Kegeldachs, in m;

e_c die Exzentrizität der vertikalen Komponente des Windsogs über die gesamte Dachfläche, in m.

$$A_{Flüssigkeitssäule} = \pi/4 * (d^2 - (d - L_b)^2)$$

Breite (L_b) und Höhe (W_L) der Flüssigkeitssäule müssen anhand der folgenden Regeln beurteilt werden:

$$W_L = \text{MIN} [(59 * e_b * (S_{by} * h_1)^{0,5}); (140,8 * h_1 * d)]$$

Dabei ist

e_b die geforderte Dicke der Bodenbleche (ohne den vom Besteller festgelegten Korrosionszuschlag) unterhalb des Tankmantels, in mm. Für diese Bodenbleche gelten die folgenden Einschränkungen:

1) $e_b \leq e$ unterster Mantelschuss ohne den vom Besteller festgelegten Korrosionszuschlag;

2) wenn $e_b >$ Dicke der normalen Bodenbleche, dann muss die Mindestbreite L_b der zu berücksichtigenden Flüssigkeitssäule folgende Anforderung erfüllen:

$$L_b = \text{MAX} [450 \text{ mm}; \text{MIN} [(0,029 * e_b * (S_{by}/h_1)^{0,5}); (0,035 * d)]]$$

S_{by} die festgelegte Mindeststreckgrenze der Bodenbleche unterhalb des Mantels, in N/mm²;

h_1 die Auslegungshöhe des Lagerguts im Tank, in m;

d der Tankdurchmesser, in m.

c) Abheben eines leeren Tanks durch den Auslegungsüberdruck in Kombination mit den Windlasten, dem das wirksame Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der korrodierten Anbauteile entgegenwirkt; in einer Gleichung:

[[Gewicht des korrodierten Mantels, Dachs und aller Anbauteile – Abheben durch Überdruck] * $d/2$] / [(auf den Mantel einwirkender Wind * $h/2$) + {auf das Dach einwirkender Wind * ($h + f$)}] $\geq 1,5$

d) Abheben eines leeren Tanks durch den Auslegungsüberdruck in Kombination mit zwei Drittel der durch die Windlasten eingebrachten Momente (siehe 7.2.10.1) und dem Windsog über die Dachfläche (siehe 7.2.10.2) und dem das wirksame Gewicht des korrodierten Dachs, des Mantels und der Anbauteile entgegenwirkt; in einer Gleichung:

[[Gewicht des korrodierten Mantels, Dachs und aller Anbauteile – Abheben durch Überdruck] * $d/2$] / [(2/3 * (auf den Mantel einwirkender Wind * $h/2$) + {horizontal auf das Dach einwirkender Wind, einschließlich der horizontalen Komponente des Sogs) * ($h + f$)} + (vertikale Komponente des Windsogs) * ($d - e_c$)/2] $\geq 1,5$

e) falls nach Anhang G gefordert.

12.2 Befestigung der Verankerung

Die Wirkungen der Biegemomente durch die Befestigung der Verankerung auf den Mantel sind zu beurteilen.

Ein annehmbares Verfahren für die Auslegung von Ankerstützen ist in AISI E 1, Volume II, Part VII "Anchor Bolt Chairs" angegeben. Die Auslegung des Mantels hinsichtlich örtlicher Verankerungskräfte und aus der Verankerung resultierender Biegemomente darf auch nach den Anforderungen von EN 1993 4 1:2007, 5.4.6 und 5.4.7 erfolgen.

Die Verankerung darf nicht am Bodenblech, sondern muss grundsätzlich am Tankmantel befestigt werden. Bei der Auslegung sind Bewegungen des Tanks aufgrund von Temperaturänderungen und Änderungen des hydrostatischen Drucks zu berücksichtigen und im Mantel induzierte Spannungen auf ein Mindestmaß zu verringern.

ANMERKUNG In Anhang M sind Beispiele typischer Ausführungen von Verankerungen und einer Modellrechnung dargestellt.

12.3 Ankerschrauben oder -bänder

12.3.1 Zulässige Zugspannung

Unter den angegebenen Auslegungsbedingungen darf die zulässige Zugspannung in Ankerschrauben oder -bändern die Hälfte der festgelegten Mindeststreckgrenze oder ein Drittel der festgelegten Mindestzugfestigkeit von Schrauben oder Bandwerkstoff nicht überschreiten, je nachdem, welcher Wert der kleinere ist. In einer Gleichung:

$$S_a = \text{MIN} [(0,67 * R_e) ; (0,5 * R_m)]$$

12.3.2 Querschnittsfläche

Ankerschrauben oder -bänder müssen eine Querschnittsfläche von jeweils mindestens 500 mm² aufweisen, und falls mit Korrosion zu rechnen ist, muss ein Korrosionszuschlag von mindestens 1 mm zugeben werden, d. h. 2 mm auf den Schraubendurchmesser bzw. 2 mm auf die Dicke des Bandes.

ANMERKUNG 1 Bei Gewindebolzen gilt die Angabe der Querschnittsfläche für den Gewindekern.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, die Anker in Abständen von höchstens 3 m und möglichst gleichmäßig über den Umfang verteilt anzuordnen.

ANMERKUNG 3 Auf Ankerschrauben oder -bänder sollte keine Vorspannung eingebracht werden, damit diese nur dann wirksam werden, wenn am Tankmantel eine Abhebekraft einwirkt (siehe auch 16.3). Für die Flüssigkeitsdruckprüfung dürfen Muttern am vollständig gefüllten Tank nur handfest angezogen werden.

ANMERKUNG 4 Vor Inbetriebnahme des Tanks sollte durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass sich Ankerschrauben oder -bänder nicht lockern oder über einen längeren Zeitraum ihre Wirkung verlieren.

12.3.3 Ankerschraubenlast zur Verhinderung des Abhebens

Für den Fall, dass Ankerschrauben erforderlich sind, ist die Auslegungslast dieser Schrauben wie folgt zu berechnen:

$$t_a = [4 \cdot M_w / (d \cdot N)] - [W_r / N]$$

Dabei ist

- t_a die Auslegungszuglast je Anker, in N (**);
- M_w das Windmoment, in Nm (siehe 12.1);
- d der Ankerschraubenlochkreis (Mittenabstand), in m;

- N die Anzahl der Ankerschrauben (basierend auf Abständen von höchstens 3 m);
 W_r das Gewicht von Mantel + Dach + Gerüst – Abheben durch Überdruck, in N (siehe 12.1).

(** zu der je Anker zulässigen Zuglast siehe 12.3.1)

12.4 Widerstand gegen Abheben unter Prüfbedingungen

Die Verankerung muss in der Lage sein, einem durch Prüflasten am Tank verursachten Abheben standzuhalten. Die Spannungen in den Ankerschrauben oder -bändern dürfen unter Prüfbedingungen 85 % der festgelegten Mindeststreckgrenze von Schrauben- bzw. Bandwerkstoff nicht überschreiten.

Basierend auf der für die Ankerschrauben festgelegten Werkstoffgüte sind die folgenden Werte für R_m und R_e zu verwenden:

Werkstoff	R_m [N/mm ²]	R_e [N/mm ²]
4,6	400	240
5,6	500	300
8,8	800	640
10,9	1 000	900

Anzusetzen ist $R_e = 560 \text{ N/mm}^2$ (siehe EN 1993, wobei $0,7 \cdot R_m$ keinesfalls überschritten werden darf)

Anzusetzen ist $R_e = 700 \text{ N/mm}^2$ (siehe EN 1993, wobei $0,7 \cdot R_m$ keinesfalls überschritten werden darf)

13 Anbauteile

13.1 Mantelstützen mit Außendurchmessern von 80 mm und darüber

13.1.1 Aufgesetzte Stützen mit Außendurchmessern von 80 mm und darüber sind nicht zulässig.

Stützen, die als Mannlöcher genutzt werden, müssen einen Innendurchmesser von mindestens 600 mm haben, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2).

ANMERKUNG Typische Einzelheiten und Maße von Mannlöchern für Tanks, deren Druck (Auslegungs- oder Prüfdruck) 25 m Wassersäule nicht übersteigt, sind in Bild 9 angegeben. Diese Maße enthalten einen Nennkorrosionszuschlag von 3 mm.

13.1.2 Die Stützenwanddicke darf die in Tabelle 19 angegebenen Werte nicht unterschreiten.

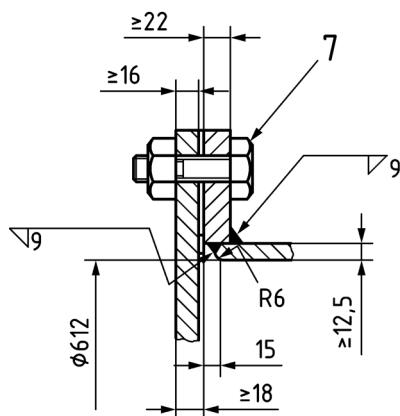
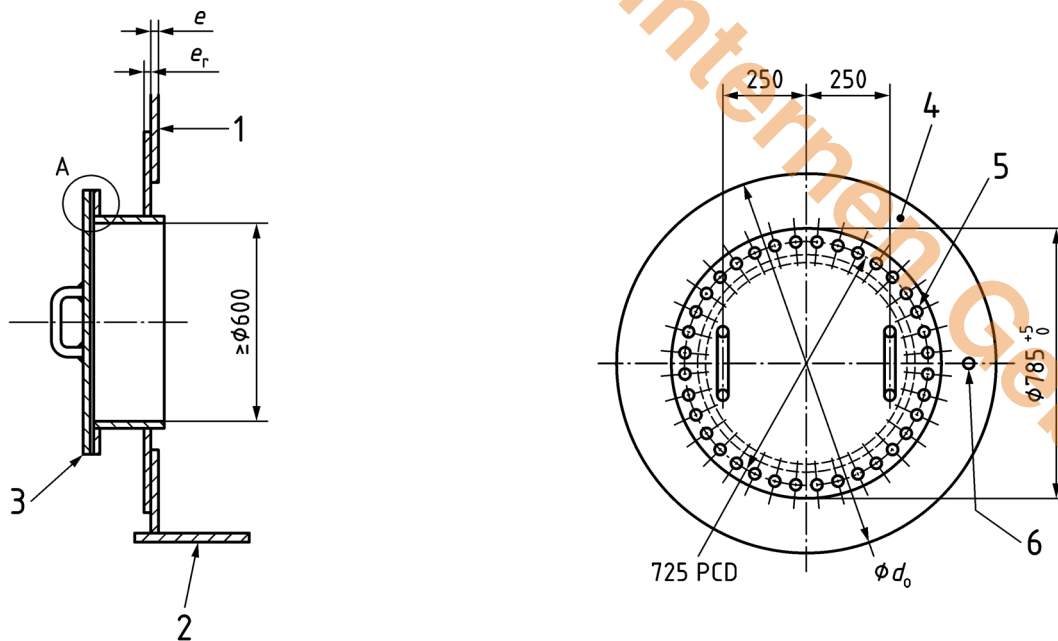
Tabelle 19 — Mindestwanddicke von Mantelstützen

Stützenaußendurchmesser d_n Mm	Mindestwanddicke von Mantelstützen e_n	
	Unlegierter Stahl Mm	Nichtrostender Stahl Mm
$80 \leq d_n \leq 100$	7,5	6,0
$100 < d_n \leq 150$	8,5	7,0
$150 < d_n \leq 200$	10,5	8,0
$200 < d_n$	12,5	9,0

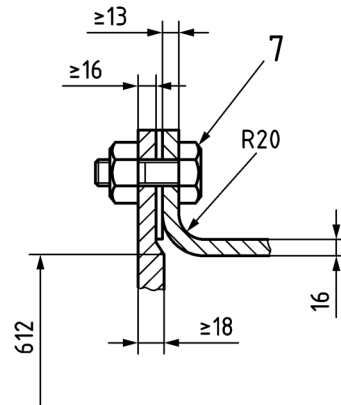
Flansche sollten EN 1759-1, Klasse 150 oder EN 1092-1, PN 25 entsprechen. Es ist zu überprüfen, ob PN 25 auf PN 20 verringert werden kann, weil PN 20 gleich 150 LBS ist.

13.1.3 Es sind Verstärkungen nach den Festlegungen in 13.1.4 oder 13.1.5 vorzusehen.

Maße in Millimeter



A



alternative Ausführung der Flanschverbindung A

Legende

- | | | | |
|---|--------------------------|---|---|
| 1 | Tankmantel | 5 | 36 Bohrungen, \varnothing 22 mm, für Schrauben M20 |
| 2 | Tankboden | 6 | Kontrollbohrung, \varnothing 6 mm, im Verstärkungsblech |
| 3 | bearbeitete Dichtflächen | 7 | Schraube M20 |
| 4 | Verstärkungsblech | | |

ANMERKUNG Die für die Kehlnähte angegebenen Maße beziehen sich auf die Nahtdicke.

Bild 13 — Typische Ausführung eines Mannlochs im Tankmantel

13.1.4 Die Querschnittsfläche der vorgesehenen Verstärkung (Flächenersatzverfahren), gemessen in der senkrechten Ebene mit der Achse des Anbauteils, darf nicht kleiner sein als:

$$0,75 d \times e_1 \quad (16)$$

Dabei ist

D der Durchmesser der in das Mantelblech geschnittenen Öffnung, in mm;

e_1 der größere der aus 9.2.2 abgeleiteten Werte von e_c oder e_t .

ANMERKUNG Werden Mantelbleche mit einer größeren Dicke als für das Lagergut oder die hydrostatische Belastung gefordert verwendet, so kann diese zusätzliche Dicke innerhalb eines vertikalen Abstandes sowohl über als auch unter der Mittellinie des Lochs im Tankmantelblech als Verstärkung angesehen werden.

Bei Tanks, die für den Betrieb bei erhöhten Temperaturen (im Falle von unlegierten Stählen über 100 °C und im Falle von nichtrostenden Stählen über 50 °C) vorgesehen sind, muss der Faktor von 0,75 um den Quotienten aus der Streckgrenze (oder der 0,2%-Dehngrenze) bei Umgebungstemperatur und der Streckgrenze (oder der 0,2%-Dehngrenze) bei erhöhter Temperatur erhöht werden.

Die Verstärkung darf nach einem der drei nachstehenden Verfahren oder einer beliebigen Kombination davon erfolgen.

- a) Verwendung eines dickeren Manteleinschweißblechs (siehe Bild 10 und Bild 11) oder eines runden Verstärkungsblechs, wobei für die Verstärkung folgende Einschränkung gilt:

$$1,5 d \leq d_r \leq 2 d \quad (17)$$

Dabei ist

d_r der wirksame Durchmesser der Verstärkung, in mm.

Es dürfen auch andere als runde Verstärkungsbleche verwendet werden, sofern folgende Mindestanforderungen erfüllt werden.

- b) Verwendung eines dickeren Stutzens oder Mannlochstutzens. Als Verstärkung kann der Abschnitt des Stutzens innerhalb der Mantelblechdicke und jener bis zu einem Abstand vom Mantelblech, der dem Vierfachen der Stutzendicke entspricht (siehe Bild 12). Wird die Stutzendicke innerhalb dieses Abstands verringert, so endet die Länge der Verstärkung an dem Punkt, an dem die Verringerung beginnt.

13.1.5 Alternativ zu den in 13.1.4 festgelegten Flächenersatzverfahren darf die Verstärkung auch durch Verwendung eines dickeren Stutzens erfolgen, der auf beiden Seiten des Mantelblechs vorsteht, wie in Bild 13 dargestellt.

Die Mindestlänge L des als Verstärkung verwendeten Stutzens (siehe Bild 13) muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$L \geq 1,17 \sqrt{r_m e_n} \quad (18)$$

Dabei ist

$$r_m = \frac{r_o + r_i}{2} \quad (19)$$

Die Dicke des Stutzens ist unter Bezugnahme auf Bild 14 so zu bestimmen, dass der Spannungserhöhungsfaktor S_{cf} den Wert 2 nicht überschreitet. (Es sind ein Ersatzfaktor Y (siehe unten) und die Gleichung r_o/r_i zu verwenden.)

Dabei ist

r_o der Außenradius des Stutzens, in mm;

r_i der Innenradius des Stutzens, in mm.

Der Ersatzfaktor y ist wie folgt zu berechnen:

$$y = 1,56 \sqrt{\frac{e_n^3}{r_m e_s^2} + \frac{e_n}{2r_m}} \quad (20)$$

Dabei ist

e_s die tatsächliche Mantelblechdicke, in mm;

e_n die Stutzenwanddicke, in mm;

r_m der mittlere Stutzenradius, in mm.

13.1.6 Die Breite des Blechs, in dem das Anbauteil und seine Verstärkung liegen, muss mindestens gleich der gesamten Breite des Schusses sein, und die Länge darf nicht geringer als die Breite sein.

13.1.7 Ein Verlängerungsrohr oder Flansch, das/der entweder innen oder außen am Stutzen angeschweißt und kein Bestandteil der erforderlichen Verstärkung ist, darf nicht als Bestandteil der Baugruppe angesehen werden.

13.1.8 Nachträglich an der Stutzenwand angebrachte Schweißnähte müssen von den nach dem Schweißen wärmebehandelten Stellen der Schweißnaht einen Mindestabstand haben von:

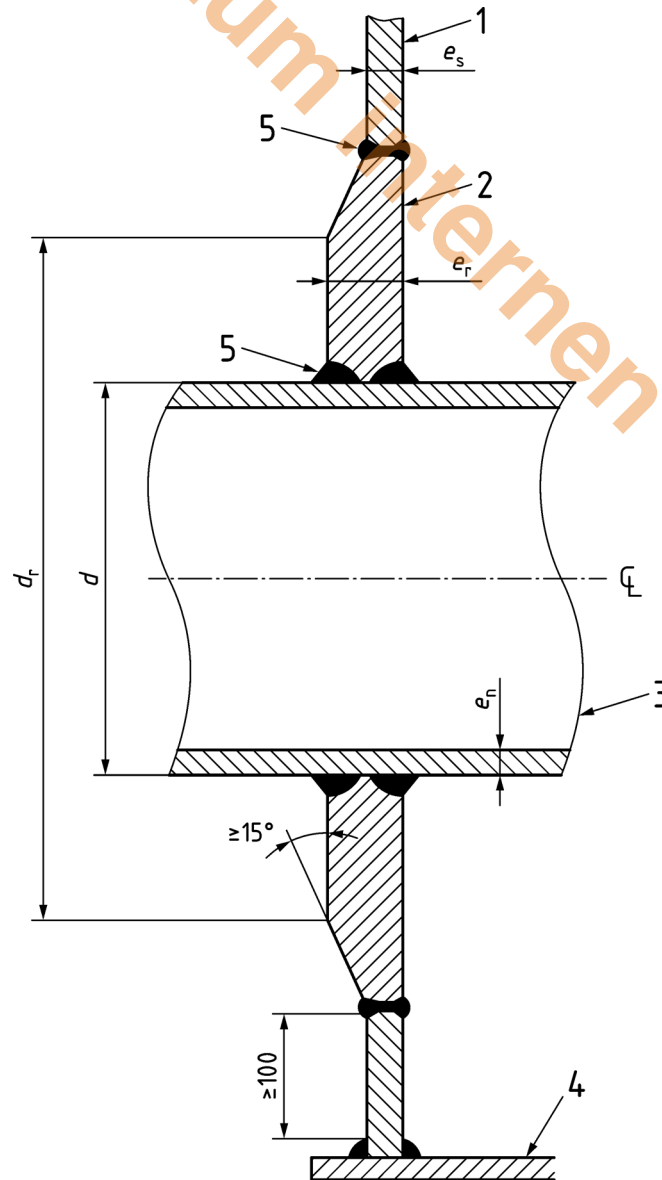
$$2,5\sqrt{r_i e_n} \quad (21)$$

Dabei ist

e_n die Stutzenwanddicke, in mm;

r_i der Innenradius des Stutzens, in mm.

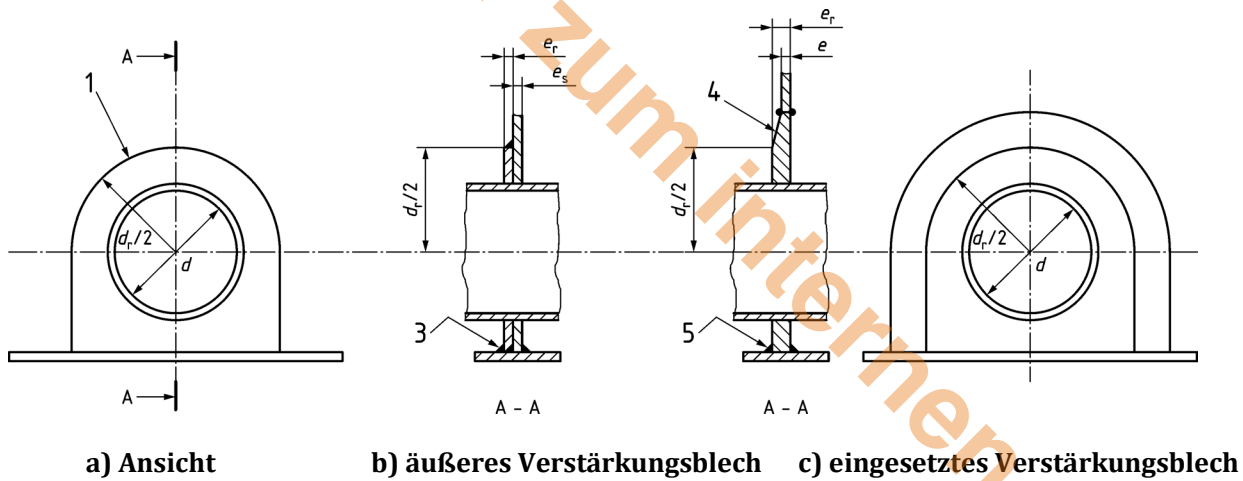
Maße in Millimeter



Legende

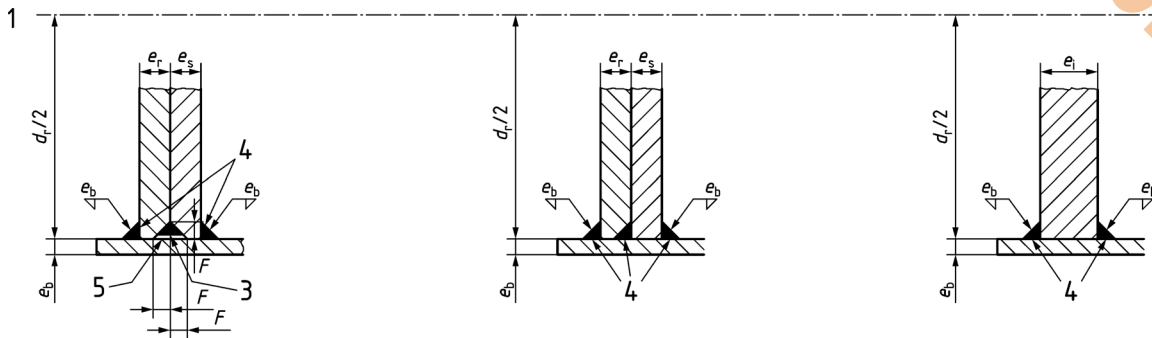
- 1 Mantelblech
- 2 Einschweißblech
- 3 Stutzen
- 4 Bodenblech
- 5 Einzelheiten zum Schweißen siehe 13.7

Bild 14 — Manteleinschweißblech als Verstärkung (siehe 13.1.4)



Legende

- | | | | | | |
|---|--------------------------------|---|------------------------------|---|---------------------|
| 1 | äußeres Verstärkungsblech | 3 | siehe Einzelheiten d) und e) | 5 | siehe Einzelheit f) |
| 2 | eingesetztes Verstärkungsblech | 4 | 1 : 4 Übergang | | |



d) äußeres Verstärkungsblech e) äußeres Verstärkungsblech f) eingesetztes Verstärkungsblech

im Werk spannungsarm
geglühte Stutzennaht

nicht spannungsarm geglühte
Stutzennaht

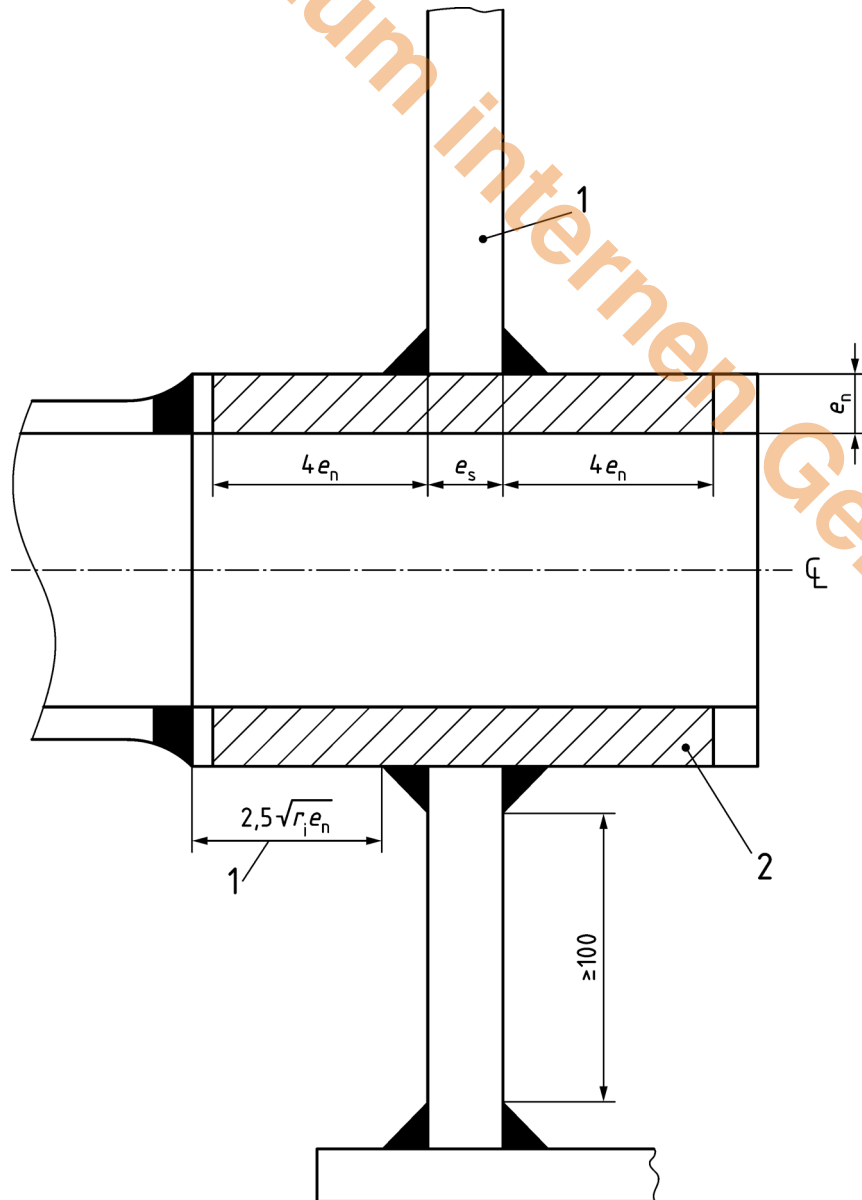
spannungsarm geglühte oder nicht
spannungsarm geglühte Stutzennaht

$F =$ entweder $0,707 e_b$ oder $e_r/2$, je nachdem, welches der kleinere Wert ist

Legende

- 1 Mittellinie des Stutzens
- 4 am Standort ausgeführte Schweißnaht
- 5 im Werk ausgeführte, bündig geschliffene Schweißnaht

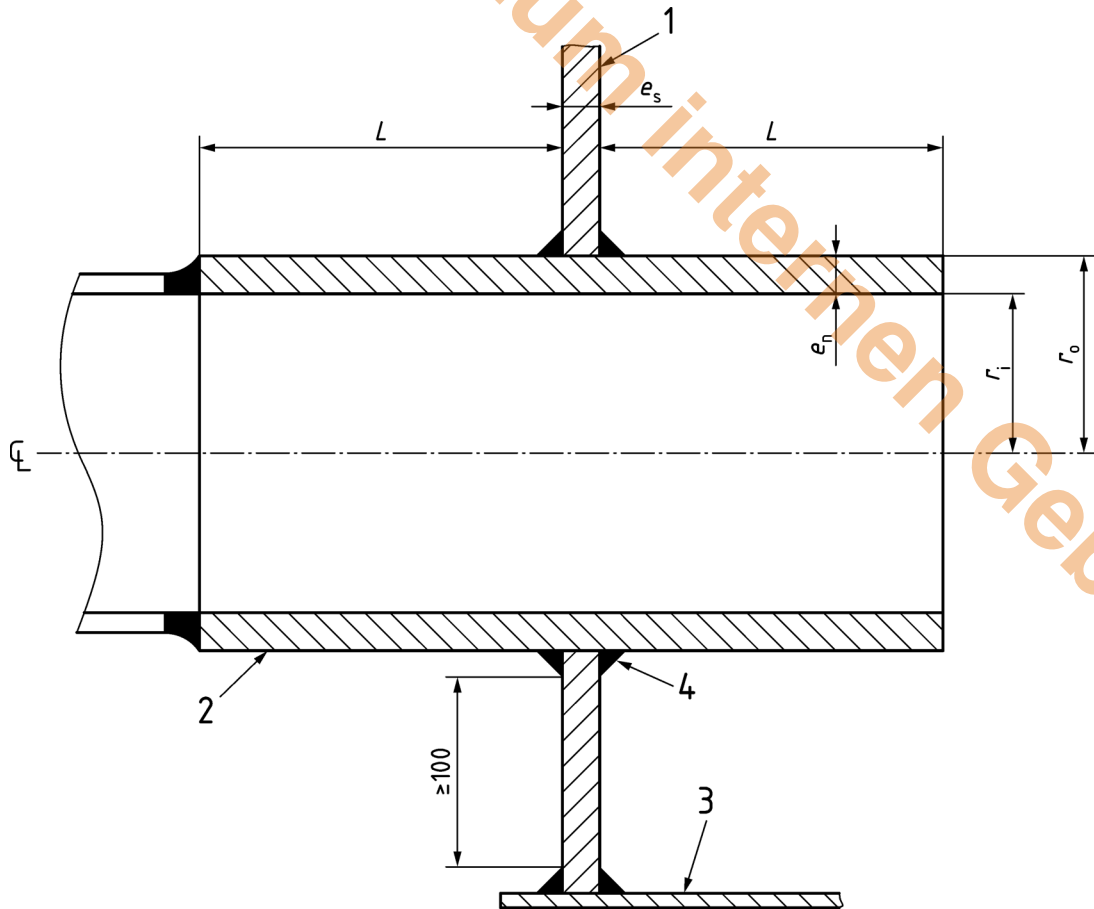
Bild 15 — Verstärkung von bodennahen Stützen



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Stutzen

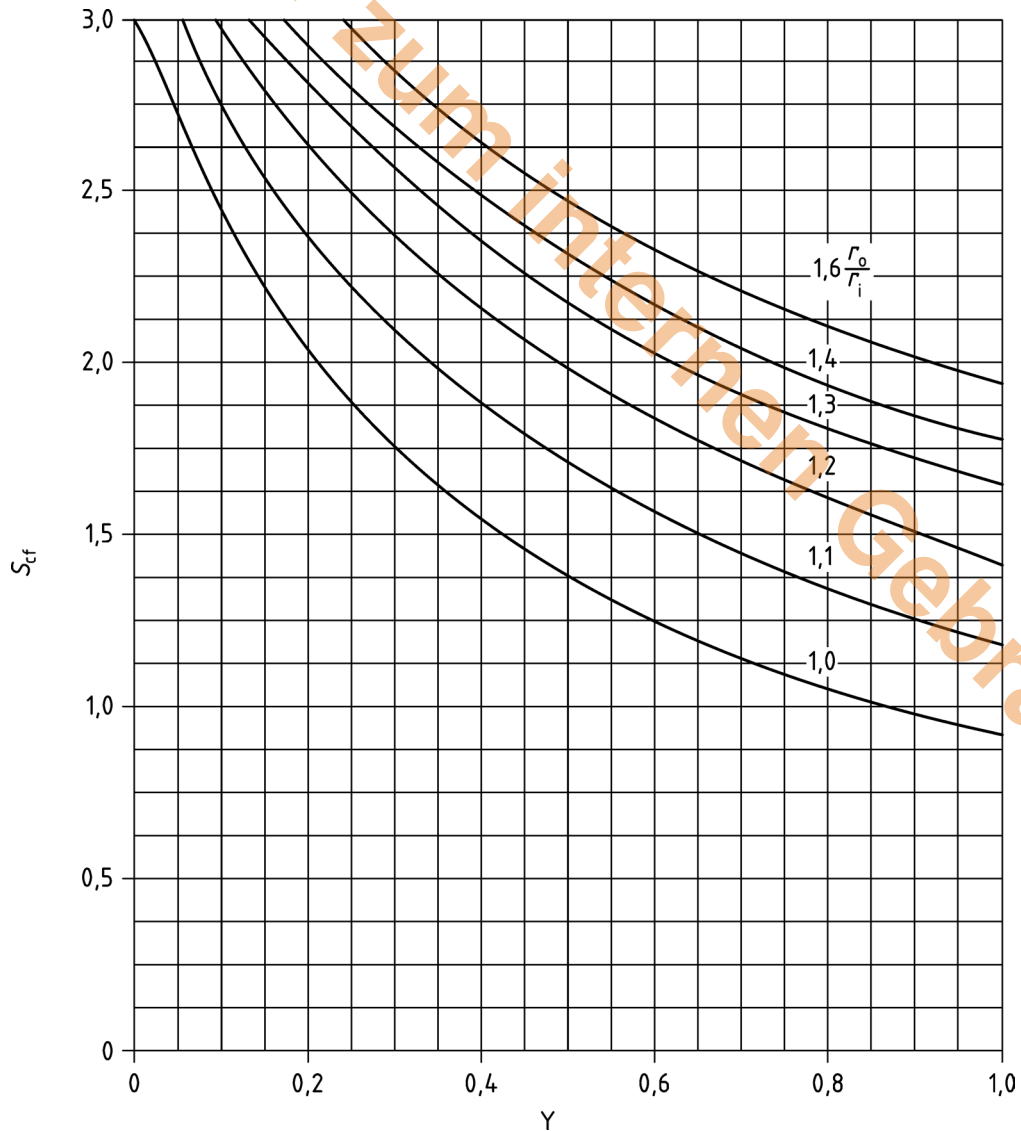
Bild 16 — Dickerer Stutzen als Mantelverstärkung



Legende

- | | | | |
|---|-------------|---|---------------------------------------|
| 1 | Mantelblech | 3 | Bodenblech |
| 2 | Stützen | 4 | Einzelheiten zum Schweißen siehe 13.7 |

Bild 17 — Alternativer Rohrstützen als Verstärkung (siehe 13.1.5)



Legende

S_{cf} Spannungserhöhungsfaktor
 Y Ersatzfaktor

Die im Bild dargestellten Graphen zeigen den Wert von r_o/r_i an.

ANMERKUNG Es wird auf R.T. Rose, *Strength of rim reinforcement for manholes in welded storage tanks* verwiesen. [3]

Bild 18 — Diagramm zur Ermittlung der Dicke einer Rohrstützenverstärkung (siehe 13.1.5)

13.2 Mantelstützen mit Außendurchmessern unter 80 mm

Bei Stützen mit einem Außendurchmesser unter 80 mm ist keine zusätzliche Verstärkung erforderlich, sofern die Stützenswanddicke die in Tabelle 20 angegebenen Werte nicht unterschreitet.

ANMERKUNG Es können aufgesetzte Stützen verwendet werden.

Tabelle 20 — Mindestwanddicke von Mantelstützen

Stutzenaußendurchmesser d_n Mm	Mindestwanddicke von Mantelstützen e_n	
	Unlegierter Stahl Mm	Nichtrostender Stahl Mm
$d_n \leq 50$	5,0	3,5
$50 < d_n < 80$	5,5	5,0

13.3 Dachstützen

13.3.1 Mannlöcher in Dächern müssen einen Innendurchmesser von mindestens 500 mm haben. Sie müssen so ausgelegt sein, dass sie an die Dachbleche des Tanks angeschweißt werden können. Die Ausführung der Mannlochdeckel muss entweder der Festlegung (siehe A.1) entsprechen, oder es sind verschraubte, feste oder Klappdeckel zu verwenden.

ANMERKUNG Einzelheiten zu Mannlöchern mit verschraubtem Deckel sind Tabelle 21 und Bild 15 zu entnehmen.

Gegebenenfalls erforderliche Rettungsöffnungen müssen einen Innendurchmesser von mindestens 600 mm haben.

Tabelle 21 — Maße von Mannlöchern

Art des Mann-lochs	Innen-durch-messer d_i	Deckel-durch-messer d_c	Lochkreis-durch-messer PCD	Anzahl der Schrauben	Flachdichtungs-durchmesser		Durchmesser des Ausschnitts im Dachblech d_h	Außendurch-messer des Verstärkungs-blechs d_r	e_n
					Innen	Außen			
					Maße in Millimeter				
Mannloch	500	660	600	16	500	660	520	1 060	6
Rettungs-öffnung	600	760	700	20	600	760	625	1 170	6

13.3.2 Stützen mit Flansch in Festdachtanks mit Auslegungsdrücken bis einschließlich 60 mbar müssen nach Bild 16 und Tabelle 22 ausgeführt werden. Andere Ausführungen und Einzelheiten können verwendet werden und müssen vereinbart werden (siehe A.2).

ANMERKUNG Bei Stützendurchmessern > 80 mm ist in der Dicke ein Korrosionszuschlag von 3 mm enthalten.

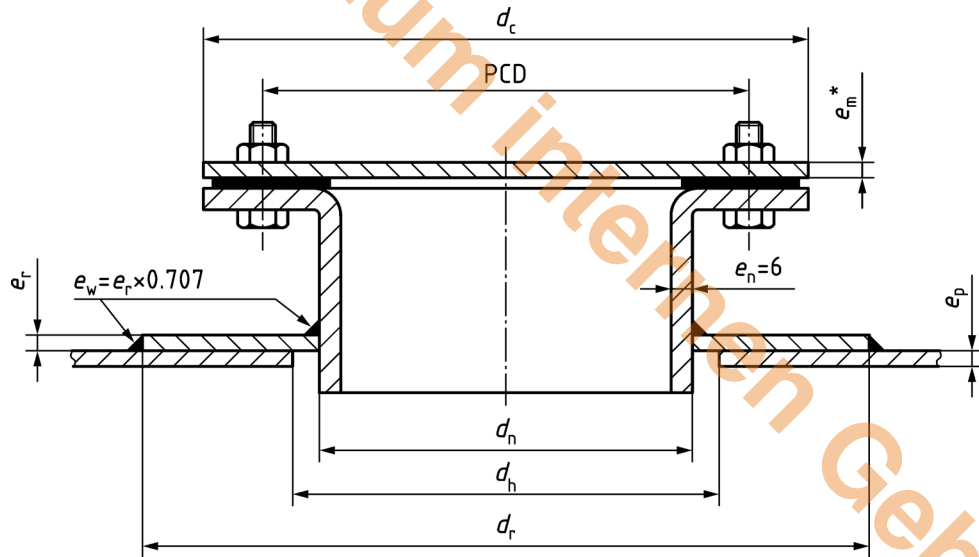
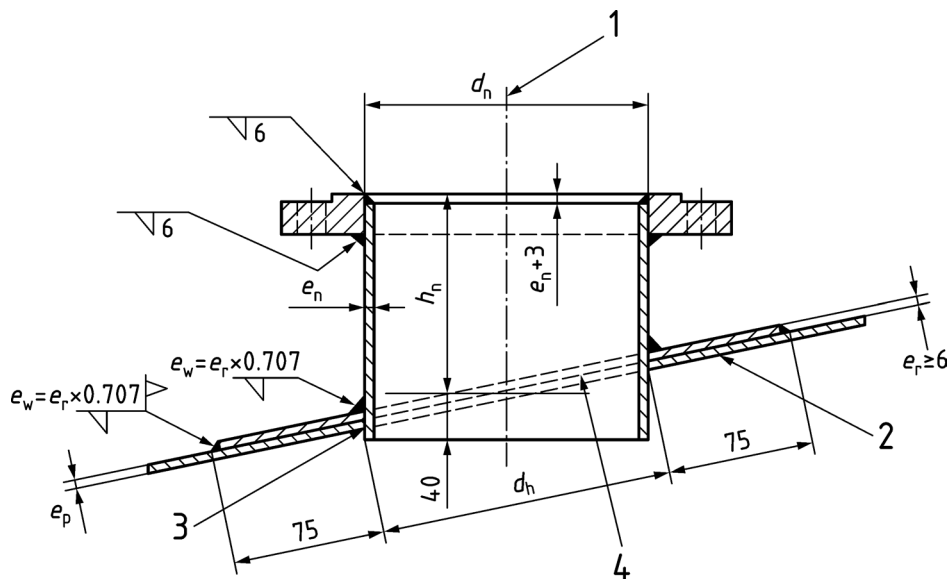


Bild 19 — Mannloch mit verschraubtem Deckel



Legende

- 1 Senkrechte Achse
- 2 Dachblech
- 3 je nach Lagergut kann es erforderlich sein, die Naht dichtzuschweißen.
- 4 bei Verwendung des Dachstutzens zur Ent- bzw. Belüftung muss das Stutzenrohr mit dem Verstärkungsblech oder der Dachlinie bündig geschnitten werden.

ANMERKUNG Die für die Kehlnähte angegebenen Maße beziehen sich auf die Nahtdicke.

Bild 20 — Dachstutzen mit Flansch (siehe Tabelle 22)

Tabelle 22 — Maße von Dachstützen

Maße in Millimeter

Stutzennenn- durchmesser	Stutzen- außendurch- messer d_n	Durchmesser des Ausschnitts im Dachblech d_h	Mindest- höhe des Stutzens h_n	Mindestwert der Stutzenwanddicke		Außendurch- messer des Verstärkungs- blechs
				Unlegierter Stahl	e_n Nicht- rostender Stahl	
25 (siehe Anmerkung 3)	34	40	150	3,4	2,7	125
50 (siehe Anmerkung 3)	60	66	150	3,9	2,7	175
80	89	95	150	5,5	3,0	225
100	114	120	150	6,0	3,0	275
150	168	174	150	7,1	3,4	375
200	219	230	150	8,2	3,7	450
250	273	284	200	9,3	4,0	550
300	324	336	200	9,5	4,5	600

ANMERKUNG 1 Flansche sollten EN 1759-1, Klasse 150 oder EN 1092-1, PN 25 entsprechen. Es ist zu überprüfen, ob PN 25 auf PN 20 verringert werden kann, weil PN 20 gleich 150 LBS ist.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 16.

ANMERKUNG 3 Verstärkungsbleche sind bei Stützen mit einem Nenndurchmesser von bis zu 50 mm nicht gefordert, können aber bei Bedarf verwendet werden (A.2).

13.4 Blockflansche mit Stiftschrauben

Blockflansche mit Stiftschrauben für die Aufnahme von Sichtfenstern, Instrumenten usw. müssen mit Stumpf- oder Kehlnähten am Tankmantel oder Tankdach angeschweißt werden, wie in Bild N.3 im Einzelnen dargestellt. Überschreitet der Durchmesser des Ausschnitts im Mantel- oder Dachblech 80 mm, so ist eine angemessene Verstärkung vorzusehen. Falls eine Verstärkung erforderlich ist, muss diese nach 13.1.4 oder 13.1.5 ausgelegt werden, dabei kann die gesamte Querschnittsfläche des Blockflansches als Verstärkung angesehen werden.

13.5 Stutzenlasten

Stutzen und Mantel müssen so ausgelegt werden, dass sie den Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile standhalten (siehe 7.2.12).

13.6 Bündige Reinigungsöffnungen und Entwässerungssümpfe

13.6.1 Allgemeines

Angesichts der komplizierten Spannungsverteilung ist die Verwendung von Bündigen Öffnungen und Sümpfe auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die Auslegung ist zu vereinbaren (siehe A.2).

ANMERKUNG Beispiele für geeignete Ausführungen sind in Anhang O enthalten.

13.6.2 Bündige Reinigungsöffnungen

Ist eine Bündige Reinigungsöffnung im unteren Mantelschuss vorgesehen, so darf die Ausschnitthöhe den kleineren Wert von 915 mm oder der halben Mantelblechbreite nicht überschreiten. Der entsprechende Mantelschuss einschließlich Anbauteil ist vorzufertigen und nach dem Schweißen in Übereinstimmung mit 18.10 einer Wärmebehandlung zu unterziehen.

Typische Einzelheiten sind in den Bildern 0.1, 0.2, 0.3 und 0.4 dargestellt.

13.6.3 Entwässerungssümpfe

13.6.3.1 Entwässerungssümpfe müssen mit ihrer gesamten Fläche auf der Gründung aufliegen. In Übereinstimmung mit den genehmigten Konstruktionszeichnungen der Gründung sind geeignete Ausschachtungen in der Gründung vorzunehmen.

Typische Einzelheiten sind in Bild 0.5 dargestellt.

13.6.4 Kombierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf

Auch diese Arten von kombinierten Entwässerungs- und Reinigungssümpfen müssen jenseits des äußeren Flansches mit ihrer gesamten Fläche auf der Gründung aufliegen.

Bei Tanks mit einer Mantelblechdicke > 20 mm dürfen kombinierte Entwässerungs- und Reinigungssümpfe nicht verwendet werden.

Typische Einzelheiten sind in Bild 0.6 dargestellt (das gesamte Bild 32 aus BS 2654 ist vollständig wieder einzusetzen).

Die Baugruppe ist vorzufertigen und nach dem Schweißen in Übereinstimmung mit 18.10 einer Wärmebehandlung zu unterziehen.

13.7 Einzelheiten zum Schweißen von Stützen

13.7.1 Nicht durchgeschweißte Nähte sind nur bei Mantelwanddicken bis höchstens 12,5 mm und einer Auslegungsspannung < 185 N/mm² zulässig.

ANMERKUNG Anhang N enthält Einzelheiten zum Schweißen von Stützen.

13.7.2 Die Vorderkanten von Kehlnähten, mit denen Stützen oder Verstärkungsbleche am Mantel angeschweißt sind, oder die Mittellinie von Stumpfnähten, mit denen Einschweißbleche am Mantel angeschweißt sind, müssen mindestens 100 mm von der Mittellinie aller anderen Stumpfnähte am Mantel und von der Vorderkante der Kehlnahtverbindungen zwischen Mantel und Boden bzw. der Vorderkante der Kehlnahtverbindung benachbarter Anbauteile entfernt sein.

ANMERKUNG Verstärkungsbleche oder Einschweißbleche können bis zur Mantel-Boden-Verbindung reichen, sofern sie mit dem Boden einen Winkel von 90° bilden (siehe Bild 11).

Wenn es nicht bei allen Stützen vermieden werden kann, dass sie sich mit Mantelschweißnähten von Tanks mit kleinem Durchmesser und einer Wanddicke von höchstens 10 mm kreuzen, dürfen nach Vereinbarung (siehe A.2) die Öffnungen für die Stützen senkrechte oder waagerechte Schweißnähte schneiden, wenn die Tangente am Ausschnitt in der Mittellinie der stumpfgeschweißten Mantelnaht einen Winkel zwischen 45° und 90° mit der Mittellinie bildet (siehe Bild 17). Die Mantelnaht am Ausschnitt muss einer 100%igen Magnetpulver- oder Farbeindringprüfung unterzogen werden.

Jede Stumpfnah, die dann unter einem Verstärkungsblech liegt, muss geglättet und einer 100%igen Durchstrahlungsprüfung unterzogen werden.

13.7.3 Die Maße von Schweißnähten zur Verbindung von durchgesteckten Stutzen und Mantel müssen den Angaben in Bild N.1 entsprechen.

ANMERKUNG Diese Nähte brauchen nicht dicker zu sein als das Doppelte der Wanddicke des Anbauteils.

Wenn die Wanddicke von Stutzenrohren aus gewalzten unlegierten Stählen 20 mm überschreitet, sind entweder Werkstoffe mit festgelegten Eigenschaften in Übereinstimmung mit EN 10164 für die gesamte Dicke zu verwenden, oder es ist eine mindestens 3 mm dicke Schweißgutschicht auf die Oberfläche des Stutzenrohrs aufzubringen, bevor der Stutzen in den Mantel eingeschweißt wird (siehe Bild 18). Die Z-Güte und alternative Verfahren sind zu vereinbaren (siehe A.2).

13.7.4 Stumpfnähte zur Verbindung von Einschweißblechen und Mantelblechen müssen vollständig durchgeschweißt sein und dürfen keine Bindefehler aufweisen.

13.7.5 Die Nahtdicke von Kehlnähten am Rand von Verstärkungsblechen muss 70 % der Dicke des Verstärkungsblechs, höchstens jedoch 14 mm betragen.

13.8 Flanschanschlüsse

Sofern nicht anders festgelegt (siehe A.1), müssen die Flansche aller Anbauteile mit Ausnahme von Mannlöchern im Mantel oder Dach nach EN 1759-1, Klasse 150 oder EN 1092-1, PN 20 hergestellt und gebohrt werden. Die Ausrichtung der Gegenflansche ist auf Übereinstimmung zu prüfen.

13.9 Wärmebehandlung von Stutzen nach dem Schweißen

Der Hersteller muss für alle in Tabelle 28 angegebenen Stutzen, in Abhängigkeit von Manteldicke und Stutzendurchmesser, für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT) in Übereinstimmung mit 18.10 sorgen.

13.10 Heiz- und/oder Kühlsysteme

Zum Erwärmen oder Kühlen des Lagerguts sind Heiz- oder Kühlsysteme mit Wärmeübertragungsmittel (siehe Anhang P) oder elektrische Heizgeräte zu verwenden. Das Verfahren ist zu vereinbaren (siehe A.2).

Nur zum internen Gebrauch

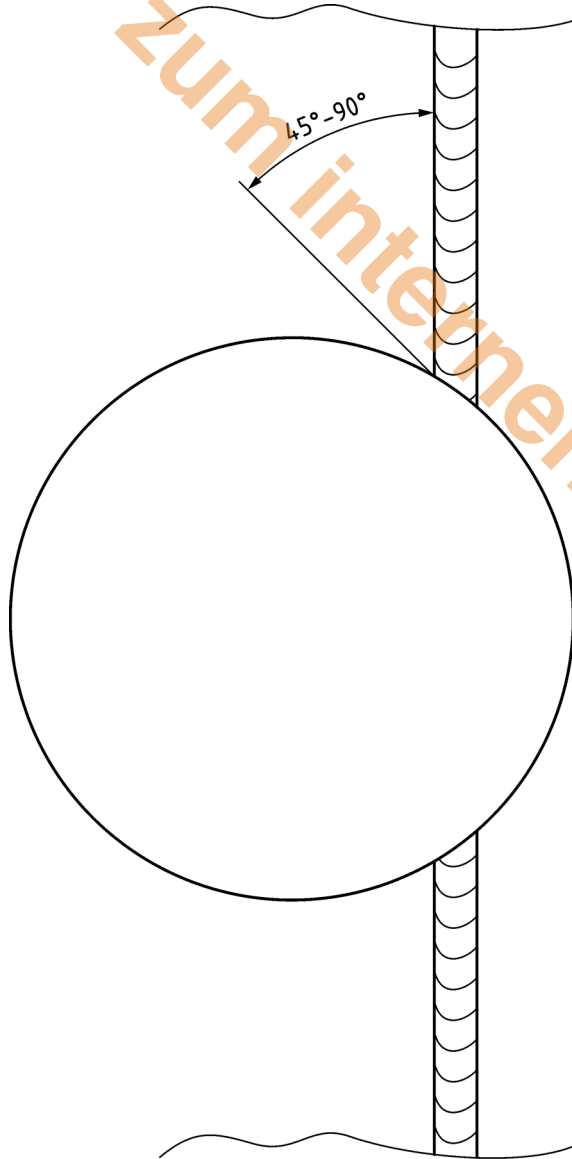
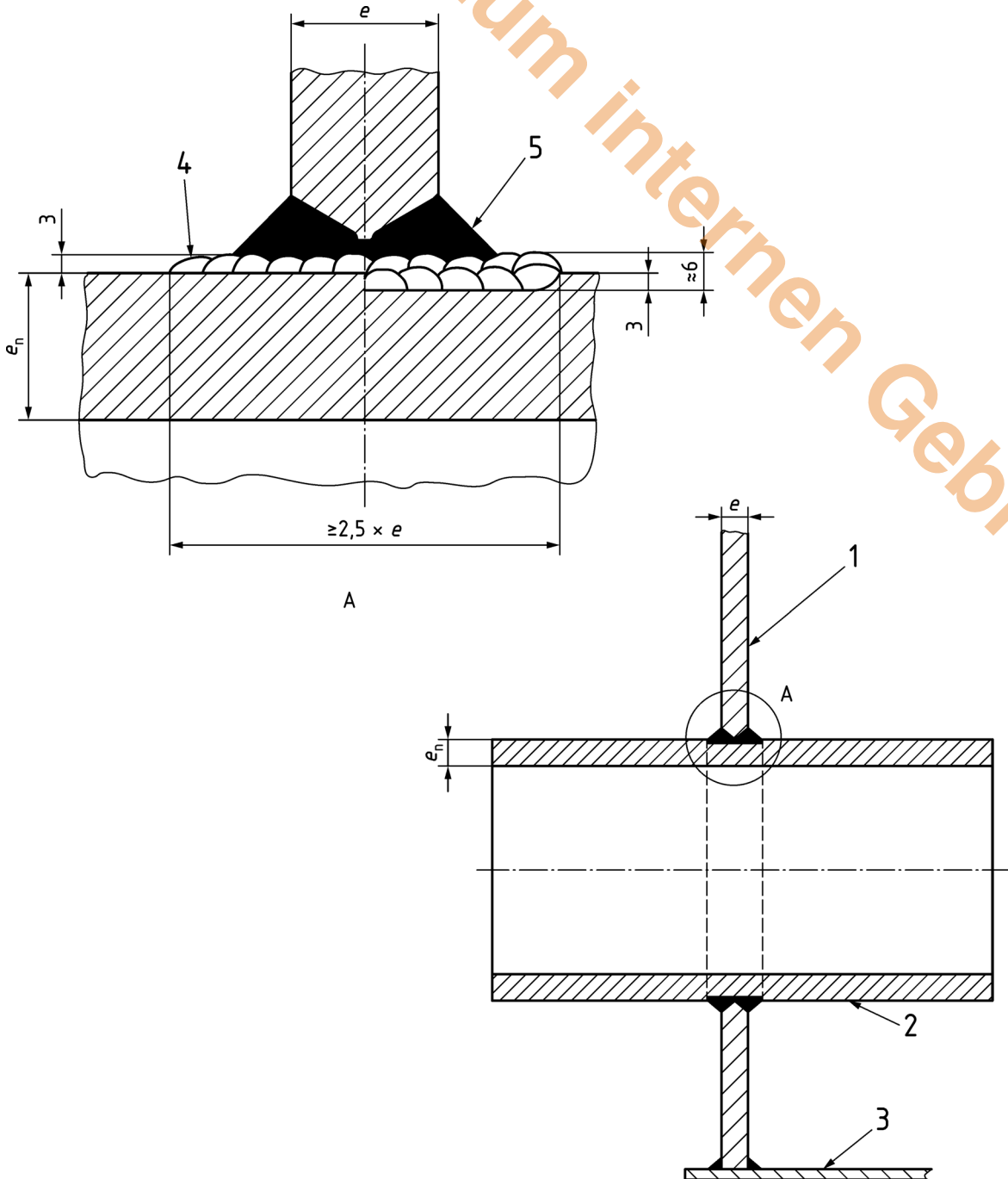


Bild 21 — Öffnungen für Stutzen, die Mantelnähte schneiden



Legende

- | | | | |
|---|-------------|---|---|
| 1 | Mantelblech | 4 | Auftragsschweißung |
| 2 | Stutzen | 5 | Angaben zum Schweißen sind Anhang N zu entnehmen. |
| 3 | Bodenblech | | |

ANMERKUNG Zum Anschweißen von Stutzen kann alternativ eine 3 mm dicke Schicht des Stutzenwerkstoffs abgetragen und durch mindestens zwei Schichten Auftragswerkstoff ersetzt werden.

Bild 22 — Einzelheiten zum Auftragsschweißen bei Stutzen

13.11 Treppen und Laufstege

13.11.1 Treppen und Laufstege müssen EN ISO 14122 sowie den besonderen Anforderungen in 13.11.2 bis 13.11.6, 13.12 und 13.13 entsprechen.

13.11.2 Treppen und Laufstege sind aus Metall herzustellen und müssen eine lichte Weite von mindestens 600 mm aufweisen.

ANMERKUNG 1 Als Empfehlung gilt, dass die Steigung von Treppen 45° nicht überschreiten sollte.

ANMERKUNG 2 Zu Treppen an gedämmten Tanks siehe Anhang Q.

13.11.3 Die Treppenstufen müssen rutschfest sein.

ANMERKUNG 1 Die Stufenhöhe sollte üblicherweise 200 mm und die Tiefe in Stufenmitte mindestens 200 mm betragen. Bei Absätzen oder Plattformen kann die Stufenhöhe innerhalb von ± 5 mm angeglichen werden.

ANMERKUNG 2 Auf mögliche örtliche oder Nationale Vorschriften wird hingewiesen.

13.11.4 Spiraltreppen, bei denen die Stufen direkt oder mittels Zwischenblechen an den Mantel angeschweißt sind, sind nur zulässig, wenn:

- c) die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs höchstens 275 N/mm^2 beträgt; oder
- d) die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs 275 N/mm^2 überschreitet und die Manteldicke höchstens 12,5 mm beträgt.

Falls die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs 275 N/mm^2 und die Wanddicke 12,5 mm überschreitet, müssen Treppen vom Mantel unabhängig abgestützt oder mit waagrecht verlaufenden durchgehenden Schweißnähten am Mantel befestigt werden (siehe 13.15).

13.11.5 Treppen und Laufstege müssen an jedem beliebigen Punkt neben den Windlasten, die bei der Mantelauslegung zugrundegelegt werden, einer überlagerten Last von mindestens $2,4 \text{ kN/m}^2$ und einer Einzellast von 5 kN standhalten.

ANMERKUNG Bei Treppen von mehr als 6 m Höhe sollten ein oder mehrere Absätze vorgesehen werden.

13.11.6 Laufstege von einem Teil des Tanks zu jedem beliebigen Teil eines benachbarten Tanks, vom Tank zum Boden oder zu einem anderen Bauwerk müssen so gestützt werden, dass sich die mit dem Laufsteg verbundenen Bauwerke relativ zueinander bewegen können.

13.12 Geländer

13.12.1 Geländer an Tankdächern, Treppen und Laufstegen müssen aus massiven Stahlstangen oder -profilen bestehen und so ausgelegt sein, dass sie Personen und Gegenstände gegen Herabfallen schützen.

ANMERKUNG Geländer sollten in der Lage sein, einer an einem beliebigen Punkt und in beliebiger Richtung aufgebrachtten Einzellast von 1 kN standzuhalten.

13.12.2 Geländer sind auf beiden Seiten von Laufstegen und Treppen anzubringen; ausgenommen hiervon sind Spiraltreppen, bei denen das innere Geländer entfällt, wenn der Abstand zwischen Tankmantel und Treppeninnenrand 200 mm nicht überschreitet. Bei unterbrochenen Geländern muss jeder mehr als 150 mm breite Abstand zwischen Tank und Plattform bis zum Boden geschlossen werden.

13.12.3 Ist im Falle von Tanks mit einem Durchmesser von mehr als 12,5 m Zugang zu Anbauteilen im Bereich der Dachmitte gefordert, so müssen abgestufte Laufstege mit Geländer vorhanden sein.

13.12.4 An den Verbindungen muss die volle Festigkeit der einzelnen Glieder erhalten bleiben.

13.13 Leitern

Fest montierte Stahlleitern müssen mit Rückenschutz und Zwischenplattformen ausgestattet sein.

ANMERKUNG Auf örtliche oder nationale Vorschriften wird hingewiesen.

13.14 Erdanschlüsse

Alle Tanks müssen mit Erdanschlüssen versehen sein (zu näheren Hinweise siehe EN IEC 62305); Tanks mit einem Durchmesser von höchstens 20 m sollten mit mindestens 2 Erdanschlüssen ausgerüstet sein. Im Falle von Tanks mit einem Durchmesser größer als 20 m sollte der Abstand zwischen den Erdanschlüssen auf Planumhöhe höchstens 30 m betragen. Zu Einzelheiten siehe Bild XX (siehe BS 2654, Bild 27, wobei "brass stub" (Messingstutzen) in "stainless steel" (nichtrostender Stahl) zu ändern ist).

13.15 Permanente Anbauteile

13.15.1 Permanent an Tankmänteln mit einer Wanddicke von mehr als 12,5 mm angeschweißte Anbauteile sind auf ein Mindestmaß zu beschränken und vorzugsweise horizontal anzuschweißen.

ANMERKUNG Falls senkrechte Kehlnähte erforderlich sind, sollten diese unter Berücksichtigung ihrer spannungserhöhenden Wirkung mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden.

13.15.2 Senkrechte Befestigungsnähte von Anbauteilen müssen zu senkrechten Mantelnähten einen Abstand von mindestens 150 mm haben, und waagerechte Befestigungsnähte von Anbauteilen dürfen nicht am oberen Rand von waagerechten Hauptnähten gesetzt werden.

Angeschweißte Bolzen und ähnliche Anbauteile sind an Blechen mit einer Dicke von mehr als 13 mm nicht zulässig.

13.16 Temporäre Anbauteile

Für temporäre Anbauteile gelten in Bezug auf ihre Lage und Ausrichtung, die Schweißung und die Vorgehensweise die gleichen Anforderungen wie für permanente Anbauteile (siehe 13.15), ausgenommen hiervon sind die Anforderungen an die Position von temporär zur Befestigung von Schlüsselschildern verwendeten Anbauteilen.

14 Dämmung

Permanente Anbauteile, die für die Erfüllung der Anforderungen an die Dämmung eines Lagertanks notwendig sind, müssen 13.15 entsprechen.

ANMERKUNG Bei nach dem vorliegenden Dokument ausgelegten Tanks kann eine Dämmung aus verschiedenen Gründen erforderlich sein, z. B. um die Temperatur des Lagerguts konstant zu halten. Obgleich die Auslegung derartiger Dämmungen im vorliegenden Dokument nicht festgelegt ist, sollten die in Anhang Q enthaltenen Empfehlungen berücksichtigt werden.

15 Fertigung von Tankbauteilen im Werk

15.1 Allgemeines

Bei der Entwicklung der für die Fertigung des Tanks anzuwendenden Verfahren muss der Hersteller das Lagergut in Betracht ziehen.

15.2 Anlieferung und Identifizierung der Werkstoffe/Materialien

Die angelieferten Werkstoffe/Materialien und Ausrüstungsteile für die Fertigung eines Tanks müssen den in der Bestellung festgelegten Anforderungen (an Güte, Menge, Maße, Oberflächenbeschaffenheit, Aussehen, Prüfbescheinigungen usw.) entsprechen und für die vorgesehene Verwendung geeignet sein.

Sämtliche Bleche, gewalzten Profile und Schmiedeteile müssen mit den in der Bestellung, mindestens aber mit den in den Produktnormen festgelegten Kennzeichnungen versehen sein. Materialien für den Bau von Leitern, Treppenunterstützungen und ähnlichen Anbauteilen brauchen nicht gekennzeichnet zu sein.

Es ist zu überprüfen, ob die Verpackung der Schweißzusätze in gutem Zustand ist und ob ihre Kennzeichnung den Anforderungen der Bestellung und der Produktnorm entspricht.

15.3 Handhabung und Lagerung der Werkstoffe/Materialien

Bleche aus nichtrostendem Stahl müssen so gelagert und gehandhabt werden, dass eine Verunreinigung der Oberfläche vermieden wird.

Maschinell bearbeitete Teile wie Flansche und bearbeitete Oberflächen müssen während des Transports und der Lagerung gegen Korrosion und mechanische Beschädigung geschützt werden.

Schweißzusätze müssen unter Einhaltung der in der einschlägigen Norm und/oder den Empfehlungen des Lieferanten festgelegten Bedingungen geschützt und gelagert werden. Schweißzusätze, die auf der Baustelle des Tanks verwendet werden sollen, sind in ihrer Originalverpackung zu lagern.

15.4 Materialkennzeichnung

Das Verfahren zur Kennzeichnung von Blechen ist zu vereinbaren (siehe A.2). Vorzugsweise sind für die Kennzeichnung Prägestempel mit gerundeter Kontur und einem Mindestradius von 0,25 mm zu verwenden. Dieses Verfahren eignet sich jedoch nicht für Bleche mit einer Dicke kleiner 6 mm; diese sind stattdessen mit Farbe oder Tinte zu kennzeichnen. Der Hersteller muss sicherstellen, dass die verwendete Farbe oder Tinte mit dem Material und dem Lagergut verträglich ist und keine Oberflächenschäden hervorruft.

Kennzeichnungen an Materialien, die laut Bestellung EN 10204:2004 entsprechend mit einer Prüfbescheinigung 3.1 oder höher zu liefern sind, müssen nach der Errichtung des Tanks sichtbar sein. Wird eine Kennzeichnung bei der Fertigung zerstört, ist mindestens eine Kennzeichnung an eine Stelle zu übertragen, an der sie nach Fertigstellung des Tanks sichtbar ist.

Verstärkungsbleche, Rohre, Flansche und ähnliche Teile aus Werkstoffen nach den Tabellen 5 bis 8, für die die oben angegebenen Prüfbescheinigungen erforderlich sind, sind zu kennzeichnen.

Kennzeichnungen an Materialien, die für die spätere Herstellung des Mantels oder eines anderen tragenden Teils des Tanks verwendet werden, sind vor dem Schneiden auf die verschiedenen Einzelteile zu übertragen. Sofern nicht anders festgelegt, muss die Kennzeichnung an der Tankinnenseite sichtbar sein.

Die Übertragung der Herstellerkennzeichnung darf nur von berechtigten Personen vorgenommen werden.

Kennzeichnungen müssen mindestens bis zur Flüssigkeitsdruckprüfung des Tanks lesbar sein. Falls der Tank lackiert wird, sollten Aufzeichnungen zu den Kennzeichnungen und ihrer Position aufbewahrt werden (z. B. Zeichnungen/Skizzen usw.)

Ist nach der Werkstoffspezifikation eine Markierung oder Kennzeichnung auf dem Blech usw. nicht zulässig, so ist die Kennzeichnung auf einer Zeichnung oder einer entsprechenden Liste zu vermerken.

ANMERKUNG Bei ungeschweißten Bauteilen, die nicht druckbelastet sind, ist keine Materialkennzeichnung erforderlich.

15.5 Vorbereitung von Blechen und zulässige Maßabweichungen

Beim Vorbereiten der Bleche sind die zulässigen Maßabweichungen an die des fertigen Tanks anzupassen (siehe Abschnitt 16).

Bei Blechen für überlappend geschweißte Böden und Dächer müssen die in der Stahlnorm festgelegten üblichen Walztoleranzen und die Anforderungen von 6.1.8 eingehalten werden.

Das Schneidverfahren muss für das jeweilige Material geeignet sein. Mechanisches Schneiden von mehr als 10 mm dicken Blechen ist nur bei entsprechender Vereinbarung (siehe A.2) zulässig.

Bei der Bearbeitung der Kanten ist besonders auf Gleichmäßigkeit und Einhaltung des Winkels der Schweißkante zu achten.

Thermisch geschnittene Kanten müssen frei von Oxid und Zunder sein und vor dem Schweißen gereinigt werden. Sämtliche Blechkanten müssen gerade und frei von Abweichungen über 2 mm sein. Die zulässige Maßabweichung bei Blechlänge und -breite (Höhe des Schusses) beträgt ± 2 mm. Schleifen ist, falls erforderlich, zulässig.

Die Bleche, aus denen der Mantel errichtet wird, müssen rechtwinklig sein, und die Längen der Diagonalen dürfen um nicht mehr als 3 mm oder den in der Stahlnorm festgelegten Wert voneinander abweichen, falls dieser die strengere Anforderung darstellt.

Die Anordnung der Mantelbleche muss 9.4 entsprechen.

Ausschnitte für Öffnungen und Stutzen sind durch mechanische Bearbeitung oder durch thermisches Schneiden herzustellen und anschließend zu glätten. Scharfe Kanten sind zu vermeiden. Sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2), muss der Abstand zwischen Öffnung und nächster Blechkante 13.7.2 entsprechen.

Für die Mindestumfangsmaße eines Mantelblechs wird auf 9.1.8 und Bild 6 verwiesen.

15.6 Vorbereitung von Stutzenbauteilen

Stutzenbauteile (Rohre, Flansche usw.) sind durch maschinelle Bearbeitung, mechanisches oder thermisches Schneiden vorzubereiten. Thermisches Schneiden ist nur bei Rohrenden zulässig, die anschließend nicht geschweißt werden müssen, sofern nichts anderes vereinbart wurde (siehe A.2).

15.7 Umformen von Blechen und zulässige Maßabweichungen

Mantelbleche sollten unabhängig vom Durchmesser des Tanks auf den Radius des Tanks gewalzt werden. Auf Vereinbarung ist in Abhängigkeit vom Tankdurchmesser und der Blechdicke unter Umständen kein Umformen der Bleche erforderlich (siehe A.2).

Falls erforderlich, müssen die Enden der Mantelbleche vor dem Umformen vorgedrückt werden.

Nach dem Umformen müssen die Bleche auf Geometrie- und Oberflächenfehler untersucht werden.

Durch den Umformungsprozess bedingte, örtliche begrenzte Dickenunterschreitung ist zulässig, wenn die verbleibende Dicke über eine Fläche von $6e \times 6e$ mindestens 95 % der nach 9.2, ermittelten Dicke beträgt.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind zu treffen, um beim Umformen von Blechen aus nichtrostenden Stählen Verunreinigungen der Oberflächen zu vermeiden.

15.8 Öffnungen

15.8.1 Stutzen

Abhängig von ihrer Lage sind zwei Arten von Stutzen zu betrachten (siehe Abschnitt 13):

- Stutzen im Tankdach;
- Stutzen an beliebiger Stelle im Tankmantel oder -boden.

Flansche sind aus Schmiedestücken oder Blechen zu fertigen. Falls Bleche verwendet werden, müssen diese garantiert frei von Dopplungen sein.

Die Schweißnahtvorbereitung für Stumpfnähte muss so erfolgen, dass ein vollständiges Durchschweißen sichergestellt wird; die Nahtvorbereitung muss überprüft werden.

Die Schraubenlöcher an allen Flanschen dürfen nicht auf der senkrechten oder waagerechten Achse liegen (siehe 13.8).

Bei Stutzen, für die nach Tabelle 28 eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen erforderlich ist, muss der Hersteller die entsprechenden Maßnahmen treffen.

Die Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist nach 18.10 durchzuführen.

15.8.2 Sichtfenster

Beim Anschweißen des Fensterrahmens an den Tank ist so vorzugehen, dass die Verformung der maschinell bearbeiteten Flächen für die Aufnahme des Sichtfensters auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt.

15.8.3 Stutzen für Rührwerke

Die Art des Zusammenbaus, die Güte der Schweißnähte und ihre Herstellung sind so zu wählen, dass Spannungskonzentrationen oder Rissbildung vermieden werden.

15.8.4 Reinigungsöffnungen

Der Hersteller muss Vorkehrungen für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen nach 18.10 treffen.

Teile für die Reinigungsöffnung, die an den Mantel angeschweißt werden, sind so vorzubereiten, dass vollständiges Durchschweißen möglich ist, und wie bei Rührwerken sind die Art des Zusammenbaus, die Güte der Schweißnähte und ihre Geometrie so zu wählen, dass Spannungskonzentrationen oder Rissbildung vermieden werden.

15.8.5 Verstärkungsbleche

Stutzenverstärkungsbleche (siehe Bild 11) müssen dieselbe Werkstoffgüte aufweisen wie die Mantelbleche (siehe 6.1.7.2), an denen der Stutzen angebracht wird.

Verstärkungsbleche sind so zu formen, dass sie im Einbauzustand dieselbe Krümmung aufweisen wie das Mantelschussblech, an das sie geschweißt werden.

Alle Stutzenverstärkungsbleche müssen mindestens eine Gewindebohrung für Prüfzwecke aufweisen (siehe 19.8.1).

15.8.6 Einschweißbleche

Stutzeneinschweißbleche (siehe Bild 10) müssen dieselbe Werkstoffgüte aufweisen wie die Mantelbleche (siehe 6.1.7.2), an denen der Stutzen angebracht wird.

Die Ränder der Einschweißbleche müssen am Übergang zu den Tankmantelblechen im Verhältnis 1 : 4 abgeschrägt werden.

15.9 Schweißen

Alle Schweißarbeiten an werksgefertigten Bauteilen sind nach geeigneten zulässigen Schweißverfahren von entsprechend geprüften Schweißern, wie in Abschnitt 17 festgelegt, durchzuführen. Alle Schweißarbeiten an werksgefertigten Bauteilen sind nach Abschnitt 18 durchzuführen.

Temporäre Schweißnähte für die Montage vorgefertigter Teile sind durch Schleifen, Spanen oder Fugen so abzutragen, dass kein hervorstehendes Schweißgut auf der Oberfläche zurückbleibt. Bei Kohlenstoffstählen mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$ sind diese Stellen nach Tabelle 29 auf Risse zu untersuchen.

Aufsteckflansche müssen beidseitig geschweißt werden.

Alle Vorschweißflansche müssen stumpf- und voll durchgeschweißt werden.

Bei Stutzen, die aus mehr als 20 mm dicken Blechen geformt wurden, die nicht der Z-Güte (über die gesamte Dicke Zuggeprüft) entsprechen, muss an der Mantelseite des Schweißnahtbereichs eine zusätzliche Lage Schweißwerkstoff aufgetragen werden (siehe 13.7.3 und Bild 18).

Der Mindestabstand zwischen Stutzennähten und der nächstliegenden Kante eines Bleches muss 13.7.2 entsprechen.

Der Hersteller muss Vorkehrungen für eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen in Übereinstimmung mit 18.10 treffen, wenn dies gefordert wird.

15.10 Oberflächenzustand

Sämtliche Schweißnähte sind zu reinigen und zu bürsten, und Schlackenspuren sind zu entfernen.

Für die Fertigung von Tanks aus nichtrostenden Stählen ist eine geeignete Ausrüstung zu verwenden.

Schweißnähte an Blechen aus nichtrostenden Stählen müssen passiviert werden, und alle Rostspuren sind zu entfernen.

Sämtliche Oberflächen müssen die Anforderungen von Anhang R erfüllen.

15.11 Kennzeichnung für die Errichtung

Sämtliche Bleche, vorgefertigten Teile und Zubehör sind zur Identifizierung mit Farbe, Tinte oder Etiketten in geeigneter Weise zu kennzeichnen.

Werden mehrere identische Teile zusammen ausgeliefert, ist mindestens ein Teil so zu kennzeichnen, dass Montagefehler vermieden werden.

Kennzeichnungen sind auf einer Zeichnung einzutragen, um die Montage am Standort zu erleichtern.

15.12 Verpackung, Handhabung und Transport zur Baustelle

Die Verpackung muss so beschaffen sein, dass eine Beschädigung der Bauteile beim Transport vermieden wird.

Bleche sind, falls erforderlich, so auf geeigneten Unterlagen zu lagern, dass bleibende Verformungen ausgeschlossen werden.

Bei der Handhabung von Blechen muss der Hersteller Hebezeuge einsetzen, die vollständig sicheres Arbeiten ohne Beschädigung der Teile ermöglichen. Bei Verwendung von Greifern mit automatischen Klemmvorrichtungen dürfen keine unzulässigen Beschädigungen an den Blechen entstehen.

Bei der Handhabung von Blechen aus nichtrostenden Stählen sind Ausrüstungen mit geeignetem Schutz zu verwenden.

Unterlegblöcke, Unterlegscheiben usw. für Bleche aus nichtrostendem Stahl und vorgestrichene Bleche müssen aus geeigneten Werkstoffen hergestellt werden, und der Hersteller muss die Einhaltung entsprechender Schutzmaßnahmen sicherstellen.

Maschinell bearbeitete Oberflächen sind gegen Korrosion und mechanische Beschädigungen zu schützen.

ANMERKUNG 1 Kleine Teile mit endbearbeiteten Oberflächen, wie z. B. Flansche, sollten in Kisten oder auf Paletten transportiert werden.

ANMERKUNG 2 Größere Teile dürfen unverpackt transportiert werden, sofern ihre bearbeiteten Flächen entsprechend geschützt sind.

Flachdichtungen müssen gegen Beschädigung bei Transport und Lagerung geschützt werden.

Schweißzusätze müssen in ihren Originalverpackungen geliefert werden, in denen sie bei Transport und Lagerung gegen Beschädigung und Aufnahme von Feuchtigkeit geschützt sind.

16 Errichtung am Standort und zulässige Maßabweichungen

16.1 Allgemeines

16.1.1 Alle für die Errichtung des Tanks erforderlichen Informationen müssen zur Verfügung gestellt werden. Diese müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Montagespezifikation mit Angabe der Reihenfolge;
- Ausführungszeichnungen;
- Identifikationspläne wie nach 15.11 gefordert;
- geforderte Ausführungstoleranzen;
- detaillierte Beschreibung der Schweißverfahren;
- Dokumentation über bereits durchgeführte Untersuchungen und Inspektionen;
- Werkstoffprüfbescheinigungen; und
- Spezifikationen zu Oberflächenbeschaffenheit, Dämmung und Anstrich, falls zutreffend.

16.1.2 Alle auf der Baustelle angelieferten Teile müssen überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie der Spezifikation entsprechen und während des Transports nicht beschädigt wurden.

16.1.3 Das Montageverfahren darf keine Beeinträchtigungen oder bleibende Verformungen verursachen, die mit der üblichen mechanischen Belastung nicht vereinbar sind bzw. zu einer Überschreitung der für den fertigen Tank im leeren oder gefüllten Zustand festgelegten zulässigen Abweichungen führen.

16.1.4 Schwimmdecken oder Schwimmdächer müssen, sofern festgelegt, in Übereinstimmung mit C.4 oder D.6 eingebaut und montiert werden.

16.1.5 Falls gefordert, müssen die bei der Montage des Tanks anzuwendenden Verfahren festgelegt werden; dazu gehören auch Verfahren, um Bleche in der richtigen Lage für das Schweißen zu halten, die Montage- und Schweißreihenfolge, Schweißzugänglichkeit und Verfahren, um Windschäden bei der Errichtung zu vermeiden (siehe A.3).

16.2 Gründungen

16.2.1 Allgemeines

Auslegung und Ausführung der Tankgründungen sind für die Integrität eines Tanks von wesentlicher Bedeutung, aber nicht Bestandteil des vorliegenden Dokuments (siehe Anhang I). Vor der Errichtung des Tanks muss sichergestellt werden, dass Lage, Höhe, Form, Geometrie, Ebenheit oder Neigung, Oberflächenbeschaffenheit und Sauberkeit der Gründung 16.2.2 und 16.2.3 entsprechen.

16.2.2 Zulässige Abweichungen am Rand

Die Ausgangshöhe für die Gründung und die zulässigen Abweichungen müssen festgelegt werden (siehe A.1).

16.2.2.1 Für Tankgründungen mit Fußplatten gilt Folgendes:

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten über den Umfang der Gründung darf 26 mm nicht überschreiten.

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen 3 m voneinander entfernten Punkten am Rand des Tanks darf 6 mm nicht überschreiten.

Die zulässige Abweichung der Schrägstellung oder Neigung der Gründung darf nur so groß sein, dass die zulässigen Abweichungen hinsichtlich der senkrechten Stellung des fertigen Tanks eingehalten werden können.

Diese zulässigen Abweichungen gelten auch vor der Flüssigkeitsdruckprüfung.

Nach der Flüssigkeitsdruckprüfung dürfen die oben stehenden zulässigen Abweichungen auf folgende Werte erhöht werden:

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten über den Umfang der Gründung darf 29 mm nicht überschreiten.

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen 3 m voneinander entfernten Punkten am Rand des Tanks darf 7 mm nicht überschreiten.

Überschreitet der gemessene Höhenunterschied diese zulässigen Abweichungen, so sollte der Tank aufgebockt und dafür gesorgt werden, dass die Gründung die ursprünglichen zulässigen Abweichungen wieder einhält.

16.2.2.2 Für Gründungen aus Betonringankern gilt Folgendes:

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten über den Umfang der Gründung darf 12 mm nicht überschreiten.

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen 9 m voneinander entfernten Punkten am Rand des Tanks darf 6 mm nicht überschreiten.

Diese zulässigen Abweichungen gelten auch vor der Flüssigkeitsdruckprüfung.

Nach der Flüssigkeitsdruckprüfung dürfen die oben stehenden zulässigen Abweichungen auf folgende Werte erhöht werden:

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten über den Umfang der Gründung darf 14 mm nicht überschreiten.

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen 9 m voneinander entfernten Punkten am Rand des Tanks darf 7 mm nicht überschreiten.

Überschreitet der gemessene Höhenunterschied diese zulässigen Abweichungen, so sollte der Tank aufgebockt und dafür gesorgt werden, dass die Gründung die ursprünglichen zulässigen Abweichungen wieder einhält.

16.2.2.3 Für Betonplattengründungen gilt Folgendes:

Die ersten 0,3 m der Gründung oder die Weite des Bodenrandes, je nachdem, welcher Wert bei der radial von der Tankaußenseite zum Mittelpunkt erfolgenden Messung der größere ist, müssen/muss die in 16.2.2.2 festgelegten zulässigen Abweichungen (die gleich den für die Ringankergründung geltenden zulässigen Abweichungen sind) einhalten. Die übrigen Teile der Gründung müssen die in der Auslegung festgelegte Form mit einer Abweichung von höchstens ± 13 mm einhalten.

16.2.3 Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche

Für die Oberfläche mit Ausnahme des Bereichs unter dem Tankmantel und des für die Plattengründung festgelegten Bereichs (siehe 16.2.2.3) gelten folgende Abweichungen als zulässig:

- a) der Durchhang der fertigen Oberfläche darf bei der Messung mit einer 3 m langen Messlatte 10 mm nicht überschreiten;
- b) die Differenz zwischen der nach der Auslegung vorgesehenen und der fertigen Ebene darf die
- in Tabelle 23 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 23 — Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche

Tankdurchmesser D m	Zulässige Abweichungen Mm
$D \leq 10$	10
$10 < D \leq 50$	$D/1\ 000$
$50 < D$	50

Diese zulässigen Abweichungen gelten auch vor der Flüssigkeitsdruckprüfung.

Nach der Flüssigkeitsdruckprüfung müssen die oben stehenden zulässigen Abweichungen ebenfalls eingehalten werden.

16.3 Verankerungen

Ist der Tank in der Gründung zu verankern, müssen genaue Angaben des Verankerungssystems nach Anhang M zur Verfügung gestellt werden, um sicherzustellen, dass bei der Auslegung der Gründung die erforderlichen Verankerungen vorgesehen und die damit verbundenen Lasten berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 12).

Bei der Übernahme der Gründung müssen Lage und Maße der Ankerschrauben oder -bänder überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie mit den Zeichnungen übereinstimmen.

Der Errichter/Hersteller trägt die Verantwortung für das Einsetzen der Ankerstäbe; um etwaige Schäden zu vermeiden, hat dies vorzugsweise nach der Errichtung des Tanks zu erfolgen. Sind die Verankerungen jedoch in die Gründung eingegossen, so muss der Errichter/Hersteller sorgfältig darauf achten, dass die Verankerungen während der Errichtung des Tanks nicht beschädigt werden.

Die Verankerungen dürfen die relative Bewegung aufgrund der Ausdehnung des Tanks nicht behindern.

Die Gewinde der Ankerstäbe müssen geschützt werden, bis nach dem Befüllen mit Wasser und dem Setzen des Tanks die Muttern handfest angezogen werden. Schweißarbeiten an Ankerstäben sind nicht zulässig, sofern nichts anderes vereinbart wurde (siehe A.3).

Ankerbänder müssen nach dem Befüllen des Tanks mit Wasser und nach dem Setzen des Tanks verschweißt werden, sofern sie keine Vorrichtungen zum Nachspannen aufweisen.

16.4 Handhabung und Lagerung

Bezüglich Handhabung und Lagerung gelten die in 15.3 und 15.12 festgelegten Anforderungen.

Hebe- und Handhabungsvorgänge dürfen zu keiner bleibenden Verformung führen.

ANMERKUNG Bei der Handhabung sollten die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen im Fall starker Winde getroffen werden.

Nach Anlieferung auf der Baustelle müssen die Bleche gegen Korrosion und Beschädigung geschützt gelagert werden.

Durch geeignete Maßnahmen ist eine Verunreinigung von Blechen aus nichtrostenden Stählen durch Kohlenstoffstähle zu verhindern.

Kleine Ausrüstungsteile, Anbauteile und Schweißzusätze sind gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

16.5 Maßnahmen bei Transport- und Handhabungsschäden

Alle während des Transports oder der Handhabung beschädigten Teile sind einer gründlichen Untersuchung zu unterziehen.

Ein Reparaturverfahren ist zu vereinbaren (siehe A.2).

16.6 Bodenbleche

Bodenbleche müssen so auf die Gründung aufgelegt werden, dass die fertige Oberfläche der Gründung nicht beschädigt wird.

Ein Schutz an der Unterseite der Bodenbleche muss den geltenden Festlegungen entsprechen (siehe A.1).

Bei kehlnahtverschweißten Bodenblechen darf die Überlappung nicht kleiner sein, als in 8.4.1 festgelegt. Überlappungen mit drei Blechen müssen einen Abstand von mindestens 300 mm zu jeder anderen gleichartigen Überlappung oder zur Innenseite des Mantelschusses haben. Bei den übrigen Bodenblechen müssen die Überlappungen den Angaben in der Zeichnung und der Kennzeichnung der Bleche entsprechen.

Durch Überprüfen ist sicherzustellen, dass die Überlappung von Bodenblechen bis zum Rand und Bodenrandblechen ≥ 60 mm ist.

Durch Überprüfen ist sicherzustellen, dass die Überlappung der Bleche mindestens das Fünffache der Blechdicke beträgt.

Sind für den Boden Stumpfschweißverbindungen festgelegt, so müssen die Bleche so angeordnet und geschweißt werden, dass die für die fertige Schweißverbindung festgelegten zulässigen Abweichungen eingehalten werden.

Örtlich begrenztes Abheben der Bodenbleche von der Gründungsoberfläche innerhalb des Tanks ist durch kontrollierte Schweißfolge auf ein Mindestmaß zu begrenzen; in jedem Fall darf das Abheben nicht mehr als 0,25 % des Tankdurchmessers und höchstens 100 mm betragen, und es ist bei Umgebungstemperatur ohne Sonneneinwirkung zu messen.

Örtliches Abheben/Wölben des äußeren Bodenbereichs darf 40 mm nicht überschreiten.

Wenn ein Bodenrand erforderlich ist, sind die Bodenrandbleche stumpf aneinander zu fügen und voll durchzuschweißen, bevor die angrenzenden Bodenbleche und/oder die Bodenbleche bis zum Rand angeschweißt werden.

16.7 Mantel-Boden-Verbindung und Mantel

16.7.1 Zulässige Abweichungen für die Montage des untersten Mantelschusses an den Tankboden

Falls Bodenrandbleche festgelegt sind, muss das Anschweißen der Mantelbleche an die Bodenrandbleche abgeschlossen sein, bevor die Bodenbleche bis zum Rand mit den Bodenrandblechen verschweißt werden.

Falls Bodenrandbleche festgelegt sind, sind alle Stumpfnähte der Bodenrandbleche zu schweißen und zu prüfen, bevor der Mantel mit den Bodenrandblechen verschweißt wird.

Sind keine Bodenrandbleche festgelegt, so müssen zuerst alle Schweißarbeiten an den Bodenblechen bis zum Rand abgeschlossen sein, bevor die Mantelbleche mit den Bodenblechen verschweißt werden.

Der Errichter muss sicherstellen, dass bei den angewendeten Montageverfahren die im vorliegenden Dokument festgelegten zulässigen Abweichungen eingehalten werden.

Der maximale Spalt zwischen unterem Mantelschuss und Bodenrand oder den Bodenblechen darf nach der Montage 3 mm nicht überschreiten.

Nach Montage und Anschweißen des ersten Mantelschusses an den Boden ist:

- e) der Mittelpunkt durch drei um jeweils 120° versetzte Messungen des Durchmessers zu bestimmen;
- f) der Innenradius des Mantels in einer Höhe von 200 mm über dem Boden waagrecht zu messen, wobei die gemessenen Werte innerhalb der in Tabelle 24 angegebenen zulässigen Abweichungen liegen müssen.

Tabelle 24 — Zulässige Abweichungen des Tankinnenradius

Radius R m	Zulässige Abweichung mm	Messpunkte Mindestanzahl
$R \leq 5$	± 5	6
$5 < R \leq 20$	$\pm 0,1$ % des Radius	8
$20 < R$	± 20	an jedem Blech
ANMERKUNG Messungen sollten nicht an Anbauteilen oder Öffnungen durchgeführt werden.		

Der Abstand zwischen der Außenseite des Mantels (bodenseitig) und der Außenkante von Bodenrand- oder Bodenblech muss dem in 8.3.4 angegebenen Wert entsprechen.

16.7.2 Zulässige Abweichungen von der Mantelgeometrie

Örtliche Verformungen des Mantelblechs in senkrechter Richtung sind mit einem 1 m langen Lineal und in waagerechter Richtung mit einer 1 m langen Schablone nach dem Auslegungsradius des Tanks zu ermitteln.

Die maximale Abweichung zwischen dem Auslegungsprofil und dem Profil des fertiggestellten Tanks muss den in Tabelle 25 angegebenen Werten entsprechen.

Tabelle 25 — Maximale Abweichungen zwischen Auslegungsprofil und Profil des fertigen Tanks

Blechdicke E Mm	Abweichung mm
$e \leq 12,5$	16
$12,5 < e \leq 25$	13
$25 < e$	10

16.7.3 Zulässige Abweichungen von der Lotrechten

Die maximale Abweichung der Oberkante des Mantels von der Lotrechten relativ zum Boden des Tanks darf $1/200$ der Gesamthöhe oder 50 mm, je nachdem, welcher Wert geringer ist, nicht überschreiten. Die zulässige Abweichung von $1/200$ muss für die einzelnen Mantelschusshöhen gelten.

Jede Setzung des Tanks während der Errichtung ist aufzuzeichnen. Bei uneinheitlicher Setzung über die in 16.2 angegebenen Werte hinaus sind Reparaturen an der Gründung vorzunehmen.

16.7.4 Kantenversatz bei Mantelblechen

16.7.4.1 Senkrechte Verbindungen

Der Kantenversatz bei Mantelblechen an senkrechten Verbindungen darf die in Tabelle 26 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 26 — Kantenversatz bei senkrechten Verbindungen

Mantelblechdicke <i>e</i> mm	Kantenversatz Mm
$e \leq 8$	18 % von <i>e</i>
$8 < e \leq 15$	1,5
$15 < e \leq 30$	10 % von <i>e</i>
$30 < e$	3

16.7.4.2 Waagerechte Verbindungen

Ist in der Zeichnung eine Flucht zwischen den neutralen Achsen der Bleche festgelegt, so darf der Versatz zwischen den neutralen Achsen 20 % der Dicke des oberen Blechs, höchstens jedoch 3 mm, nicht überschreiten.

In allen Fällen muss der Innendurchmesser des oberen Schusses größer oder gleich dem Innendurchmesser des unteren Schusses sein.

Ist in der Zeichnung eine Flucht an der Innenseite der Mantelbleche festgelegt, so darf der Oberflächenversatz 20 % der Dicke des oberen Blechs, höchstens jedoch 3 mm, nicht überschreiten.

16.7.5 Zulässige Abweichungen der Form von Schweißverbindungen

Die Konturen von Schweißverbindungen sind mit einer Schablone zu überprüfen.

Waagerechte Verbindungen sind mit einem 1 m langen Lineal mit einem Ausschnitt für die Naht auf örtliche Formabweichungen zu überprüfen.

Senkrechte Verbindungen sind mit einer 1 m langen Schablone in Form der Auslegungskontur des Tanks mit einem Ausschnitt für die Naht auf örtliche Formabweichungen zu überprüfen.

Die Abweichungen der tatsächlichen Kontur von der Auslegungskontur dürfen die in Tabelle 27 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 27 — Zulässige Abweichungen der Form von Schweißverbindungen

Blechdicke <i>E</i> Mm	Zulässige Abweichung mm
$e \leq 12,5$	10
$12,5 < e \leq 25$	8
$25 < e$	6

16.7.6 Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände)

Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände) sind nach 9.3.1.11 am Mantel anzuschweißen.

Die Bauteile der Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände) sind zusammenzusetzen und mit durchgeschweißten Stumpfnähten zu verbinden.

Werden Verstärkungsbleche oder zusätzliche Glieder zur Verstärkung von Ausschnitten verwendet (siehe Bild 7), so sind diese mit nicht unterbrochenen Nähten an den Ecken und entlang jeder Seite anzuschweißen.

Diese Bauteile sind am Mantel so anzuordnen, dass keine Wasseransammlungen auftreten können.

16.8 Festdächer

16.8.1 Allgemeines

Hilfsstützen, Hebeösen und Knaggen, die am Tankscheitel oder am Dach befestigt und für den Einbau des Daches verwendet werden, dürfen keine Beschädigungen oder bleibenden Verformungen hervorrufen.

Unabhängig vom einzubauenden Dachtyp muss die Standsicherheit durch das Ausführungsverfahren während der Errichtung stets sichergestellt sein.

16.8.2 Gespärre

Bei Dächern mit Gespärre sind alle erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um das Verwinden der Träger und das Verdrehen des gesamten Tragwerks durch Verwendung von Drehsicherungen zu verhindern.

Schweißarbeiten am Gespärre, falls gefordert, müssen von geprüften Schweißern ausgeführt werden.

Bei Schraubverbindungen müssen die verschraubten Flächen glatt und sauber sein. Das Anziehen der Schrauben ist sorgfältig zu überwachen.

16.8.3 Dachbleche

Bei der Montage von überlappend verschweißten Dachblechen müssen die Schweißflächen gereinigt werden, um Rost und Farbe vollständig zu entfernen; ausgenommen hiervon sind vorgestrichene Bleche, bei denen der Schutzüberzug bei der Schweißverfahrensprüfung berücksichtigt wurde.

Um das Eindringen von Kondenswasser zu verhindern, ist, sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe A.1), das untere Blech auf das obere Blech überlappend zu verlegen.

Beim Einbau der Bleche ist auf eine gleichmäßige Gewichtsverteilung zu achten, um ein Ungleichgewicht des Daches zu vermeiden. Die Hilfsstützen dürfen erst nach Abschluss der Montage entfernt werden.

Bei stumpfverschweißten Dachblechen müssen die Kanten entsprechend dem anzuwendenden Schweißverfahren vorbereitet werden.

Die in Bild 8 dargestellten Dach- und Mantelbleche im druckbeanspruchten Bereich müssen stumpfgeschweißt sein und sind in gleicher Weise zu untersuchen wie die Mantelnähte. Bei den Schweißnähten zur Verbindung des vertikalen Teils mit dem Dachteil dieser Verbindung handelt es sich um Ecknähte, die, sofern angemessen, als Kehlnähte ausgeführt werden dürfen.

16.8.4 Dachhaut und Gespärre

Die Dachhaut darf nicht mit dem Gespärre verschweißt werden (siehe 10.3.2), sofern dies nicht festgelegt wird (siehe A.1).

16.8.5 Dächer mit Reißnaht

Für den Fall, dass ein Festdach mit Reißnaht gefordert ist, gilt Anhang K.

16.9 Stutzen

Ausschnitte für Stutzen im Mantel sind mit maschinellen oder thermischen Trennverfahren zu schneiden. Beim thermischen Schneiden sind die Kanten nachzuschleifen.

Der Wurzelspalt zwischen Stutzen und Ausschnitttrand muss dem angewendeten Schweißverfahren entsprechen.

Alle Verstärkungsbleche müssen mindestens eine Gewindebohrung für Prüfzwecke aufweisen.

16.10 Anbauteile an der Tankaußenseite

Treppen, Leitern und Laufstege an Tanks müssen 13.11 entsprechen.

Alle Kehlnähte müssen als nicht unterbrochene Nähte geschweißt werden, um korrosionsanfällige Bereiche zu vermeiden.

Die freie Beweglichkeit von Verbindungslaufstegen muss während der Errichtung sichergestellt werden (siehe 13.11.6).

16.11 Anbauteile im Tankinnern

Alle innenliegenden Anbauteile müssen mit dem Lagergut verträglich und so ausgelegt und ausgeführt sein, dass eine Beeinträchtigung des Lagerguts vermieden wird.

Wenn Verstärkungsbleche am Boden angebracht werden, sind sie mit nicht unterbrochenen Kehlnähten an den Bodenblechen anzuschweißen.

16.12 Temporäre Anbauteile

16.12.1 Falls dies als notwendig erachtet wird, sind temporäre Zugangsmöglichkeiten einzurichten.

Die Anzahl der Montageösen ist auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Temporäre Anbauteile sind in Übereinstimmung mit 18.7 anzuschweißen.

16.12.2 Beim Entfernen von temporären Anbauteilen vom Mantelblech muss entweder ein Rest des betreffenden Teils mit einem Überstand von 3 mm bis 6 mm über der Oberfläche des Blechs stengelassen oder die Befestigungsnaht ohne Beschädigung des Mantelblechs bündig geschliffen werden, wobei sicherzustellen ist, dass keine Einbrandkerben auf der Oberfläche des Mantelblechs entstehen, und die Blechoberfläche ist einer Sichtprüfung sowie entweder der Magnetpulverprüfung (siehe 19.6) oder der Eindringprüfung (siehe 19.5) zu unterziehen.

ANMERKUNG 1 Falls Einbrandkerben entstanden sind, sollten EN 10163-3 Hinweise zu möglichen Reparaturmaßnahmen entnommen werden.

17 Zulassung von Schweißverfahren und Schweißern

17.1 Allgemeines

Alle Schweißverfahren, einschließlich Reparatur, Heft- und Hilfsschweißungen, und alle Schweißer müssen zugelassen sein; dazu sind geeignete Prüfstücke nach 17.2 bis 17.5 anzufertigen und zu prüfen.

Bei Blechen mit einem voraufgebrachten Schutzanstrich, der vor dem Schweißen nicht entfernt zu werden braucht, ist die Schweißverfahrensprüfung an Blechen mit diesem Anstrich durchzuführen.

Die folgenden Begriffe sind in Übereinstimmung mit EN ISO 15607:2003, Abschnitt 3 zu verwenden:

- vorläufige Schweißanweisung (en: preliminary welding procedure specification, pWPS);
- Schweißanweisung (en: welding procedure specification, WPS); und
- Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (en: welding procedure approval record, WPAR).

17.2 Schweißverfahrensprüfung

17.2.1 Allgemeines

Falls vom Besteller gefordert, müssen Hersteller und/oder Errichter sämtliche Schweißanweisungen und Berichte über die Anerkennung der Schweißverfahren zur Genehmigung vorlegen.

Vor Durchführung der Verfahrensprüfungen müssen Hersteller und/oder Errichter eine vorläufige Schweißanweisung (pWPS) nach EN ISO 15609-1 erstellen.

Art und Maße der Prüfstücke für die Verfahrensprüfung müssen EN ISO 15614-1:2017, Abschnitt 6 entsprechen.

17.2.2 Schweißen der Prüfstücke

Die Prüfstücke sind nach EN ISO 15614-1:2017, 6.3 zu schweißen.

17.2.3 Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke

17.2.3.1 Hinsichtlich des Prüfumfangs, des Prüfbereichs und der an den Prüfstücken durchzuführenden zerstörungsfreien Prüfungen gilt EN ISO 15614-1:2017, 7.1 bis 7.3.

17.2.3.2 Die zerstörenden Prüfungen sind nach EN ISO 15614-1:2017, 7.4 unter folgenden Bedingungen durchzuführen:

- a) Beim Zugversuch für die Schweißverbindung muss das Versagen im Bereich des Grundwerkstoffes (Blech) erfolgen;
- b) bei nichtrostenden Stählen sind Kerbschlagbiegeversuche nicht erforderlich;
- c) bei unlegierten Stählen sind Kerbschlagbiegeversuche bei den nach 6.1.6 ermittelten Temperaturen durchzuführen.

17.2.3.3 Es sind je drei Prüfstücke aus der Naht und aus der Wärmeeinflusszone zu entnehmen. Die Mindestwerte der Kerbschlagarbeit müssen im Mittel 27 J betragen mit nur einem Wert unter 27 J, dieser darf jedoch nicht kleiner als 19 J sein.

17.2.3.4 Falls festgelegt (abhängig vom Lagergut), muss die Härte in der Naht und der Wärmeeinflusszone bei einem nach 17.3.1 gefertigten Prüfstück aus unlegiertem Stahl < 350 HV 10 sein (siehe EN ISO 6507).

17.3 Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (WPAR)

17.3.1 Ausstellung

Der Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (WPAR) ist nach EN ISO 15614-1:2017, Abschnitt 9 auszustellen.

ANMERKUNG Auf Vereinbarung (A.2) dürfen jedoch auch bestehende WPAR akzeptiert werden, sofern sie nach EN ISO 15614-1 oder einer anderen Norm anerkannt wurden und ihr Umfang 17.2, 17.3 und 17.4 des vorliegenden Dokuments entspricht.

17.3.2 Geltungsbereich

Der Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren muss für den in EN ISO 15614-1:2017, Abschnitt 8 festgelegten Bereich gelten.

Ein Prüfstück ist für die Schweißnaht zwischen dem ersten Mantelschuss und dem Bodenblech anzufertigen; dieses gilt für folgenden Bereich:

0,8 e bis 1,1 e (22)

Dabei ist

e die Wanddicke des Mantelblechs.

17.4 Prüfung von Schweißern und Benutzern von Schweißeinrichtungen

Die Prüfung von Schweißern muss nach EN ISO 9606-1 erfolgen.

Die Prüfung von Benutzern von Schweißeinrichtungen muss nach EN ISO 14732 erfolgen.

17.5 Arbeitsproben für die Produktionskontrolle

17.5.1 Horizontale Schweißnähte

Arbeitsproben sind nicht erforderlich.

17.5.2 Vertikale Schweißnähte

17.5.2.1 Werden vertikale Nähte mit einem automatischen oder halbautomatischen Verfahren geschweißt und überschreitet die Blechdicke 13 mm, so ist je Tank eine Arbeitsprobe zu fertigen.

Diese Arbeitsprobe ist beim Schweißen des unteren Mantelschusses V1 anzufertigen und muss mindestens die in Bild 1 von EN ISO 15614-1:2017 angegebenen Maße haben.

Ist es aufgrund des Errichtungsverfahrens nicht möglich, die Arbeitsprobe am Ende einer vertikalen Naht anzuordnen, so ist sie an einer nahe gelegenen Schelle zu schweißen.

17.5.2.2 Folgende Prüfungen sind an jeder Arbeitsprobe durchzuführen:

- zerstörungsfreie Prüfung zur Feststellung innerer Schweißnahtfehler (siehe EN ISO 15614-1:2017, 7.1); und
- die mechanischen Probekörper müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 15614-1:2017, 7.2, Bild 5 und 17.2.3 des vorliegenden Dokuments aus einem schweißfehlerfreien Bereich entnommen werden, und es müssen die in der Schweißanweisung festgelegten Werte erhalten werden.

18 Schweißen

18.1 Allgemeines

Alle Schweißarbeiten, einschließlich Reparatur-, Heft- und Hilfsschweißungen, müssen von zugelassenen Schweißern nach zugelassenen Schweißverfahren ausgeführt werden.

Zusätzlich zu den in Abschnitt 17 festgelegten Anforderungen sind hinsichtlich des Schweißens folgende Regeln zu beachten, die unter den besonderen Bedingungen der Standortfertigung von Lagertanks eingehalten werden müssen.

Die zu schweißenden Bereiche müssen sauber und frei von Fett, Farbe (ausgenommen schweißbare Grundierungen), Verzunderung usw. sein.

Schweißnähte sind täglich nach Fertigstellung mit der Identifizierungsnummer des Schweißers zu kennzeichnen. Diese Angabe ist auch in den Hauptschweißplan einzutragen.

18.2 Reihenfolge der Schweißarbeiten

Der Errichter muss durch geeignete Montageverfahren und eine entsprechende Reihenfolge der Schweißarbeiten sicherstellen, dass Formänderung und Schrumpfung auf ein Mindestmaß begrenzt werden.

18.3 Schweißen von Tankböden

18.3.1 Entfernen von Beschichtungen

Ist die Unterseite der Bodenbleche mit einer Beschichtung versehen, so ist diese vor dem Schweißen im Bereich der überlappenden Verbindungen zu entfernen.

18.3.2 Bodenrandbleche

Alle Verbindungen müssen aus durchgeschweißten Stumpfnähten bestehen (siehe 8.2.3).

Falls Schweißbadsicherungen verwendet werden, sollte keine Notwendigkeit bestehen, diese zu entfernen, es muss jedoch eine flexible Schicht auf die Oberseite der Ringanker- oder Plattengründung aufgebracht werden, um eventuelle Formänderung auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

18.3.3 Bodenbleche

Alle Verbindungen müssen überlappend mit Kehlnähten oder mit durchgeschweißten Stumpfnähten geschweißt werden (siehe 8.2.1 und 16.6).

Handgeschweißte (111) und halbautomatisch (114, 131, 135 und 136) (siehe EN ISO 4063) geschweißte Kehlnähte sind mindestens zweilagig auszuführen.

Falls Böden mit durchgeschweißten Stumpfnähten verwendet werden, ist die Verbindung von Schweißbadsicherungen mit dem Bodenblech zu vereinbaren (siehe A.2).

18.4 Schweißverbindung zwischen Mantel und Boden

Die Ränder von Kehlnähten dürfen keine unzulässigen Einbrandkerben aufweisen, und die Nahtform muss den in Tabelle 32 angegebenen Anforderungen entsprechen. Dies ist mit einer Schablone oder anderen geeigneten Maßnahmen zu überprüfen.

18.5 Schweißen des Tankmantels

Alle vertikalen und horizontalen Mantelnähte sind als durchgeschweißte Stumpfnähte auszuführen.

Schweißnahtüberhöhungen von mehr als 1 mm an der Tankinnenseite müssen durch Schleifen beseitigt werden.

Sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe Anhang A.2), müssen Mantelbleche mittellinienversetzt angeordnet werden.

18.6 Schweißen des Tankdachs

Je nach Festlegung in 10.3.5 und 10.4.1 sind Dachbleche mit Kehlnähten oder Stumpfnähten zu schweißen.

Die Dachbleche sind gasdicht zu schweißen, und Schweißnahtüberhöhung und Einbrandkerben dürfen die in Tabelle 32 angegebenen Werte nicht überschreiten.

ANMERKUNG Besondere Angaben zu Dächern mit Reißnaht sind in Anhang K enthalten.

18.7 Temporäre Schweißnähte

Temporäre Schweißnähte für die Positionierung von Teilen für die Montage müssen in voller Übereinstimmung mit den zugelassenen Schweißverfahren ausgeführt werden (siehe 17.1.2).

Die Schweißzusätze müssen den Festlegungen der zugelassenen Schweißverfahren entsprechen.

Das für das zugelassene Schweißverfahren festgelegte und angewendete Vorwärmen ist auch bei temporären Schweißnähten anzuwenden.

18.8 Atmosphärische Bedingungen

Wird bei feuchtem Wetter geschweißt, so muss der Errichter sicherstellen, dass die zu schweißenden Bereiche trocken sind. Dabei darf die Trockentemperatur nicht mit der geforderten Vorwärmtemperatur verwechselt werden.

Bei Temperaturen des Grundwerkstoffs unter 5 °C ist der Werkstoff auf beiden Seiten der Verbindung zu erwärmen.

Die Schweißstellen sind gegen übermäßige Luftbewegungen durch Wind oder Kamineffekte zu schützen.

18.9 Vorwärmen

Ist ein Vorwärmen vor dem Schweißen erforderlich, so muss sich der vorgewärmte Bereich über die gesamte Dicke der zu schweißenden Teile und in allen Richtungen über eine Länge erstrecken, die dem Vierfachen der Blechdicke oder 75 mm entspricht, je nachdem, welcher Wert der größere ist.

Jeder Schweißer oder Bediener von Schweißeinrichtungen muss in der Lage sein, die Vorwärmtemperatur jederzeit zu messen.

18.10 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

18.10.1 Ist bei Bauteilen aus unlegierten Stählen nach 13.6.2, 13.9, 15.8.1, 15.8.4 und 15.9 (siehe Tabelle 28) eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT) erforderlich, so sind dafür die in 18.10.2 bis 18.10.8 festgelegten Verfahren anzuwenden.

Tabelle 28 — Anforderungen an die Wärmebehandlung von Stützen nach dem Schweißen

Werkstoffgüte	Mantelblechdicke E mm	Stützendurchmesser d_i mm
S275	≥ 25	> 300
S355	≥ 25	> 300
S420	≥ 20	Alle

18.10.2 Die festgelegten Temperaturen müssen die tatsächlichen Temperaturen eines jeden Teils der Baugruppe bzw. des Bauteils sein und mit den an diesem Bauteil befestigten Thermoelementen gemessen werden.

Die Temperatur ist an ausreichend vielen Punkten kontinuierlich und automatisch zu messen und aufzuzeichnen, um sicherzustellen, dass das gesamte Bauteil im festgelegten Bereich wärmebehandelt wird.

18.10.3 Die Temperatur im Ofen darf beim Einbringen des Bauteils 400 °C nicht überschreiten.

18.10.4 Die Erwärmungsgeschwindigkeit T_h über 400 °C (in °C/h) muss wie folgt bestimmt werden:

$$T_h \leq \frac{5\,500}{e} \quad \text{mit einem Höchstwert von } 220 \text{ °C/h} \quad (23)$$

Dabei ist

e die größte Mantelblechdicke, in mm.

18.10.5 In der Erwärmungsphase dürfen im wärmebehandelten Bauteil keine Temperaturschwankungen > 150 °C je 4 500 mm Länge auftreten, und nach Erreichen der Haltetemperatur muss die Temperatur über das gesamte Bauteil zwischen 550 °C und 600 °C liegen.

18.10.6 Die Atmosphäre im Ofen ist in der Erwärmungs- und Haltephase zu kontrollieren, um übermäßiges Oxidieren der Oberflächen zu verhindern. Die Flammen dürfen nicht direkt auf das Bauteil einwirken.

18.10.7 Wenn das Bauteil gleichmäßig auf die in 18.10.5 festgelegte Temperatur erwärmt ist, muss die Temperatur über einen Zeitraum in Minuten, der der Dicke des dicksten Blechs in Millimeter, e , entspricht, mindestens aber über 30 Minuten konstant gehalten werden.

18.10.8 Das Bauteil muss im Ofen auf 400 °C mit einer Abkühlungsgeschwindigkeit T_c (in °C/h) abgekühlt werden, die wie folgt zu bestimmen ist:

$$T_c \leq \frac{5\,500}{e} \quad \text{mit einem Höchstwert von } 220 \text{ °C/h} \quad (24)$$

Dabei ist

e die größte Mantelblechdicke, in mm.

ANMERKUNG Unter 400 °C kann die weitere Abkühlung an ruhender Luft erfolgen.

18.11 Reparaturschweißen

Alle fehlerhaften Stellen, die über die in 19.11 festgelegten Mindestanforderungen hinausgehen, müssen durch Spanen, Schleifen oder Fugen einer oder beider Seiten der Nahtverbindung, wie erforderlich, beseitigt und unter Anwendung eines zugelassenen Schweißverfahrens neu geschweißt werden. Dabei sind die Nahtverbindungen nur so weit zu bearbeiten, wie es für die Fehlerbeseitigung erforderlich ist.

Alle Reparaturen, die aufgrund der Nichterfüllung von 19.11 durchgeführt werden, müssen einer 100%igen Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung unterzogen werden, es sei denn, die vollständige Naht wird beseitigt und neu geschweißt; in diesem Fall muss die Schweißnahtprüfung im ursprünglich festgelegten Umfang durchgeführt werden.

Falls im selben Bereich drei aufeinander folgende Reparaturen von Mantelblechschweißungen erforderlich sind, führt dies zur Zurückweisung der betreffenden Bleche.

19 Prüfung und Inspektion

19.1 Allgemeines

Für alle im vorliegenden Dokument geforderten zerstörungsfreien Prüfungen (ZfP) müssen Hersteller oder Errichter die Verantwortung tragen. Sie sind von einer von der Fertigungsabteilung des Herstellers oder Errichters unabhängigen Prüfstelle oder -organisation nach der Definition in 3.1.15 durchzuführen.

Diese unabhängige NDE-Einheit oder -Organisation muss mindestens eine Inspektionseinheit vom Typ B sein, wie in EN ISO/IEC 17020 in Bezug genommen. (NDE-Einheiten oder -Organisationen vom Typ C sind nicht zulässig.)

Entgegen den Bestimmungen des vorstehenden Absatzes muss der Errichter jedoch befugt sein, eine entsprechend ausgebildete und erfahrene Person aus seinem Personal mit der Sichtprüfung der Schweißnähte während der Errichtung zu beauftragen. In diesem Fall ist eine schriftliche Befugnis auszustellen und den Prüfberichten beizufügen.

Die Abnahmebeauftragten des Bestellers müssen in jeder Bauphase freien Zugang zu Herstellungs- und Errichtungsorten haben, damit sie sich von der Güte der durchgeführten Inspektionen und der Einhaltung der Anweisungen für Herstellung und Errichtung überzeugen können. Diese Eingriffe sind soweit wie möglich so zu planen und durchzuführen, dass Verzögerungen und Störungen bei der Herstellung und Errichtung vermieden werden.

19.2 Qualifizierung von ZfP-Personal

ZfP-Personal muss mindestens für die Stufe der von ihnen durchzuführenden Arbeiten qualifiziert sein. Die Zertifizierung dieser Qualifikation muss nach EN ISO 9712 erfolgen.

Der Hersteller/Errichter oder der von ihm gewählte Unterauftragnehmer muss die Gültigkeit der Qualifikation des ZfP-Personals nachweisen.

Wird ein Unterauftragnehmer mit der zerstörungsfreien Prüfung betraut, so muss die Verantwortung gegenüber dem Besteller beim Hersteller/Errichter verbleiben.

19.3 Prüfverfahren

Der Hersteller/Errichter muss dem Besteller zu jedem durchgeführten Prüfverfahren eine genaue Beschreibung der gewählten Verfahren und Methoden (siehe A.3) vorlegen.

Jedes Verfahrensdokument muss folgende Angaben enthalten:

- d) Umfang des Prüfverfahrens; und
- e) Durchführungsbedingungen:
 - verwendete Ausrüstung;
 - Art und Eigenschaften der verbrauchten Materialien;
 - Prüfparameter (Dauer, Temperatur usw.);
 - Bedingungen für das Ablesen der Ergebnisse (Licht usw.);
 - geltende Sicherheitsregeln.

19.4 Art der Inspektionen und Untersuchungen

19.4.1 Inspektion der Werkstoffe

Der Hersteller/Errichter muss sicherstellen, dass die Werkstoffe in Übereinstimmung mit den Werkstoffnormen und allen anderen festgelegten Anforderungen inspiziert wurden und dass die Ergebnisse den Anforderungen des vorliegenden Dokuments entsprechen.

Vor Beginn der Prüfungen müssen die Werkstoffprüfbescheinigungen am Errichtungsort vorliegen (siehe A.3). Es muss dem Abnahmebeauftragten jederzeit möglich sein, alle verwendeten Werkstoffe zu identifizieren.

19.4.2 Untersuchung der Schweißkanten und der Vorbereitungen für die Montage

Alle Schweißkanten und Vorbereitungen für die Montage sind einer Sichtprüfung nach EN ISO 17637 zu unterziehen.

Diese Sichtprüfung hat den Zweck, Fehler an den Blechkanten festzustellen und die Güte der Verbindung sicherzustellen. Sie muss eine Kontrolle der Geometrie der Schweißvorbereitung (Abstände zwischen Blechen, Kantenabschrägung, Ausrichtung oder örtliche Formabweichungen usw.) und der Sauberkeit der zu verschweißenden Teile enthalten. Die zu prüfenden Bereiche umfassen Boden, Boden-Mantel-Verbindung, Mantelbleche, Dach-Mantel-Verbindung, Dach, Stützen, Dachrahmen, Versteifungsringe (Windverbände) und Versteifungsglieder.

Falls im Falle von unlegierten Stählen für Mantel, Dach, Boden (einschließlich Bodenrandbleche) und Stützen (siehe unten) bei der Sichtprüfung Dopplungen festgestellt werden, muss der Hersteller den betreffenden Bereich einer Ultraschallprüfung unterziehen, um das Ausmaß der Dopplung zu ermitteln, und das Blech entweder zurückweisen oder Reparaturen nach dem folgenden Absatz durchführen.

Bei Dopplungen mit einer Länge von höchstens 75 mm oder einer Tiefe von höchstens 25 mm dürfen Reparaturen durch Fugen und erneutes Schweißen zur Abdichtung der Dopplung vorgenommen werden. Das Kantenreparaturverfahren muss dem Besteller vom Hersteller vor Beginn der Fertigung zur Genehmigung vorgelegt werden. Bei Dopplungen, die diese Grenzwerte überschreiten, muss der Hersteller das Blech entweder zurückweisen oder es durch vollständige Beseitigung der Dopplung reparieren.

Vor Durchführung derartiger Reparaturmaßnahmen muss der Hersteller das Ausmaß der Dopplung dokumentieren und dem Besteller ein fallspezifisches Reparaturverfahren zur Genehmigung vorlegen.

Wenn Mantelstützen aus Blechen aus unlegierten Stählen mit einer Dicke > 20 mm hergestellt werden, sind sie einer Ultraschallprüfung auf Doppelungen im Stützenblech in einem Bereich der Stützen-Mantel-Verbindung zu unterziehen, der das 2,5fache der Dicke des Mantelblechs umfasst, in das der Stützen eingeschweißt wird. Werden für die Stützen Schmiedestücke verwendet, so ist diese Untersuchung nicht notwendig.

19.4.3 Sichtprüfung während der Fertigung und Errichtung

Eine Sichtprüfung nach EN ISO 17637 ist durchzuführen, um Schweißraupen, Form und Maße zu überprüfen und vorhandene Oberflächenfehler sowohl an den Schweißnähten als auch an Blechen, Stützen und sämtlichen an den Tank angeschweißten Anbauteilen festzustellen.

Diese Prüfung ist vor jeder anderen zerstörungsfreien Untersuchung oder Prüfung durchzuführen.

19.4.4 Art und Umfang von Schweißnahtuntersuchungen und -prüfungen

Art und Umfang der Untersuchung von Schweißnähten müssen von der Art der Verbindung, ihrer Lage und den verwendeten Werkstoffen abhängen und Tabelle 29, ergänzt durch Tabelle 30 und Tabelle 31, entsprechen.

Die Prüfbereiche sind vom Abnahmebeauftragten auszuwählen.

Tabelle 29 — Art und Umfang der Schweißnahtuntersuchungen und -prüfungen für unlegierte Stähle und nichtrostende Stähle

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung (19.4) %	Unterdruckprüfung mit Saugglocke (19.5) %	Eindringprüfung (19.6) %	Magnetpulverprüfung (19.7) %	Nekalprüfung (19.8) %	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung (19.10) %
Bodenbleche	Stumpfnah t ^b	100 ^e	100 ^h				
	Kehlnah t	100 ^h	100 ^h				
Bodenrandbleche	Radiale Stumpfnah t	100 ^e	100 ^h	100 ^j			^c und ^d
Boden-Mantel-Verbindung	Kehlnah t	100 ^e	100 ^{h,k} oder 100 ^{e,k} oder 100 ^e und ^k			100 ^{e,i}	
Mantel und obere Bordwinkel	Stumpfnah t	100 ^e	100 ^m				Tabelle 30 und Tabelle 31
Dach-Mantel-Verbindung	Kehlnah t	100 ⁿ		100 ⁿ oder 100 ⁿ		100 ^o	
	Stumpfnah t ^p	100 ^e		100 ^e oder 100 ^e		100 ^o	
Dach	Kehlnah t	100 ^q	100 ^r oder 100 ^q oder 100 ^q			100 ^o	
	Stumpfnah t	100 ^e	100 ^r oder 100 ^e oder 100 ^e			100 ^o	
Stützen in Mantel oder	Längsna h t	100 ^t					100
	Vorschweißflansch mit Rohr $d_n \geq 100$ mm	100 ^t					10
	Vorschweißflansch mit Rohr $d_n < 100$ mm	100 ^{s,t}				100 ^s und ^t oder 100 ^s und ^t	
	Kehlnah t Überschiebflansch an Rohr Schweißung	100 ^t				100 ^t oder 100 ^t	
Stützen an Mantel oder Einschweißblech und Stützen mit Verstärkungsblech	Stützen an Mantel oder Einschweißna h ^t	100 ^t		100 oder 100			
	Stützen an Verstärkungsblech	100 ^t		100 oder 100			
	Verstärkungsblech an Mantel	100 ^t				100	
	Einschweißblec h an Mantel	100 ^e					100

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung (19.4) %	Unterdruckprüfung mit Saugglocke (19.5) %	Eindringprüfung (19.6) %	Magnetpulverprüfung (19.7) %	Nekalprüfung (19.8) %	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung (19.10) %
Stützen der Reinigungsöffnung bündig mit Bodenblech	Stumpfnahmt am Boden (Schnitt D-D, Bilder O.1 bis O.4)	100 ^u					100
	Fugennaht Schnitt B-B, Bild O.3 und Bild O.4	100 ^u		100 ^v oder 100 ^v			
	Kehlnaht zwischen Verstärkungs- oder Einschweißblech und Boden	100 ^u		100 ^v oder 100 ^v			
	Alle anderen Schweißnähte (Schnitt A-A, Bilder O.1 bis O.4)	100 ^u		100 ^u oder 100 ^u			
Stützen im Dach	Längsnaht	100				100 ^o	
	Stumpfnahmt Vorschweißflansch an Rohr	100				100 ^o	
	Kehlnaht Überschiebflansch an Rohr	100				100 ^o und ^r	
	Kehlnaht Stützen an Dach	100		100 ^w oder 100 ^w		100 ^o	
	Kehlnaht Stützen an Verstärkungsblech	100		100 ^w oder 100 ^w		100 ^o	
	Kehlnaht Verstärkungsblech an Dach	100		100 ^w oder 100 ^w		100 ^o	
Temporäre Schellen	Blechfläche nach Entfernen der Schelle	100		100 oder 100			
Permanente Schellen und Zwischenbleche	Kehlnaht	100		100 oder 100			

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung (19.4) %	Unterdruckprüfung mit Saugglocke (19.5) %	Eindringprüfung (19.6) %	Magnetpulverprüfung (19.7) %	Nekalprüfung (19.8) %	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung (19.10) %
Versteifungsringe (Windverbände)	Hauptstumpfnähte in Versteifungsringen	100		100 oder 100			
	Kehlnähte an Mantel	100		100 oder 100			
<p>a Wird nicht verwendet.</p> <p>b Umfasst die in Abschnitt Z-Z, Bild 4 dargestellten Schweißnähte.</p> <p>c Durchstrahlungsprüfung mit einem Film von 400 mm Gesamtlänge vom Außenrand des Bodenrandblechs oder Ultraschallprüfung über die Gesamtlänge, eine von vier Nähten.</p> <p>d Bei Stahl mit Streckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$ und Dicke $> 10 \text{ mm}$, Durchstrahlungsprüfung mit einem Film von 400 mm Gesamtlänge vom Außenrand des Bodenrandblechs oder Ultraschallprüfung über die Gesamtlänge, eine von zwei Nähten.</p> <p>e Auf beiden Seiten.</p> <p>f Wird nicht verwendet.</p> <p>g Wird nicht verwendet.</p> <p>h Nur auf der Innenseite.</p> <p>i Siehe 19.8.3: Verbindlich gefordert für Mantelblechdicken $> 30 \text{ mm}$; wahlfrei für Mantelblechdicken $\leq 30 \text{ mm}$.</p> <p>j Gilt nur für Tanks aus nichtrostendem Stahl mit stumpfgeschweißten Bodenrandblechen, an denen Schweißbadsicherungen verbleiben sollen.</p> <p>k Bei der ersten Wurzellage sowie bei der Schlussnaht anzuwenden.</p> <p>m Bei horizontalen und vertikalen Mantelnähten über dem Füllstand der Druckwasserprüfung anzuwenden.</p> <p>n Im Falle von Dach-Mantel-Verbindungen nach Bild 8 a) auf beiden Seiten; anderenfalls nur auf der Außenseite.</p> <p>o Gültig für Unter- und Überdrucktanks (siehe 19.8.2 und 19.13.3).</p> <p>p Gültig für die in 10.2.1 d) angegebenen Dacharten.</p> <p>q Im Falle von Doppelkehlnähten auf beiden Seiten; anderenfalls nur auf der Außenseite.</p> <p>r Nur auf der Außenseite.</p> <p>s Eine Seite.</p> <p>t Nach der nach dem Schweißen erfolgenden Wärmebehandlung der Teilbaugruppe, falls erforderlich (PWHT; diese gilt nur für unlegierte Stähle).</p> <p>u Nach der nach dem Schweißen erfolgenden Wärmebehandlung der Teilbaugruppe (PWHT; diese gilt nur für unlegierte Stähle).</p> <p>v Nach der ersten Lage (vor der PWHT) und nach Abschluss der Schweißnaht (nach der PWHT). Die PWHT gilt nur für unlegierte Stähle).</p> <p>w Gilt nur für drucklose Tanks.</p> <p>k Wird nicht verwendet.</p>							
<p>ANMERKUNG Zu der bei an Bodenbleche geschweißten Ablaufrohrstützen erforderlichen Prüfung siehe auch 19.14.</p>							

Tabelle 30 — Umfang von Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus unlegierten Stählen

Blech		Art der Untersuchung	Schweißnähte			
Streckgrenze N/mm ²	Dicke <i>e</i> Mm		V1 ¹⁾ %	Vr ²⁾ %	T-Stoß % ³⁾	Horizontal ⁶⁾ %
< 355	≤ 13	Durchstrahlung (19.9)	5	1	25 ⁵⁾	1
	> 13 bis 30	Durchstrahlung (19.9) oder Ultraschall (19.10)	10	5	50 ⁵⁾	2
	> 30	Durchstrahlung (19.9) oder Ultraschall (19.10)	20	10	100	2
≥ 355	≤ 13	Durchstrahlung (19.9)	10	5	25 ⁵⁾	1
	> 13 bis 30	Durchstrahlung (19.9) oder Ultraschall (19.10)	20	10	50 ⁵⁾	2
	> 30	Durchstrahlung (19.9) oder Ultraschall (19.10)	50	20	100	5

- 1) V1 ist die Gesamtlänge der senkrechten Nähte im ersten (unteren) Mantelschuss.
 2) Vr ist die Gesamtlänge der senkrechten Nähte in den übrigen Schüssen der einzelnen Blechdicken.
 3) 50 % davon mit waagrecht liegendem 400-mm-Film und 50 % mit senkrecht liegendem Film.
 4) Wird nicht verwendet.
 5) Mit mindestens 2 T-Stößen im ersten Mantelschuss.
 6) Für jede Blechdicke.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu diesen Untersuchungen ist mindestens eine der nachstehenden Untersuchungen durchzuführen:

- a) an jeder Schweißung an der ersten vertikalen/horizontalen Verbindung;
 b) für jeden Schweißer oder Bediener von Schweißeinrichtungen;
 c) beim Übergang vom manuellen zum automatischen Schweißen (Beginn senkrecht V1).

ANMERKUNG 2 Wenn Durchstrahlungsprüfungen durchgeführt werden, darf ein Film mehr als eine dieser Prüfungen abdecken.

Tabelle 31 — Umfang von Durchstrahlungs- und Eindringprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus nichtrostendem Stahl

Blechdicke <i>e</i> mm	Art der Untersuchung oder Prüfung	Schweißnähte			
		V1 ¹⁾ %	Vr ²⁾ %	T-Stoß ⁵⁾ % ³⁾	Horizontal ⁶⁾ %
≤ 8	Durchstrahlung	1	1	1	1
> 8 bis 13	Durchstrahlung	5	1	5	1
> 13	Durchstrahlung	5	2	10	2
Alle Dicken	Eindringprüfung	10	10	10	10

- 1) V1 ist die Gesamtlänge der senkrechten Nähte im ersten (unteren) Mantelschuss.
 2) Vr ist die Gesamtlänge der senkrechten Nähte in den übrigen Schüssen der einzelnen Blechdicken.
 3) 50 % davon mit waagrecht liegendem 400-mm-Film und 50 % mit senkrecht liegendem Film.
 4) Wird nicht verwendet.
 5) Mit mindestens 2 T-Stößen im ersten Mantelschuss.
 6) Für jede Blechdicke.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu diesen Untersuchungen ist mindestens eine der nachstehenden Untersuchungen durchzuführen:

- a) an jeder Schweißung an der ersten vertikalen/horizontalen Verbindung;
 b) für jeden Schweißer oder Bediener von Schweißeinrichtungen;
 c) beim Übergang vom manuellen zum automatischen Schweißen (Beginn senkrecht V1).

ANMERKUNG 2 Wenn Durchstrahlungsprüfungen durchgeführt werden, darf ein Film mehr als eine dieser Prüfungen abdecken.

19.4.5 Zusätzliche Untersuchungen an fehlerhaften Schweißnähten

19.4.5.1 Allgemeines

Werden über das zulässige Maß hinaus Fehler festgestellt, sind weitere Untersuchungen durchzuführen.

19.4.5.2 Automatisches oder halbautomatisches Schweißen

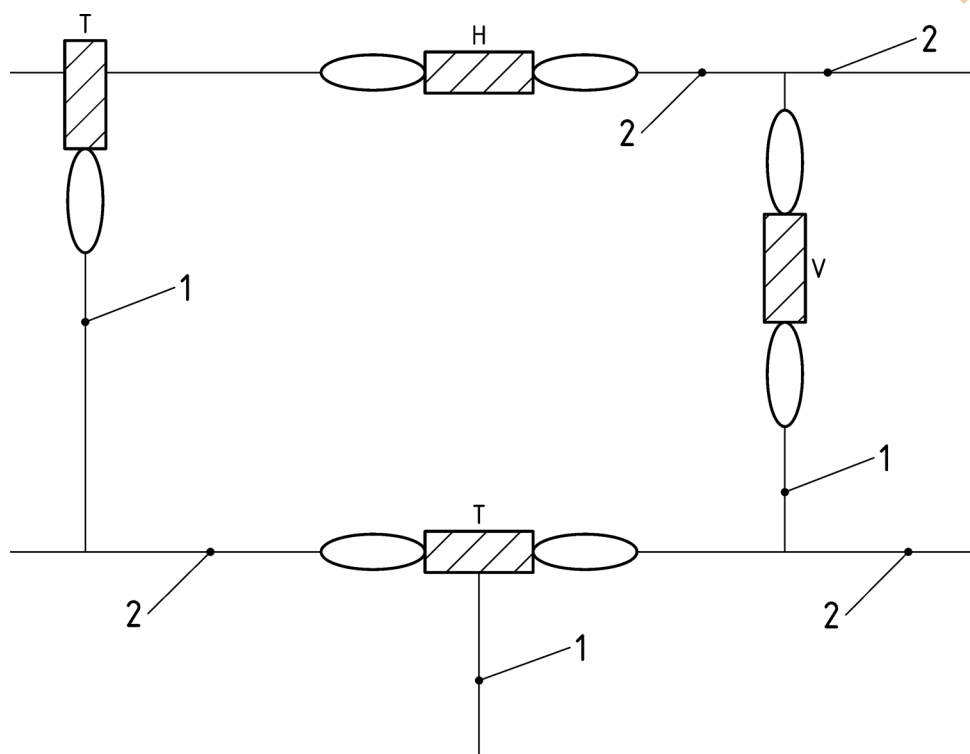
Ein weiterer Film ist aufzunehmen, oder es ist eine Ultraschallprüfung über 1 m, jeweils auf beiden Seiten des ursprünglichen Prüfbereichs, durchzuführen (siehe Bild 19).

Falls eine dieser zusätzlichen Film- oder Ultraschallprüfungen mit Fehlern ausscheidet, ist die gesamte mit der betreffenden Maschine gefertigte Tagesarbeit einer vollständigen Untersuchung zu unterziehen.

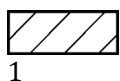
19.4.5.3 Manuelles Schweißen

Ein weiterer Film ist aufzunehmen, oder es ist eine Ultraschallprüfung über 1 m, jeweils auf beiden Seiten des ursprünglichen Prüfbereichs, durchzuführen (siehe Bild 19).

Falls eine dieser zusätzlichen Film- oder Ultraschallprüfungen mit Fehlern ausscheidet, ist die gesamte Tagesarbeit des betreffenden Schweißers einer vollständigen Untersuchung zu unterziehen.



Legende



zu untersuchende Naht
senkrechte Naht



zusätzliche Untersuchungen
horizontale Naht

Bild 23 — Zusätzliche Untersuchungen an fehlerhaften Schweißnähten

19.5 Unterdruckprüfung mit Saugglocke

Die Schweißnähte zwischen Bodenblechen sind einer Unterdruckprüfung mit Saugglocke nach EN 1593 und Seifenwasser zu unterziehen.

Die Bleche müssen sauber und die Schweißnähte entfettet sowie frei von Schlacken und Zunder sein, die die Güte der Prüfung beeinträchtigen könnten.

Größe und Form der Saugglocke müssen für die Prüfung angemessen sein.

Das Pumpensystem muss geeignet sein, einen Unterdruck von mindestens -300 mbar (-30 kPa) zu erzeugen.

Das Seifenwasser muss folgende Eigenschaften haben:

- hohe Benetzungsfähigkeit;
- niedrige Viskosität;
- geringe Oberflächenspannung; und
- hohes Schaumvermögen.

19.6 Eindringprüfung

Die Eindringprüfung ist nach EN ISO 3452-1 durchzuführen.

Alle bei einer Prüfung verwendeten Prüfmittel müssen verträglich sein.

Der Hersteller/Errichter muss sicherstellen, dass durch die Prüfmittel keine Gefahr der Verunreinigung für die zu prüfenden Bauteile und das Lagergut besteht.

Der Hersteller/Errichter muss von den Herstellern der Prüfmittel alle erforderlichen Grundbestandteile zur Verfügung gestellt bekommen, damit er Festlegungen bezüglich der Prüfverfahren und der Entdeckung von Fehlern treffen kann.

Die erforderliche Oberflächengüte muss festgelegt werden, damit die Ergebnisse richtig beurteilt werden können.

19.7 Magnetpulverprüfung

Die Magnetpulverprüfung ist nach EN ISO 17638 durchzuführen.

Zur Magnetisierung darf kein Verfahren angewendet werden, bei dem elektrischer Strom direkt in das zu prüfende Teil geleitet wird. Es ist ein beweglicher Elektromagnet zu verwenden, mit dem das zu prüfende Teil einen geschlossenen Magnetkreis bildet.

Die bei der Untersuchung angewendeten Verfahren und Geräte sowie die Verfahren zur Feststellung und zum Ausschluss von Fehlern sind in einem Dokument festzulegen, das dem Besteller oder dem Abnahmebeauftragten zur Verfügung zu stellen ist.

Die erforderliche Oberflächengüte ist im angewendeten Verfahren anzugeben, damit die Ergebnisse richtig beurteilt werden können.

ANMERKUNG Trockenpulver sollte auf unbearbeiteten Flächen nicht verwendet werden.

19.8 Nekalprüfung

19.8.1 Verstärkungsbleche

Nach dem Benetzen der Schweißnähte am Verstärkungsblech mit Seifenwasser nach 19.5 ist Luft mit einem Überdruck von 1 bar (100 kPa) durch die für diese Zwecke vorhandene Gewindebohrung einzuleiten.

Die Haltezeit muss mindestens 30 Sekunden betragen.

Nach der Prüfung ist die Gewindebohrung dicht zu verschließen.

19.8.2 Schweißnähte an Festdächern, Dachstützen und Dach-Mantel-Verbindungen

Bei der Gasdruckprüfung des Daches (gilt nur bei Unter- und Überdrucktanks) sind die außenliegenden Kehlnähte mit Seifenwasser nach 19.5 zu benetzen.

Der Druck ist während der Prüfung aufrechtzuerhalten.

19.8.3 Mantel-Boden-Verbindungen mit beidseitig geschweißten Kehlnähten

Bei Mantelblechen mit einer Wanddicke von mehr als 30 mm, die beidseitig mit dem Boden kehlnahtverschweißt sind, ist in den Raum zwischen den Nähten Luft mit einem Überdruck von 300 mbar (30 kPa) einzuleiten, der während der Untersuchung aufrechtzuerhalten ist. Um sicherzustellen, dass der Luftdruck alle Teile der Schweißnähte erreicht, muss durch Schweißen an einem oder mehreren Punkten eine Dichtungssperre in den Ringkanal zwischen den inneren und äußeren Schweißnähten erstellt werden. Zusätzlich muss eine kleine Rohrkupplung, die mit dem Raum zwischen den Schweißnähten in Verbindung steht, an einen Ende und der an eine Kupplung angeschlossene Druckanzeiger am anderen Ende des zu prüfenden Segments anschlossen werden.

Das Seifenwasser nach 19.5 ist mit einem Pinsel oder durch Sprühen auf die Nähte aufzutragen.

Nach der Untersuchung sind die für den Anschluss der Kupplung des Luftenlasses und des Druckanzeigers vorgesehenen Gewindebohrungen durch Schweißen dicht zu verschließen, gefolgt von der Eindringprüfung (siehe 19.6) oder der Magnetpulverprüfung (siehe 19.7).

19.9 Durchstrahlungsprüfung

19.9.1 Allgemeines Verfahren

Die Durchstrahlungsprüfung ist nach EN ISO 17636-1 und EN ISO 17636-2 durchzuführen.

Der Hersteller/Errichter und sein entsprechend qualifiziertes Personal müssen bei Durchstrahlungsprüfungen im Werk oder am Errichtungsort die geltenden Sicherheitsbestimmungen einhalten.

Die Art der verwendeten Strahlungsquelle ist zu vereinbaren (siehe A.2) und/oder von der für die Inspektion zuständigen Organisation festzulegen, und sie muss von der Dicke und der Fläche des zu prüfenden Werkstoffs abhängig sein.

Für das Durchstrahlungsverfahren bei Schweißnähten an unlegierten Stählen gilt EN ISO 5579.

Für unlegierte Stähle mit einer Streckgrenze $< 355 \text{ N/mm}^2$ darf die Durchstrahlungsprüfklasse A verwendet werden.

Für unlegierte Stähle mit einer Streckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$ gilt die Durchstrahlungsprüfklasse B.

Die Länge des Durchstrahlungsfilms muss 400 mm betragen. Die Verwendung von Schmalfilmen ist zulässig, sofern auf beiden Seiten der Schweißnaht ein 10 mm breiter Streifen des Grundwerkstoffs ohne Filmkennzeichnungen zu sehen ist.

Der Bildgüteprüfkörper (IQI) muss EN ISO 19232-1 und EN ISO 19232-2 entsprechen.

Die Filme sind sorgfältig zu kennzeichnen. Die Kennzeichnungen und die Lage sind in einer Zeichnung anzugeben, in der auch der Name des betreffenden Schweißers und Bedieners der Schweißeinrichtung vermerkt wird. Jeder Film ist mit der Tanknummer und seiner Position am Tank zu kennzeichnen.

ANMERKUNG Bei einer in mehreren Lagen von verschiedenen Schweißern gefertigten Naht genügt üblicherweise ein an einem beliebigen Punkt aufgenommenes Durchstrahlungsbild als Kontrolle für alle beteiligten Schweißer.

19.9.2 Lagerung der Filme

Die Filme müssen entsprechend der Bestellung zum Zweck einer Auswertung für einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren entweder beim Hersteller/Errichter oder beim Besteller aufbewahrt werden.

19.10 Ultraschallprüfung

Die Ultraschallprüfung ist nach EN ISO 17640 durchzuführen. Zu den Zulässigkeitsgrenzen siehe EN ISO 11666. Zur Beschreibung von Befunden in Schweißnähten siehe EN ISO 17635.

Bei Stumpfnähten darf die Beugungslaufzeittechnik (TOFD) oder die Phased-Array-Technik nach EN ISO 10863 und EN ISO 16828 angewendet werden. Zu den Zulässigkeitsgrenzen siehe EN 15617.

19.11 Zulässigkeitskriterien (für die nicht zu den Ultraschallprüfungen gehörenden Untersuchungen — siehe 19.10)

19.11.1 Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten

Die Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten für die verschiedenen Teile des Tanks müssen Tabelle 32 entsprechen.

Die Bezeichnungen der Unregelmäßigkeiten müssen EN ISO 6520-1 entsprechen.

Bereiche, die außerhalb dieser Grenzwerte liegen, müssen in Übereinstimmung mit 18.11 repariert werden.

Tabelle 32 — Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten

Referenznummer nach EN ISO 6520	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Schweißnähte	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
100	Risse	Alle	Nicht zulässig
101	Längsriss		
102	Querriss		
104	Endkraterriss	Alle	Nicht zulässig
2011 2012	Pore	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Schweißnähte Stutzennähte in Mantel und Boden	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 1\%$ Einzelpore – Stumpfnaht $d \leq 0,3$ s Einzelpore – Kehlnaht $d \leq 0,3$ a mit d max. 3 mm
	Gleichmäßig verteilte Porosität	Dach und Gespärre Dachstützen	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 2\%$ Einzelpore – Stumpfnaht $d \leq 0,4$ s Einzelpore – Kehlnaht $d \leq 0,4$ a mit d max. 4 mm
2013	Porennest	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Schweißnähte Stutzennähte in Mantel und Boden	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 4\%$ Einzelpore – Stumpfnaht $d \leq 0,3$ s Einzelpore – Kehlnaht $d \leq 0,3$ a mit d max. 2 mm
		Dach und Gespärre Dachstützen	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 8\%$ Einzelpore – Stumpfnaht $d \leq 0,4$ s Einzelpore – Kehlnaht $d \leq 0,4$ a mit d max. 3 mm

Referenznummer nach EN ISO 6520	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Schweißnähte	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
2015	Gaskanal	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Schweißnähte Stutzennähte in Mantel und Boden	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnahat $h \leq 0,3 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnahat $h \leq 0,3 a$ mit h max. 2 mm
2016	Schlauchpore	Dach und Gespärre Dachstützen	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnahat $h \leq 0,4 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnahat $h \leq 0,4 a$ mit h max. 3 mm
2017	Oberflächenpore	Alle	Einzelpore – Stumpfnahat $d \leq 0,3 s$ Einzelpore – Kehlnahat $d \leq 0,3 a$ mit d max. 3 mm
2024	Endkraterlunker	Alle	Nicht zulässig
300	Fester Einschluss	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Schweißnähte Stutzennähte in Mantel und Boden	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnahat $h \leq 0,3 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnahat $h \leq 0,3 a$ mit h max. 2 mm
		Dach und Gespärre Dachstützen	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnahat $h \leq 0,4 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnahat $h \leq 0,4 a$ mit h max. 3 mm
3041	Wolframeinschluss	Alle	Nicht zulässig
3042	Kupfereinschluss		
401	Bindefehler	Alle	Nicht zulässig
402	Ungenügende Durchschweißung	Mantelstumpfnähte Stumpfnähte in Versteifungsringen	Nicht zulässig
		Mantelstützen	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten $h \leq 0,1 s$, max. 1,5 mm
—	Passfehler, Kehlnähte	Alle	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$, max. 3 mm
5011	Nicht unterbrochene Einbrandkerbe	Alle	Nicht zulässig
5012	Unterbrochene Einbrandkerbe	Alle	10 % von e mit max. 0,5 mm bei senkrechten Nähten; 10 % von e mit max. 1 mm bei waagerechten Nähten, sanfter Übergang erforderlich.
5013	Wurzelkerbe		
502	Zu große Nahtüberhöhung	Innenliegende Mantelnaht bei Tanks mit Schwimmdach oder Schwimmdecke	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 5 mm
		Andere Nähte	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, max. 7 mm
503	Zu starke Wölbung	Mantel-Stützen-Verbindung	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 3 mm
		Mantel-Boden-Verbindung	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 3 mm
		Andere Nähte	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, max. 4 mm

Referenznummer nach EN ISO 6520	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Schweißnähte	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
—	Unterschreitung des Nennwertes der Kehlnahthöhe	Mantel-Stutzen-Verbindung	Nicht zulässig
		Mantel-Boden-Verbindung	Nicht zulässig
		Andere Nähte	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ max. 1 mm
504	Zu große Wurzelüberhöhung	Alle	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$, max. 3 mm
506	Schweißgutüberlauf	Alle Mantel	Nicht zulässig Siehe 16.1.6 und 16.7
507	Kantenversatz	Stumpfnähte an Stutzen	$h \leq 0,5 e$, max. 2 mm
		Stahltragwerk	$h \leq 0,15 e$, max. 4 mm
509 511	Verlaufenes Schweißgut Decklagenunterwölbung	Alle	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten $h \leq 0,1 e$ max. 1 mm
512	Übermäßige Ungleichschenkligkeit bei Kehlnähten	Alle	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$
515	Wurzelrückfall	Alle	10 % von e , max. 1 mm
516	Wurzelporosität	Alle	Nicht zulässig
517	Ansatzfehler	Alle	Nicht zulässig
601	Zündstellen	Alle	Nicht zulässig bei nichtrostendem Stahl oder Kohlenstoffstahl mit Streckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$
602	Schweißspritzer	Alle	Sind zu entfernen (siehe Anhang R)
603	Ausbrechung		Nicht zulässig
604	Schleifkerbe		Siehe 19.11.2
605	Meißelkerbe		Siehe 19.11.2
606	Unterschleifung		Siehe 19.11.2
a : Nennwert der Kehlnahthöhe d : Porendurchmesser h : Maß (Breite oder Tiefe) der Unregelmäßigkeit s : Nennwert der Stumpfnahthöhe bzw. bei teilweiser Durchschweißung, vorgeschriebene Einbrandtiefe \bar{z} : Summe der projizierten Fläche		b : Breite der Nahtverstärkung e : Dicke des Grundwerkstoffs l : Länge der Unregelmäßigkeit	
Lange Unregelmäßigkeiten: eine oder mehrere Unregelmäßigkeiten mit einer Gesamtlänge größer als 25 mm auf eine Schweißnahtlänge von 100 mm oder von mindestens 25 % der Schweißnahtlänge bei Nähten unter 100 mm.			
Kurze Unregelmäßigkeiten: eine oder mehrere Unregelmäßigkeiten mit einer Gesamtlänge von höchstens 25 mm auf eine Schweißnahtlänge von 100 mm oder von höchstens 25 % der Schweißnahtlänge bei Nähten unter 100 mm.			
Unterbrochene Einbrandkerben: eine Gesamtlänge der Kerben von höchstens 200 mm an einer Kante auf eine Schweißnahtlänge von 2 m.			

19.11.2 Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen

19.12 Eine Reduzierung der Dicke unter den in 6.1.8 festgelegten Wert ist nicht zulässig.

19.13 Überprüfung der Maße

Zusätzlich zu den im Werk durchgeführten Überprüfungen der Innenmaße vorgefertigter Teile und den in 16.6, 16.7 und 16.8 geforderten Überprüfungen müssen Errichter oder Abnahmebeauftragter mindestens die nachstehenden Parameter überprüfen und sicherstellen, dass sie die festgelegten Anforderungen erfüllen:

- allgemeine Ausrichtungen des Tanks;
- Hauptmaße des Tanks;
- Neigung des Dachs;
- Lage der Stützen (Ausrichtung, Neigung usw.);
- Dichtflächen der Flansche;
- senkrechte Lage des Füllstandrohres, sofern vorhanden;
- Lage und Konformität von Anbauteilen zur Aufnahme von Sicherheitseinrichtungen; und
- Rundung der Wand und das Nichtvorhandensein von Flachstellen.

19.14 Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen

19.14.1 Allgemeines

Sämtliche Tanks sind einer Flüssigkeitsdruckprüfung zu unterziehen.

Abgesehen von Ausnahmefällen, die zwischen Besteller und Errichter zu vereinbaren sind (siehe A.2), ist als Prüfmedium für die Flüssigkeitsdruckprüfung Wasser zu verwenden.

Die Flüssigkeitsdruckprüfung ist erst dann durchzuführen, wenn alle Schweißarbeiten abgeschlossen und alle geschweißten Anbauteile am Mantel und Boden des Tanks angebracht sind.

Sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2), muss die Prüfung vor dem Anstrich durchgeführt werden.

19.14.2 Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung

Der Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung muss bei allen Tanks gleich dem in 9.1.3 und 9.2.1 festgelegten Auslegungsfüllstand sein.

19.14.3 Gasdruck während der Prüfung

Bei Festdachtanks muss der Druck im Dampfraum über der Flüssigkeit während der Flüssigkeitsdruckprüfung dem in 9.2.2 angegebenen Wert von p_t entsprechen.

Dies gilt nicht für Tanks mit Lüfterhauben.

19.14.4 Bedingungen für die Durchführung

Vor Beginn der Prüfung ist der Tank zu reinigen, sind Spritzer und Schlacken von den Schweißnähten zu entfernen und sämtliche bei der Errichtung verwendeten Materialien, Hilfsmittel oder temporären Einbauteile zu entfernen.

Für die Prüfungen muss der Errichter am Dach oder an einem der Dachstützen ein Sicherheitssystem ausreichender Kapazität installieren, damit die Über- und Unterdruckwerte die berechneten und die bei der Auslegung des Tanks verwendeten Werte nicht überschreiten. Am Tankdach ist ein Wassersäulenanzeiger anzubringen.

Für die Prüfung ist sauberes Wasser zu verwenden.

Ist die Verwendung von sauberem Wasser nicht möglich, so darf anderes Wasser nur nach Vereinbarung mit Zustimmung des Bestellers verwendet werden (siehe A.2).

Die Verwendung von Brackwasser oder Seewasser muss in jedem Fall auf ein Mindestmaß beschränkt werden, und es sind Vorkehrungen dafür zu treffen, dass der Tank nach der Prüfung mit sauberem Wasser gespült wird.

Im Falle von Tanks aus unlegiertem Stahl, der einschließlich der Befüllung und Entleerung für Dauern von länger als 14 Tage mit Wasser in Berührung kommt, sind die Zugabe eines Sauerstoffbinders und eines Biozids und die Erhöhung des pH-Werts durch Zugabe einer Lauge zu erwägen.

Im Falle von Tanks aus nichtrostendem Stahl oder mit Teilen aus nichtrostendem Stahl (z. B. Schwimmdecke) ist die Wasserqualität zu überprüfen und darf der Gehalt an Chloridionen (Cl⁻) darf 0,002 5 % nicht überschreiten.

Bei Tanks aus unlegiertem Stahl darf die Tankwandtemperatur während der Flüssigkeitsdruckprüfung den in Tabelle 4 festgelegten Mindestwert der Auslegungswandtemperatur nicht unterschreiten, sofern ein Gefrieren des Wassers verhindert wird. Falls eine Erwärmung des Prüfwassers gefordert ist, liegt die Verantwortung dafür beim Hersteller,

19.14.5 Untersuchung während des Befüllens

19.14.5.1 Setzungsmessung am Tankumfang

Der Errichter muss vor Beginn des Befüllens die folgenden Messmarken an der Tankaußenseite anbringen, anhand derer eine mögliche Setzung oder Bewegung der Gründung während der Prüfung festgestellt werden kann:

- vier Markierungen bei Tanks mit einem Durchmesser ≤ 6 m; und
- acht Markierungen bei Tanks mit einem Durchmesser zwischen 6 m und 36 m.

Bei Tanks mit einem Durchmesser größer als 36 m darf der Abstand zwischen den am Tankumfang angebrachten Markierungen höchstens 10 m betragen.

Ist die Setzung der Gründung nicht bekannt, so muss der Errichter Messmarken verwenden, die auch nach einem Anstrich des Tanks sichtbar bleiben.

Die Höhen dieser Messmarken bezogen auf eine Bezugshöhe sind vor dem Füllen und danach so oft wie erforderlich, mindestens aber bei halber und drei viertel Füllung sowie bei vollem Tank zu dokumentieren.

19.14.5.2 Kontrolle des Bodendurchhangs

Vor dem Befüllen muss der Errichter die Kontur des Tankbodens vermessen und aufzeichnen, um eine mögliche Verformung durch das Gewicht des Wassers zu ermitteln. Die Maße sind entweder durch eine Oberflächenmessung mit einem festen Bezugspunkt außerhalb des Tanks oder durch Messungen bezogen auf Stützen, die für diesen Zweck am Dach angebracht werden, zu ermitteln.

Darüber hinaus muss der Errichter vor Beginn der Flüssigkeitsdruckprüfung die Höhe des Bodens an nachstehenden Punkten messen, um eine mögliche Setzung oder Bewegung der Gründung während der Prüfung festzustellen:

- bei Tanks mit einem Durchmesser ≤ 10 m an 3 Radien bei 0° , 120° und 240° , bei einem Drittel und zwei Dritteln der Radien und im Mittelpunkt;
- bei Tanks mit einem Durchmesser > 10 m an 6 Radien bei 0° , 60° , 120° , 180° , 240° und 300° bei einem Drittel und zwei Dritteln der Radien und im Mittelpunkt.

19.14.6 Füllen

Die Geschwindigkeit des Füllvorgangs, die Haltezeit und die Geschwindigkeit des Entleerungsvorgangs sind zwischen Errichter und Besteller zu vereinbaren (siehe A.2); dabei sind die Maße des Tanks, die Be- und Entlüftungskapazität, die Bodenverhältnisse, die geotechnische Vermessung und die Verfügbarkeit des Wassers zu berücksichtigen.

Die volle Wasserbelastung muss für mindestens 24 Stunden aufrechterhalten werden; während der Prüfung muss der Errichter die Schweißnähte einer Sichtprüfung unterziehen und die Form des Tanks kontrollieren.

Wird eine Undichtheit entdeckt, so ist der Füllstand bis etwa 300 mm unter die Fehlerstelle abzusenken, bevor Reparaturen durchgeführt werden.

Nach der Reparatur und der Prüfung nach den ursprünglichen Anforderungen ist der Füllstand wieder auf den ursprünglichen Prüffüllstand zu bringen.

Unter der Prüfbelastung sind mindestens alle 12 Stunden Füllstandsmessungen vorzunehmen; bei Tanks mit einem Verankerungssystem sind die Verankerungen nachzustellen.

Es darf keine signifikante Absenkung der Gründung oder des Tankmantels über die relevanten Auslegungsvorgaben hinaus eintreten.

Sofern die inkrementelle Setzung der Gründung bei gehaltenem Prüffüllstand weniger als 1 mm/Tag beträgt, darf die Wasserprüfung als abgeschlossen angesehen werden, und es kann mit dem Ablassen des Wassers begonnen werden.

19.14.7 Überprüfung und Gasdruckprüfung des Dachs (gültig für alle Arten von Festdachtanks)

ANMERKUNG 1 Siehe 19.13.3.

Die folgende Prüfung ist während der Flüssigkeitsdruckprüfung des Tanks durchzuführen.

Alle Nähte am Mantel und Dach oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche sind zu inspizieren.

Alle Öffnungen sind zu verschließen, und die Sicherheitsventile sind nur für diese Prüfung auf den in 19.13.3 festgelegt höchstzulässigen Überdruck einzustellen.

ANMERKUNG 2 Es kann erforderlich sein, geeignete Sicherheitsventile für die Prüfung vorzusehen; das gilt besonders im Falle der Prüfung von drucklosen Tanks.

Der Luftdruck ist auf den in 19.13.3 angegebenen Prüfdruck einzustellen; bei auf Stützen ruhenden Dächern ist der Prüfdruck auf einen Wert zu begrenzen, der dem Gewicht der Dachbleche entspricht.

Der Überdruck ist für die Dauer der Nekalprüfung aufrechtzuerhalten, die frühestens 30 min nach Erreichen des Überdrucks beginnen darf.

Bei Tanks mit einem Auslegungsdruck über 10 mbar muss der Prüfdruck für eine Dauer von 15 min aufrechterhalten und dann auf den Auslegungsdruck gesenkt werden, bevor das Personal das Dach für die Nekalprüfung betreten darf. Der Auslegungsdruck ist für die Dauer dieser Prüfung aufrechtzuerhalten. Der Druckanzeiger muss vom Boden aus lesbar sein.

Die Seifenwasserlösung, wie sie für die Unterdruckprüfung mit Saugglocke (siehe 19.5) verwendet wird, ist mit einem Pinsel oder durch Sprühen auf alle in Tabelle 29 festgelegten Nähte aufzutragen.

Alle Schweißnähte, an denen Undichtheiten festgestellt werden, sind zu reparieren.

Reparaturschweißungen dürfen nicht ausgeführt werden, solange das Dach unter Überdruck steht.

Nach der Reparatur sind die Schweißnähte, sofern angemessen, einer Unterdruckprüfung mit Saugglocke nach 19.5 zu unterziehen; anderenfalls muss eine erneute Gasdruckprüfung durchgeführt werden.

Können Tanks nicht zur Feststellung von Undichtheiten mit Druck beaufschlagt werden, so sind die Schweißnähte durch eine Unterdruckprüfung mit Saugglocke nach 19.5 auf Dichtheit zu prüfen.

ANMERKUNG 3 Es wird darauf hingewiesen, dass bei dieser Prüfung die Drücke sorgfältig zu regeln und zu überwachen sind. Klimatische Veränderungen können starke Schwankungen des Prüfdrucks bewirken, und es sollte durch geeignete Vorkehrungen für sicheren Druckausgleich im Fall derartiger Schwankungen gesorgt werden.

19.14.8 Prüfung der Tankstabilität bei Unterdruck (Vakuumprüfung)

Nach Absenken des Flüssigkeitsstands auf eine Höhe von 1 m über der Oberkante des Ablaufstutzens ist der Tank auf Stabilität bei Unterdruck zu prüfen.

Alle Öffnungen mit Ausnahme des Unterdrucksicherheitsventils (Druck/Unterdruck) sind dicht zu verschließen, und der Flüssigkeitsstand ist mit einer Geschwindigkeit von höchstens der bei der Auslegung angesetzten Auspumpgeschwindigkeit auf den nach 5.1 erforderlichen Wert zu senken.

19.15 Überprüfungen bei leerem Tank

Nach Abschluss aller Prüfungen ist der Tank mit einer Geschwindigkeit von höchstens der bei der Auslegung angesetzten Auspumpgeschwindigkeit zu entleeren und nach Bedarf zu reinigen und zu trocknen.

Der Errichter muss die Höhen des Bodens ermitteln und mit den vor dem Füllvorgang ermittelten Werten vergleichen (siehe 19.13.5.2).

Ist unter dem Tankboden ein Ablaufrohr angebracht, so muss der Errichter die Schweißnaht zwischen Ablaufrohrstutzen und Bodenblechen nach dem Trocknen des Tanks einer 100%igen Sichtprüfung und zusätzlich einer 100%igen Eindring- oder Magnetpulverprüfung unterziehen.

19.16 Anbauteile

19.16.1 Anbauteile an der Tankaußenseite

Die Prüfung der Anbauteile (siehe 13.11 bis 13.16) muss die Güte der Schweißnähte und die Integrität der Anbauteile behandeln, wie jeweils anwendbar.

Geschweißte Stützen sind zu untersuchen, um sicherzustellen, dass die Nähte den Auslegungszeichnungen entsprechend geschweißt sind.

Die Güte und Festigkeit von Schraubverbindungen sind darauf zu prüfen, dass die freie Beweglichkeit von Laufstegen zwischen benachbarten Tanks gegeben ist.

Erdanschlüsse sind zu untersuchen, um sicherzustellen, dass sie vorschriftsmäßig angezogen und geschützt sind.

19.16.2 Anbauteile im Tankinnern

Neben der Überprüfung der Anordnung der Anbauteile (Rohre, Stützen, Verstärkungen usw.), ist die Güte der Schweißnähte zu untersuchen, um sicherzustellen, dass sie den Auslegungsanforderungen entspricht (keine Einbrandkerbe, kein Unterschreiten der erforderlichen Nahthöhe usw.). Beim Einbau der Anbauteile im Tankinnern muss mit Sorgfalt vorgegangen werden, um sicherzustellen, dass keine unerwünschten Stellen entstehen, an denen Lagergutreste zurückbleiben.

20 Dokumentation und Fabrikschild

20.1 Dokumentation

Anhand der Liste in Tabelle 33 muss der Besteller angeben, welche Unterlagen mindestens erforderlich und/oder zu prüfen sind.

ANMERKUNG Der Begriff „Dokumentation“ umfasst sämtliche Unterlagen, die vom Hersteller, vom Errichter und von der Prüforganisation erstellt wurden.

Die Unterlagen sind so zu kennzeichnen, dass sämtliche Produkte und Arbeiten bis zu der Bestellung, für die sie erstellt wurden, zurückverfolgt werden können.

Tabelle 33 — Liste der Unterlagen

Unterlagen	Gefordert	Geprüft	Bemerkungen
Auslegungsberechnungen			
Zeichnungen: Übersichtszeichnung; Lageplan; Detailzeichnungen: Dach, Mantel, Boden: Stützen und Anbauteile; Detailzeichnungen zu den Schweißungen Festdach: Rahmenwerk; Dachbleche Detailzeichnungen zu den Be- und Entlüftungsöffnungen Schwimmdach: Stützen, Eckbleche, Laufstege, Treppen und Geländer; Schwimmdecke; Abdichtung. Zeichnungen zu den Einzelheiten und der Anordnung von Ankerschrauben			
Prüfbescheinigungen der Lieferanten einschließlich Werkstoffbescheinigungen: Bleche; Rohre; Flansche; Schweißzusätze; Be- und Entlüftungseinrichtungen usw.			

Unterlagen	Gefordert	Geprüft	Bemerkungen
Schweißdokumente: Vorläufige Schweißanweisung (pWPS); Schweißanweisung (WPAR); Schweißerprüfbescheinigung; Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT); Schweiß- und Schweißer-Bezugszeichnung.			
Prüfdokumente: Zulassung von ZfP-Personal; Untersuchungs- und/oder Prüfverfahren; Bericht über Sicht- und Maßprüfung: Durchmesser; Senkrechtstellung; Bericht über die Eindringprüfung; Bericht über die Magnetpulverprüfung; Bericht über die Durchstrahlungsprüfung, Lageplan; Bericht über die Ultraschallprüfung, Lageplan; Bericht über die Dichtheitsprüfung der Bodenschweißnähte; Bericht über die Gasdruckprüfung der Verstärkungen; Bericht über die Bodenhöhenmessung; Bericht über die Mantelhöhenmessung; Bericht über die Analyse der Wasserqualität (für Tanks aus nichtrostendem Stahl); Bericht über die Wasserdruckprüfung; Bericht über die Gasdruckprüfung; Bericht zur Vermessung der Gründung.			
Heiz- oder Kühlsystem: Auslegungsberechnungen; Zeichnungen; Werkstoffbescheinigungen; Bericht über die Druckprüfung.			
Sicherheitssysteme			

20.2 Fabrikschild

An jedem Tank ist an der dafür vorgesehenen Stelle ein Fabrikschild anzubringen, das mindestens die folgenden Angaben enthalten muss:

- Name der Herstellerfirma;
- Auslegungsnorm (EN 14015: Jahr der Veröffentlichung aller in Bezug genommenen Überarbeitungen);
- Herstellungsjahr;
- Tankkennzeichen;
- Tankdurchmesser, in m;

- Höhe des Tankmantels, in m;
- Art des Tankdachs;
- Auslegungsdichte des Lagerguts, in kg/l;
- Auslegungsüberdruck, in mbar (g);
- Prüfdruck, in mbar (g);
- Auslegungsunterdruck, in mbar (g);
- Auslegungstemperatur (Mindestwert/Höchstwert), in °C;
- höchster Auslegungsfüllstand, in m;
- Füllhöhe für die Wasserdruckprüfung, in m; und
- Gesamtfassungsvermögen, in m³.

Bei Tanks mit festinstallierten Heiz- oder Kühlkreisläufen (siehe Anhang P) ist ein zusätzliches Fabrikschild am Ein- oder Auslassanschluss des Kreislaufs anzubringen, das mindestens folgende Angaben enthalten muss:

- Name der Herstellerfirma;
- Bauteilkennzeichen;
- Auslegungsnorm;
- Wärmeaustauscherfläche, in m²;
- Gesamtvolumen, in m³;
- Art des Wärmeübertragungsmittels;
- innerer Auslegungsüberdruck, in bar (g);
- äußerer Auslegungsdruck, in bar (g);
- innerer Auslegungsunterdruck, in bar (g);
- Auslegungstemperatur (Mindestwert/Höchstwert), in °C.

Anhang A
(normativ)

Angaben und Anforderungen, die zu dokumentieren sind

A.1 Vom Besteller zu liefernde Angaben

Die folgenden vom Besteller zu liefernden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden, sofern zutreffend:

- Auslegungsüberdruck und Auslegungsunterdruck (siehe 5.1 und Tabelle 3);
- Stahlsorte der nichtrostenden Stähle (siehe 6.2.1.2);
- Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit bei nichtrostenden Stählen (6.2.1.4);
- Anforderung an die Auslegung und Fertigung von Heizschlangen (6.2.5.5);
- Anforderung an feuerverzinkte Anker und lasttragende Schrauben (6.2.7);
- falls gefordert, Wert der seismischen Last einschließlich vertikaler und horizontaler Beschleunigungen für die Auslegung (siehe 7.2.11);
- Bodentyp, sofern es nicht um einen Einzelboden handelt (siehe 8.2.1);
- Gefälle des Bodens (siehe 8.2.1);
- Stumpfschweißen der Bodenbleche, falls diese nicht überlappend verschweißt sind (siehe 8.4.1);
- ob die Schweißnähte an der Unterseite der Versteifungsringe nicht unterbrochen oder unterbrochen sein müssen (siehe 9.3.1.1);
- die Neigung eines freitragenden Kegeldachs, der Krümmungsradius eines Kugelsegmentdachs und die Neigung eines Daches mit Stützen, falls diese von den Festlegungen in 10.2.2 abweichen;
- verschweißte Seite des Dachs und Größe der Überlappung (siehe 10.3.5);
- Anforderungen an das Be- und Entlüftungssystem (siehe 10.6.1);
- Ausschluss der Notentlüftung (siehe 10.6.2);
- Einbau von internen Schwimmdächern (siehe 10.7);
- Einbau von Schwimmdächern und Schwimmdachabdichtungen (siehe Abschnitt 11);
- Menge des stets im Tank vorhandenen Lagerguts (siehe 12.1);
- Ausführung der Deckel von Mannlöchern im Dach (siehe 13.3.1);
- Bohren von Flanschen (siehe 13.8);
- Ausgangshöhe für die Gründung und ihre zulässige Abweichung (siehe 16.2.2);
- Schutzüberzug an der Unterseite der Bodenbleche (siehe 16.6);
- Anordnung der zu überlappenden Bleche (siehe 16.8.3);

- ob die Dachbleche mit dem Gespärre zu verschweißen sind (siehe 16.8.4);
- Lagergut in Tanks mit internen Schwimmdächern und besondere Eigenschaften dieses Lagerguts (siehe C.3.2.1);
- Höchstwerte für den Durchsatz beim Füllen und Entleeren (siehe C.3.3.3);
- ob kein Sieb erforderlich ist (siehe C.3.4.1);
- Lage des Einlassdiffusors (siehe C.3.4.3);
- Lage des Schwimmdachs (siehe D.3.1);
- Auslegung und Art des Schwimmdachs (siehe D.3.4);
- zusätzliche Mannlöcher im Dach (siehe D.3.6);
- Schwimmdachentwässerung, falls nicht über Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme erfolgend (siehe D.3.8.1);
- ob Doppeldeckschwimmdächer mit offenen Dachentwässerungen auszurüsten sind (siehe D.3.8.1);
- maximale Durchsätze beim Füllen und Entleeren und besondere Anforderungen an die Be- und Entlüftungseinrichtungen (siehe D.3.11);
- Betriebs- und Reinigungsstellung der Stützen (siehe D.3.13);
- Füllstandspeileinrichtung (siehe D.3.14);
- ob keine Rollleiter erforderlich ist (siehe D.3.15);
- ob eine Probemontage und Inspektion eines Schwimmdachs erforderlich ist (siehe D.4);
- ob Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer erforderlich sind (siehe E.1);
- ob keine Witterungsschutzbleche erforderlich sind (siehe E.4);
- Verhinderung von Flammenrückschlag (siehe L.2.6);
- Verdampfungsrate (siehe L.3.2.1 c));
- maximaler Gasstrom bei Versagen des Deckgassystems (siehe L.4.3);
- Notdurchsatz für andere mögliche Ursachen (siehe L.4.4);
- Unterdrucknotbelüftung (siehe L.5);
- Betriebstemperaturbereich (siehe Q.2.4);
- Verfahrens-, Eignungs- und Annahmeprüfungen für Klebstoffe (siehe Q.3.3.1);
- Anforderungen an die Dicke der Dämmung oder den Wärmeverlust (siehe Q.6.1);
- Beschaffenheit der inneren Oberfläche des Tanks (siehe R.1.3.1);
- Aussehen und Oberflächenbeschaffenheit der Tankaußenseite (siehe R.2.1); und
- verwendetes Anstrichsystem (siehe R.2.2).

A.2 Vereinbarungen zwischen Besteller und Hersteller

Folgende Vereinbarungen zwischen Besteller und Hersteller sind zu dokumentieren:

- zusätzliche Anforderungen an Dachbleche und Stützenverstärkung (siehe Tabelle 3);
- Verwendung anderer als der in den Tabellen 5 bis 7 angegebenen Stahlsorten (siehe 6.1.1.1);
- Werkstoffe der Anbauteile, falls abweichend von den Werkstoffen der Mantelbleche (siehe 6.1.7.1);
- Nutzlasten (siehe 7.2.6);
- Einzellast (siehe 7.2.7);
- erwartete Lasten infolge von Setzung (siehe 7.2.13);
- Sonderlasten (siehe 7.2.14);
- Gefälle des Bodens, sofern größer als 1 : 100 (siehe 8.2.1);
- garantierte Restfüllmenge gegen Abheben des Bodens (siehe 8.2.3);
- Alternativprüfung, die anzuwenden ist, falls die maximale Dichte des Lagerguts 1,0 kg/l überschreitet (siehe 9.1.3);
- Mantelwanddicke bei Tanks aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser > 45 mm (siehe Tabelle 16);
- Auslegungsverfahren für Lastkombinationen (siehe 9.3.3.9);
- Schweißnahtfaktor, falls abweichend von festgelegten Werten (siehe 10.3.6);
- Mindestgröße von Mannlöchern (siehe 13.1.1);
- Einzelheiten bei anderen als in der Norm festgelegten Stützen (siehe 13.3.2);
- Kreuzen von Stützen mit Mantelschweißnähten (13.7.2);
- Verfahren zum Heizen oder Kühlen des Lagerguts (siehe 13.10);
- Verfahren zur Werkstoffkennzeichnung (siehe 15.4);
- mechanisches Schneiden von Blechen mit einer Dicke von mehr als 10 mm (siehe 15.5);
- nicht in der Norm festgelegte Abstände zwischen Öffnung und Blechkante (siehe 15.5);
- thermisches Schneiden von Rohrenden (siehe 15.6);
- Auslegungsverfahren und Fertigungstoleranzen für Auslegungsunterdrücke größer als 8,5 mbar (siehe 16.1.7);
- Reparaturverfahren für beschädigte Teile (siehe 16.5);
- Verbindung von Schweißbadsicherungen mit den Bodenblechen (siehe 18.33);
- Strahlungsquelle (siehe 19.9.1);
- Verwendung von anderen Flüssigkeiten als Wasser bei der Wasserdruckprüfung (siehe 19.13.1);
- ob der Tank vor der Prüfung mit einem Anstrich zu versehen ist (siehe 19.13.1);

- Verwendung von anderem Wasser (siehe 19.13.4);
- Füllgeschwindigkeit (siehe 19.13.6);
- Verwendung von nicht genormten Schwimmdachtypen (siehe D.2);
- andere als die genormten Ausführungen von Schwimmdächern (siehe D.3.1);
- besondere Anforderung an ein Schwimmdach (siehe D.3.2.4);
- Alternativwerte für die Nutzlast bei auf seinen Stützen ruhendem Schwimmdach (siehe D.3.3 b));
- Verwendung alternativer Werkstoffe (siehe F.1);
- spezielle Prüfverfahren für den linienförmig aufgelagerten Boden (siehe H.1.7);
- Inspektion des Doppelbodens durch eine dritte Partei (H.2.3.6);
- Verfahren zur Bewertung des Reißverhaltens (siehe K.2);
- Sicherheitsbeiwert bei Dächern mit Reißnaht (siehe K.4);
- Einzelheiten der Tankverankerung (siehe M.1);
- Markendämmsystem (siehe Q.1); und
- Grundlage für die Windlastberechnungen (siehe Q.2.3).

A.3 Vom Hersteller zu liefernde Angaben

Die folgenden vom Hersteller zu liefernden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- sofern erforderlich, die bei der Montage des Tanks anzuwendenden Verfahren, einschließlich der Verfahren, um Bleche in der richtigen Lage für das Schweißen zu halten, der Reihenfolge von Montage und Schweißen, des Zugangs zu den Schweißstellen und der Verfahren, um Windschäden bei der Errichtung zu vermeiden (siehe 16.1.5);
- Einzelheiten der Auslegung des Verankerungssystems, um sicherzustellen, dass bei der Auslegung der Gründung die erforderlichen Verankerungen vorgesehen und die damit verbundenen Lasten berücksichtigt werden (siehe 16.3);
- für jedes ausgeführte Prüfverfahren eine Beschreibung der dafür gewählten Verfahren und Methoden (siehe 19.3);
- Dokumentation für den Doppelboden (siehe H.2.3.1); und
- Werkstoffprüfbescheinigungen (siehe 19.4.1).

A.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben

Die folgenden vom Stahlhersteller zu liefernden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- Werte der Streckgrenze des Stahls bei erhöhter Temperatur bei Auslegungswandtemperaturen höher als 100 °C und für Stähle, die nicht mit Tabelle 8 übereinstimmen, falls abweichend von 6.1.1.2, 9.3.3.7 und 9.3.3.9.

A.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben

Die folgenden zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarenden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- Nachweisverfahren für Stähle, für die nachgewiesen ist, dass sie gegen Alterung unempfindlich sind, falls die höchste Auslegungswandtemperatur 250 °C überschreitet (siehe 6.1.1.3);
- Werkstoffkennzeichnung (siehe 6.2.2); und
- Nachweisverfahren für die Auswirkung der Alterung (siehe F.4.3).

A.6 Zwischen Besteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben

Die folgenden zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- Ausrüstung zur Prüfung des elektrischen Widerstands (siehe C.4.3.3);
- Dichtungsart, falls abweichend von den Festlegungen in C.3.2.3 und Anhang E.

A.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben

Die folgenden zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- Vorkehrungen für die Einhaltung ausreichender Abstände, bei Tanks zulässige Abweichungen, Anordnung der Tanktreppe(n), Einbau einer Schwimmersauganlage, Einbau von festen Dachbe- und Dachentlüftungseinrichtungen und Einbau eines Einlassdiffusors (siehe C.3.1.1).

A.8 Vom Schwimmdachlieferanten zu liefernde Angaben

Die folgenden zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben müssen in vollem Umfang dokumentiert werden:

- Nachweis, dass die Schwimmdecke und ihre Abdichtung die festgelegten Luftreinhaltungsanforderungen einhalten (siehe C.3.1.5);
- vollständige Werkstoffspezifikation (siehe C.3.2.1); und
- Betriebsanweisungen (siehe C.5).

A.9 Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahl tanks zu vereinbarende Angaben (siehe auch EN 1995-1-5)

- dem Tankhersteller zur Verfügung zu stellende Auslegungsdaten (siehe S.1.3.1);
- dass die Stützen im Falle von Dächern mit festen Stützen unmittelbar und starr am Tank anzubringen sind und dass die Oberseite des Tanks so ausgelegt sein muss, dass sie den vom Dach übertragenen waagerechten Seitenschub aufnimmt (siehe S.1.3.1);
- Oberflächengüte des Werkstoffs (siehe S.1.4.2);
- Wartungs- und Inspektionshandbuch (siehe S.1.4.3);

- gerichtliche Anforderungen (siehe S.1.4.4);
- die vollständige vorzulegende Werkstoffspezifikation (siehe S.2.1);
- Dichtstoffe und Flachdichtungswerkstoffe (siehe S.2.5);
- Dachluken (siehe S.2.6 und S.8.3.2);
- Bohrungen für Schrauben und Befestigungsmittel (siehe S.3.2.2);
- Innendruck (siehe S.4.3);
- vom Kugelsegment übertragener waagerechter Schub (siehe S.5.2.1);
- Isolierung von Aluminiumteilen, um zu verhindern, dass sie mit unlegiertem Stahl in Berührung kommen (siehe S.5.3);
- Erdung (siehe S.5.4);
- Radius des Kugelsegments (S.6.2);
- Plattform, Laufstege und Geländer (S.7);
- vorzusehende Luken (siehe S.8.21);
- Abdichtungen am Tankmantel (siehe S.9);
- Prüfung des Dachs (siehe S.10.1);
- ob gasdichte Dächer erforderlich sind (siehe S.10.1.2);
- Dichtheitsprüfung von gasdichten Dächern (siehe S.10.1.2);
- Vorlage von zufriedenstellenden Untersuchungsaufzeichnungen (siehe S.11.3).

A.10 Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben

- Umgang mit dem (den) Werkstoff(en) während des Versands, des Transports und auf der Baustelle (siehe S.11.5);
- Messung des Tankmantels (siehe S.12.2);
- geforderte Informationen und das Verfahren zur Überprüfung der Stabilität des Mantels unter den vom Kugelsegmentdach aufgebrachten Lasten (siehe S.12.1).

A.11 Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben

- Dachluken (siehe S.8.3);
- vom Dach ausgehende Lasten und Reaktionen (siehe S.12.3).

Anhang B (informativ)

Erwägungen zum Betrieb und zur Sicherheit von Lagertanks

B.1 Allgemeines

Zweck dieses Anhangs ist, den Bestellern von Lagertanks zusätzliche Informationen zu einigen dieser Punkte zu geben, die in Betracht zu ziehen sind, und Angaben zu machen, die bei der Erstellung detaillierter Anforderungen hilfreich sein können.

ANMERKUNG Es wird darauf hingewiesen, dass örtliche/nationale Gesetze/Bestimmungen weitere oder andere einzuhaltende Anforderungen enthalten können.

B.2 Tanktyp

B.2.1 Lagergut

Art und Eigenschaften des Lagerguts sind die wichtigsten Kriterien für die Auswahl des zu verwendenden Tanktyps, d. h. Festdachtank mit oder ohne Druckentlastungsventile oder Schwimmdachtank mit oder ohne geodätisches Kugelsegmentdach aus Aluminium oder Festdachtank mit internem Schwimmdach.

Für flüssige Kohlenwasserstoffprodukte bestehen Anleitungen für die Praxis, wie z. B. der Model Code of Safe Practice, Part 19, 3. Ausgabe, 2012, „Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations“ [4], „Flammable and combustible liquid code“, in denen geeignete Anforderungen anhand von Klassifizierungssystemen für die Lagergüter auf Grundlage ihres Flammpunkts in geschlossenen Systemen erstellt werden. Trotz der im Global harmonisierten System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) in Übereinstimmung mit der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 festgelegten Vorgaben bestehen Unterschiede zwischen den in den oben angegebenen Dokumenten festgelegten Klassifizierungssystemen und ist es für die Kategorisierung der Lagergüter wichtig festzulegen, welches System gilt, um feststellen zu können, welcher Tanktyp für die Lagerung des betreffenden Erzeugnisses am besten geeignet ist.

In der Erdölchemie war es bisher gängige Praxis, Erzeugnisse mit Dampfdrücken zwischen 1·5 psia (103 mbara) und 11·1 psia (765 mbara) in Tanks mit Schwimmdächern zu lagern. Erzeugnisse mit einem Dampfdruck kleiner als 1·5 psia (103 mbara) wurden in Tanks mit Festdach gelagert, während Erzeugnisse mit einem Dampfdruck größer als 11·1 psia (765 mbara) in Druckbehältern oder -kugeln oder in gekühlten Lagertanks oder Kryogentanks gelagert wurden. Um jedoch die Lagerung von mit (Bio-)Ethanol vermischten Kraftstoffen zu ermöglichen, wurde der für Schwimmdächer geltende Grenzwert von 11·1 psi (765 mbar) auf 12·5 mbar (862 mbar) angehoben. Diese Erhöhung machte es notwendig, weitere Maßnahmen zu ergreifen und Studien zur Risikokontrolle durchzuführen. Für diese hohen Dampfdrücke sind entsprechende Änderungen an Auslegung und Betrieb von Tankbauteilen erforderlich.

Zu den möglichen Szenarien zur Minderung des Brandrisikos und zur Erhöhung der Sicherheit des Personals gehören:

- a) die Anbringung von Bronzerädern an der Rollleiter und von Bronzewalzen entlang der Führungsstange;
- b) der Einbau von Dichtungen über Öffnungen in Stützwinden und über Öffnungen in den auslaufenden Rädern/Führungsstangen;
- c) der Einbau von zusätzlichen Nebenwiderständen an den Ringspaltabdichtungen;

- d) die Verringerung der Hebungs- oder Senkungsgeschwindigkeit der Schwimmdächer, um die Entstehung unterschiedlicher Potenziale zu begrenzen;
- e) die Begrenzung oder Verwehrung des Zugangs zu den Schwimmdächern, weil sich durch Freisetzung aus dem Lagergut Gase oder gefährliche Dampf-Luft-Gemische über dem Schwimmdach entwickeln können, wenn der Füllstand mehr als 1,3 m unter dem oberen Bordwinkel des Tankmantels steht;
- f) der Einbau von Druckentlastungsventilen an der Innenmembran, um zu verhindern, dass sich übermäßige Gasdrücke entwickeln (siehe auch das nachstehende Flussdiagramm für die Auswahl eines geeigneten Tanksystems in Abhängigkeit von den TVP des betreffenden Lagerguts).

B.2.2 Auswahl des Lagertanktyps anhand des besten Wirkungsgrades in Bezug auf die Minderung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)

Basierend auf der in EEMUA 213:2012, „*Emission reduction from oil storage tanks and loading operations*“ dargelegten Theorie wurde ein Auswahlflussdiagramm implementiert, das zur Auswahl des geeigneten Lagertanktyps anhand des Parameters „Wahrer Dampfdruck“ herangezogen werden kann; dieser ist bei der tatsächlichen Lagertemperatur zu bestimmen und aus dem Dampfdruck nach Reid (RVP) des Lagerguts abzuleiten.

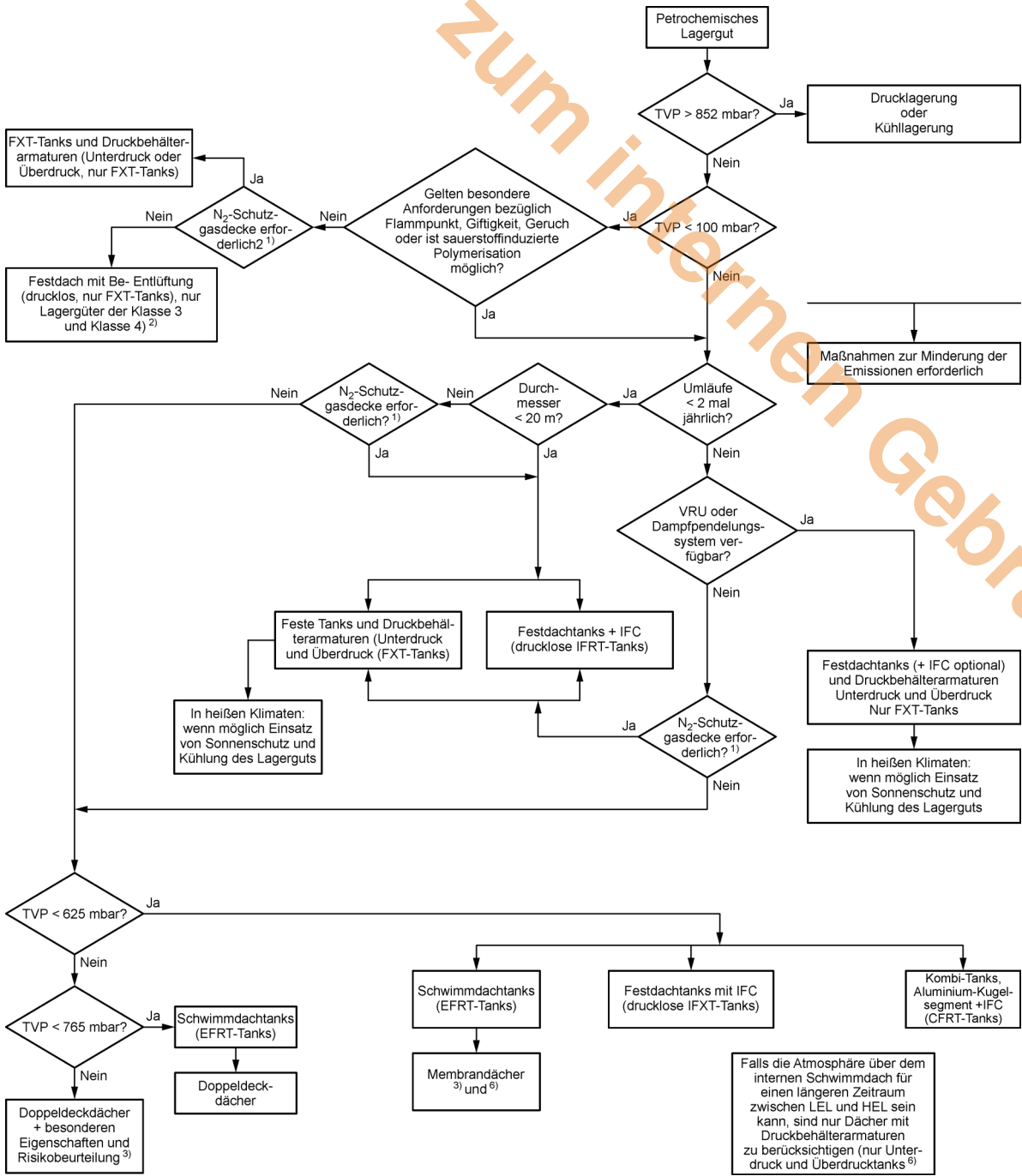


Bild B.1 — Flussdiagramm für die Auswahl des Lagertanktyps anhand des Parameters „Wahrer Dampfdruck“

B.2.3 Klimatische und geologische Bedingungen am Standort

Das Auftreten hoher Schneelasten oder sehr starker Winde kann die Auswahl der Tankausführung beeinflussen. So können extreme Bedingungen die Verwendung von Tanks mit Schwimmdächern ausschließen und Festdach tanks mit oder ohne interne Schwimmdächer erforderlich machen.

Weitere wichtige Faktoren, die die Auswahl sowohl des Typs als auch der Größe des Tanks bestimmen, sind die Gründungsbedingungen und die Stärke seismischer Aktivitäten. Im Allgemeinen sind Festdächer auf Stützsäulen nur schwer für Standorte auszulegen, an denen mit beträchtlicher Setzung zu rechnen ist; einer begrenzten Setzung kann dagegen durch entsprechende Vorkehrungen Rechnung getragen werden. Tanks ohne Festdächer auf Stützsäulen sind bei gleichmäßiger Setzung weniger anfällig, bei Setzungsunterschieden

Normen-Ticker - 1. Arge TPO e. V. Technische Prüforganisation - Kd.-Nr. 3300767 - Abo-Nr. 00002910/002/001 - 2017-11-17 14:29:46

können jedoch erhebliche Probleme durch Formänderung des Mantels verursachen und zu einem Versagen des Tankbodens führen.

An Membranschwimmdächern wurden bei bestimmten Windbedingungen Ermüdungsrisse festgestellt, die Versteifungen oder die Verwendung von Doppeldeckschwimmdächern erforderlich machen können (siehe Anhang D und Anhang U).

B.3 Erwägungen zu Gefahren für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt

Viele in Tanks gelagerte Produkte sind leicht entflammbar, andere können korrosiv oder gesundheitsgefährdend sein. Derartige Güter können Boden, Grundwasser, Seen oder Flüsse verunreinigen oder die Atmosphäre verschmutzen, wenn sie ins Freie gelangen. Sie können eine Gefahr für die Gesundheit sowohl der Mitarbeiter als auch der Allgemeinheit darstellen; darüber hinaus kann ein ernstes Explosions- oder Brandrisiko bestehen. Bei der Auslegung des Gesamtsystems ist deshalb der Umfang der Sicherheitsvorkehrungen zu berücksichtigen, mit dem derartige Undichtheiten verhindert und das damit verbundene Risiko auf ein Mindestmaß verringert und eine Ausbreitung des Lagerguts im Fall von Undichtheiten begrenzt werden kann.

Anforderungen an Tankwälle und Abstände zwischen den Tanks sowie grundlegende Ausführungen hierzu sind in einer Reihe von Anleitungen für die Praxis im Umgang mit den verschiedenen Lagergütern enthalten. Der Model Code of Safe Practice [4] und NFPA 30 [2] werden häufig herangezogen, um folgende Parameter festzulegen:

- den Abstand von Lagertanks zur Umzäunung der Anlage;
- die Abstände zwischen den Tanks; und
- die Anzahl an Tanks, die durch einen einzigen Wall geschützt werden können, usw.

Für weitere Informationen zur Auswirkung von Lagersystemen auf die Umwelt wird auf Anhang V verwiesen.

Obgleich grundlegende Überlegungen zur Tankauslegung und Anlagenplanung darauf gerichtet sind, das Risiko, dass Lagertanks in Brand geraten, auszuschließen, können Tankbrände nicht ausgeschlossen werden, weswegen es notwendig ist, die Installation von Wasserkühlsystemen und anderen Hilfsmitteln zur Brandbekämpfung bei der Auslegung von Tanks von Beginn an zu berücksichtigen. Bei Schwimmdachtanks besteht die Gefahr von Bränden am Rand des Tanks, z. B. durch Blitzeinschlag; hier können automatische Feuerlöscheinrichtungen, die Flüssigkeiten versprühen oder mit speziellen Löschschäumen arbeiten, installiert werden. Diese Flüssigkeiten sind jedoch gewöhnlich giftig und mit Vorsicht zu verwenden. Es ist unerlässlich, dass zur Bewertung der Brandbekämpfungsverfahren entsprechende Spezialisten herangezogen werden. Häufig werden Trockensteigleitungen und Ringleitungen um Tanks vorgesehen. Es sollte ein freier Zugang zum Windverband, von dem aus der Brand bekämpft werden kann, vorgesehen werden, vorausgesetzt, dass auch geeignete Fluchtwege einbezogen werden. Sollen Brände vom Boden aus bekämpft werden, so müssen geeignete Freiflächen um den Tank in Betracht gezogen werden, die für das einzusetzende Feuerlöschgerät ausreichende Abstände zum Tank ermöglichen.

Darüber hinaus ist es erforderlich, den Schutz benachbarter Tanks und Verarbeitungsanlagen sowie der Umgebung im Falle eines Tankbrandes ebenfalls von Beginn an bei der Auslegung zu berücksichtigen, da dies Einfluss auf die Abstände und die Errichtung von Tankwällen hat.

B.4 Anbauteile an Tanks für Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen

Konstruktion und Fertigung von Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen erfolgen häufig nicht beim Konstrukteur oder Hersteller des Tanks, sondern werden von anderen Firmen im Rahmen getrennter Verträge geleistet. Müssen diese Einrichtungen am Tank selbst angebracht werden, so sollte dies durch Schraubverbindungen erfolgen. Ist ein Anschweißen unmittelbar am Tragwerk des Tanks unumgänglich, so sollten dazu vom Errichter des Tanks vor der Wasserdruckprüfung entsprechende Bleche oder Träger am Tank angeschweißt werden. Die genaue Auslegung, Schweißung und Inspektion dieser vorinstallierten Bleche oder Träger sollten die entsprechenden Anforderungen des vorliegenden Dokuments erfüllen.

Anhang C
(normativ)

Anforderungen an interne Schwimmdächer

C.1 Allgemeines

In diesem Anhang werden die Mindestanforderungen an Werkstoffe, konstruktive Gestaltung, Herstellung, Prüfung und Betrieb von Schwimmdecken für Tanks zur Lagerung flüchtiger Stoffe fest. Außerdem wird darin die Auslegung von zugehörigen Einbau- und Zubehörteilen festgelegt. Er gilt für Schwimmdecken sowohl für neue als auch für bereits bestehende Tanks.

Dieser Anhang legt Anforderungen an eine Reihe verschiedener Ausführungsarten von Schwimmdecken fest, die nachstehend näher beschrieben sind und sich grundsätzlich in zwei Gruppen einteilen lassen: vollflächig auf der Membranoberfläche aufliegende Schwimmdächer (aufliegende Ausführungen bzw. Kontaktdecken) und Schwimmdächer mit Gasraum zwischen Flüssigkeit und Deckenmembran (nicht aufliegende Ausführungen).

Schwimmdecken werden auch als Innenschwimmdecken oder Innenmembranen bezeichnet und sollten nicht mit externen Schwimmdächern verwechselt werden (siehe Anhang D).

Schwimmdächer befinden sich im Innern von Festdachtanks und sind gegen Witterungseinflüsse geschützt.

Schwimmdächer können aus einem der folgenden Gründe eingebaut werden:

- a) Minderung von Verdampfungsemissionen, z. B. Atmungs- und Befüllungsverluste und damit verbundene Luftverschmutzung;
- b) Minderung des Eintritts von Verunreinigungen aus der Luft, z.B. Regenwasser, Sand und andere Feststoffe, in das Lagergut;
- c) Verringerung der Geruchsbelästigung auf ein Mindestmaß;
- d) Verringerung der Gefährdung durch elektrostatische Aufladungen, hervorgerufen durch hochaufgeladene Lagergüter; und
- e) zur Wärmedämmung bei der Lagerung von schwerem Heizöl als Alternative zur Wärmedämmung des Dachs.

ANMERKUNG 1 Die letztgenannte Anwendung erfordert besondere Überlegungen bei der konstruktiven Gestaltung, die in diesem Anhang nicht berücksichtigt sind.

Schwimmdächer werden auch für Tanks zur Lagerung anderer Güter wie Chemikalien, entmineralisiertes Wasser, Trinkwasser und Abwasser verwendet. Auch hierfür gelten besondere Anforderungen, die in diesem Anhang nicht berücksichtigt werden, und potentiellen Anwendern wird nahegelegt, vor Durchführung derartiger Einbauten mit dem Lieferanten Rücksprache zu nehmen.

ANMERKUNG 2 Schwimmdächer werden bei Tanks mit Durchmessern kleiner als 6 m gewöhnlich nicht verwendet; Grund dafür sind Schwierigkeiten beim Einpassen der Randabdichtung bei starker Krümmung des Tankmantels, d. h. bei Tanks mit einem Fläche/Umfang-Verhältnis kleiner als 1,5. Obergrenzen des Tankdurchmessers für den Einbau einer Schwimmdecke gibt es nicht. In diesem Anhang werden daher Anforderungen an den Einbau von Schwimmdecken in Tanks mit Durchmessern ab 6 m festgelegt.

ANMERKUNG 3 Bei Heißenarbeiten in bereits bestehenden Tanks sollten Vorsichtsmaßnahmen zur Sicherstellung der Gasfreiheit des Tanks getroffen werden.

C.2 Arten von internen Schwimmdächern

Die meisten der üblichen internen Schwimmdächer bestehen aus vorgefertigten Bauteilen, die im Innern des Tanks verschraubt/verschweißt oder geschichtet miteinander verbunden werden.

ANMERKUNG 1 Bild C.1 zeigt ein typisches internes Schwimmdach in einem Festdachtank.

Das interne Schwimmdach muss zu einer der folgenden Ausführungsarten gehören:

f) Typ 1 internes Metallschwimmdach auf Schwimmern (nicht aufliegende Ausführung)

Dieser Typ besteht aus einem dünnen Blech, üblicherweise aus einer Aluminiumlegierung oder aus nichtrostendem Stahl, das an einem Gitterrahmen aus demselben Werkstoff befestigt ist. Er wird von röhrenförmigen Schwimmern (Pontons) getragen. Am Rand des internen Schwimmdachs und um alle Säulen und sonstigen Öffnungen, mit Ausnahme der zur Verhinderung eines Zurückströmens des Lagergutes auf das Dach ausgelegten Ablauföffnungen, muss ein Bord vorgesehen sein, das bis zu einer Tiefe von mindestens 100 mm in das Lagergut eintaucht.

ANMERKUNG 2 Wenn Schwimmdächer dieses Typs auf dem Lagergut schwimmen, bildet sich ein Satteldampfraum zwischen der Flüssigkeit und der Unterseite des internen Schwimmdachs.

g) Typ 2 internes Sandwich-Schwimmdach aus Hartschaumkern und Deckblechen (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Typ besteht aus einer Hartschaumplatte (üblicherweise Polyurethan) als Kern, der beidseitig mit dünnen Blechen, üblicherweise aus Aluminium, verklebt ist.

ANMERKUNG 3 Das Schwimmdach schwimmt direkt auf dem Lagergut, es gibt keinen Dampfraum unterhalb des internen Schwimmdachs, und zusätzliche Schwimmerrohre sind üblicherweise nicht erforderlich.

ANMERKUNG 4 Abhängig von der Ausführung und den gewählten Werkstoffen des internen Schwimmdachs sowie vom Lagergut kann es zu einer Absorption des Lagerguts in die Platten kommen, was zu einer Delaminierung zwischen Schaumstoff und Deckblech des internen Schwimmdachs führen kann.

h) Typ 3 internes Sandwich-Schwimmdach aus Deckblechen und Wabenkern (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Typ entspricht Typ 2; der Kern besteht jedoch aus wabenförmigen Aluminiumelementen zwischen zwei Lagen aus Aluminiumblech.

i) Typ 4a internes Sandwich-Schwimmdach aus GFK-Platten (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Schwimmdachtyp besteht aus Wabenplatten oder Strukturschaum, die (der) auf der Baustelle zwischen Lagen aus glasfaserverstärktem Vinylester (oder einem ähnlichen Werkstoff) schichtverleimt werden (wird) und auf diese Weise ein nahtloses Bauelement in einem Stück bilden (bildet).

Typ 4b Dieser Typ entspricht Typ 4a, besteht aber aus vorgefertigten Platten, die miteinander verraubt werden, um ein internes, vollflächig aufliegendes Schwimmdach zu bilden.

j) Typ 5 internes Schwimmdach in Metall-Pfannenkonstruktion (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Typ besteht aus einer ebenen Mittelmembran mit einem äußeren Randblech, die auf der Flüssigkeit schwimmt. Das interne Schwimmdach kann aus einem Schwimmer bestehen oder in einzelne Kammern unterteilt (abgeschottet) sein, um seinen Auftriebssicherheitsbeiwert zu erhöhen, was das Sinken des Dachs im Falle eines Lecks in der Dachstruktur verhindert. Dabei handelt es sich üblicherweise um eine Schweißkonstruktion.

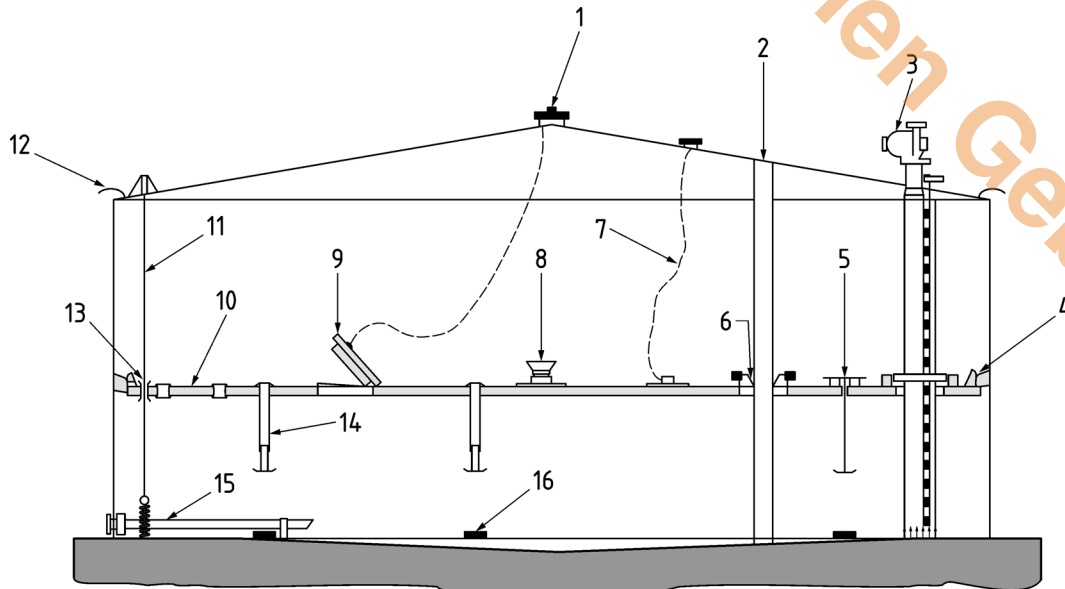
k) Typ 6 internes Schwimmdach mit Metallponton (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Typ entspricht Typ 5, verfügt jedoch über einen äußeren Ring aus Pontons oder Schwimmerrohren am Rand und ist üblicherweise eine Schweißkonstruktion.

l) Typ 7 internes Metall-Doppeldeckschwimmdach (vollflächig aufliegende Ausführung)

Dieser Typ ist auf der Ober- und Unterseite mit durchgehenden und geschlossenen Decks versehen, die abgeschottete Kammern für den Auftrieb enthalten und ist üblicherweise eine Schweißkonstruktion.

ANMERKUNG Beispiele für verschiedene Schwimmdeckentypen sind in Bild C.2 dargestellt.



Legende

1	Mannloch mit Peilluke	9	Mannloch
2	Dachstütze	10	Abdeckung
3	Füllstandanzeiger	11	Verdrehsicherung
4	Randabdichtung	12	Entlüftungshaube
5	Entlüfter	13	Seildurchführung
6	Dachstützendichtung	14	Deckenstützen
7	Erdungskabel	15	Eintrittsrohr/-diffusor
8	Peiltrichter	16	Bodenverstärkungsbleche

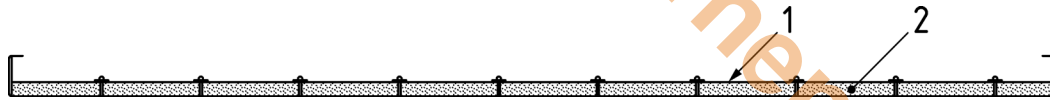
Bild C.1 — Beispiel für den Einbau einer typischen Schwimmdecke in einem Festdach-Lagertank



Legende

- 1 dünnes Blech
- 2 Schwimmerrohr

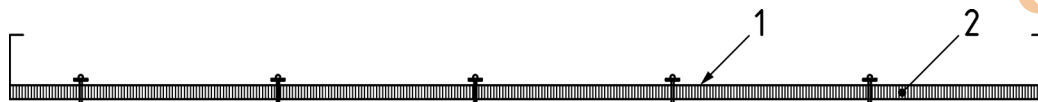
a) Typ 1 — Internes Metallschwimmdach auf Schwimmern (nicht aufliegende Ausführung)



Legende

- 1 Metallblech
- 2 Polyurethan-Sandwichplatte

b) Typ 2 — Internes Sandwich-Schwimmdach aus Hartschaumkern und Deckblechen (vollflächig aufliegende Ausführung)



Legende

- 1 Metall
- 2 Metallwaben-Sandwichplatte

c) Typ 3 — Internes Sandwich-Schwimmdach aus Deckblechen und Wabenkern (vollflächig aufliegende Ausführung)

Bild C.2 — Beispiele für verschiedene Ausführungsarten von Schwimmdecken

C.3 Anforderungen an Auslegung und Ausführung

C.3.1 Auslegung

C.3.1.1 Allgemeines

Das interne Schwimmdach muss so ausgelegt sein, dass es für den Lagertank, in den es eingebaut wird, sowie für das Lagergut und die Häufigkeit des Füllens und Entleerens geeignet ist.

Das interne Schwimmdach muss so ausgelegt und ausgeführt sein, dass es waagrecht schwimmt und unter normalen Betriebsbedingungen kein Lagergut auf die Oberseite des internen Schwimmdachs gelangen kann.

Die maximale Betriebsstellung muss so eingestellt sein, dass sichergestellt ist, dass kein Teil eines internen Schwimmdachs an das Tankdach oder das Dachgespärre anstoßen oder Be- und Entlüftungsöffnungen oder Schaumüberwachungseinrichtungen im oberen Teil des Schwimmdachhubes verschließen kann.

Die Stützen des internen Schwimmdachs und die Anbauteile der Deckstruktur (wie z. B. Verstärkungsbleche und Ponton-Knotenbleche) müssen so ausgelegt sein, dass sie die in H.4.2.2.2 aufgeführten Lastkombinationen ohne Überschreitung der zulässigen Spannungen aufnehmen können. Basierend auf den vom Besteller festgelegten erwarteten Bedingungen sind darüber hinaus ungleichmäßige Setzungen der Stützen oder sonstige ungleichmäßige Lastverteilungen zu berücksichtigen. Die Anwendung ungleichmäßiger Lasten erfolgt nach Vereinbarung zwischen Bestellung und Hersteller.

Lastkombination für Schwimmdachstützen.

Die Belastung von Schwimmdachstützen (Stützen oder Kabel) muss folgende Anforderungen erfüllen:

$$D_f + (\text{den größeren Wert von}) P_{fe} \text{ oder } L_{f1} \text{ oder } L_{f2}$$

Dabei ist

- D_f das Eigengewicht des internen Schwimmdachs, einschließlich des Gewichts der Schwimmerabteile, Dichtungen und aller sonstigen Schwimmdächer und Anbauteile;
- L_{f1} die Nutzlast des internen Schwimmdachs (0,6 kPa, falls keine automatischen Entwässerungseinrichtungen vorgesehen sind, oder 0,24 kPa, falls automatische Entwässerungseinrichtungen vorgesehen sind);
- L_{f2} die auf das interne Schwimmdach wirkende Einzellast von mindestens zwei an beliebiger Stelle auf dem Dach laufenden Männern. Eine an beliebiger Stelle auf das Dach aufgebrachte Last von 2,2 kN auf einer Fläche von 0,1 m² stellt zwei gehende Männer dar;
- P_{fe} der äußere Auslegungsdruck des internen Schwimmdachs (mindestens 0,24 kPa).

ANMERKUNG Mit Zustimmung des Bestellers kann L_{f2} bei Dächern mit einem Durchmesser kleiner als 9 m (bei dem interne Schwimmdächer instabil werden können) verändert werden, um den Bedarf nach Zugänglichkeit und den erwarteten Einzellasten Rechnung zu tragen.

Die für Tragseile zulässige Last muss mit einem Sicherheitsbeiwert von 5 auf die Bruchfestigkeit der Seile und ihrer Verbindungen bestimmt werden. Seile und ihre Verbindungen müssen für die in H.4.2.2.2 aufgeführten Lastkombinationen ausgelegt werden.

Die folgenden Einzelheiten sind zu vereinbaren (siehe A.7):

- a) Einhaltung eines ausreichenden Abstands zwischen dem internen Schwimmdach in seiner höchstmöglichen Betriebsstellung und dem Dachgespärre und anderen Hindernissen, wie z. B. Schaumüberwachungseinrichtungen;
- b) zulässige Abweichungen des Tanks von der Rundheit, siehe Abschnitt 18;
- c) Anordnung der Tanktreppe am Mantel und der Anbauteile im Tankinnern;
- d) Einbau einer Schwimmersauganlage, falls festgelegt;
- e) Einbau von festen Dachbe- und -entlüftungsventilen; und
- f) Einbau eines Einlassdiffusors.

C.3.1.2 Schwimmfähigkeit

C.3.1.2.1 Interne Metallschwimmdächer auf Schwimmern (Typ 1)

Bei der Schwimmfähigkeit muss eine Sicherheitsreserve von mindestens 100 % vorhanden sein, d. h. die Schwimmfähigkeit muss für mindestens das Doppelte des Gewichtes der Schwimmdecke im Einbauzustand ausreichen. Diese Überprüfung der Schwimmfähigkeit muss auf einem internen Schwimmdach beruhen, das auf einer Flüssigkeit mit einer niedrigsten Dichte von 0,7 schwimmt.

Rohrförmige Schwimmzellen müssen vor dem endgültigen Einbau entweder mit Luft und blasenbildender Lösung oder unter Wasser mit Luft auf Dichtheit geprüft werden. Nach der Prüfung sind sie dauerhaft zu verschließen.

C.3.1.2.2 Interne Sandwich-Schwimmdächer aus Hartschaumkern und Deckblechen oder aus Wabenkern und Deckblechen oder aus GFK-Platten (Typen 2, 3 und 4)

Bei der Schwimmfähigkeit muss eine Sicherheitsreserve von mindestens 100 % nach C.3.1.2.1 vorhanden sein.

C.3.1.2.3 Interne Metallpfannen-, Ponton- oder Doppeldeck-Schwimmdächer (Typen 5, 6 und 7)

Bei der Schwimmfähigkeit muss eine Sicherheitsreserve von mindestens 100 % nach C.3.1.2.1 vorhanden sein. Herstellung und Einbau von internen Schwimmdächern in Pfannenkonstruktion aus Flusstahl müssen in Übereinstimmung mit den Abschnitten 6, 16, 17, 18 und 19 erfolgen.

C.3.1.3 Abstandsmaße im Einbauzustand

Das interne Schwimmdach muss so ausgelegt, ausgeführt und eingebaut werden, dass es seine Aufgabe im gesamten für seine Schwimmhöhe vorgesehenen Bereich (Hub) ohne Schäden am Dach selbst, am Tank oder an gegebenenfalls vorhandenen Einbauteilen vorschriftsmäßig erfüllen kann.

ANMERKUNG Bei Tanks, die durch den Einbau eines internen Schwimmdachs in Tanks mit internem Schwimmdach umgebaut wurden, kann eine Absenkung der maximalen Füllstandhöhe erforderlich sein, um eine Behinderung des internen Schwimmdachs durch Objekte im Tankinnern, wie z. B. ein festes Dachgespärre oder Schaumkammern, zu vermeiden.

Das interne Schwimmdach darf an keinem Punkt seines Auslegungshubs Tankanbauten, Rührwerke, Rohrleitungen, Pegelstandsmesser, Schächte oder Stützen berühren oder behindern.

C.3.1.4 Kompatibilität der Werkstoffe

Die Werkstoffe aller Bauteile, einschließlich gegebenenfalls verwendeter Klebstoffe, müssen für das (die) festgelegte(n) Lagergut (Lagergüter) sowie für alle sonstigen Betriebsbedingungen, wie z. B. korrosive Umgebungen, geeignet sein. Die Werkstoffe sollten unter allen Umständen und Bedingungen ein angemessenes Verhalten zeigen; dazu gehört auch ein angemessenes Korrosionsverhalten.

Alle Bauteile von internen Schwimmdächern sind so auszuwählen und zu fertigen, dass eine übermäßige Absorption von Lagergut oder Lagergütdämpfen verhindert wird.

Alle Nähte und sonstigen Verbindungen in und an internen Schwimmdächern, die flüssigkeits- oder dampfdicht sein müssen, sind auf Dichtheit zu prüfen, wobei Verfahren und Annahmekriterien anzuwenden sind, zwischen Besteller und Lieferant des internen Schwimmdachs zu vereinbaren sind.

C.3.1.5 Wirkungsgrad in Bezug auf die Minderung von Emissionen

Es muss nachgewiesen werden, dass das interne Schwimmdach und sein Abdichtungssystem den in der Bestellung festgelegten Luftreinhaltungsanforderungen entsprechen (siehe A.8).

C.3.1.6 Elektrischer Widerstand

Schwimmdächer sollten so ausgelegt sein, dass die Akkumulation elektrostatischer Ladungen auf ein Mindestmaß verringert wird. Dies lässt sich beurteilen, indem überprüft wird, ob der nach einem anerkannten Verfahren gemessene elektrische Widerstand zwischen dem Tankmantel und einem beliebigen Teil des internen Schwimmdachs 1 M Ω nicht überschreitet.

C.3.1.7 Brandschutz

Die Art der zu verwendenden Brandschutzeinrichtungen ist anhand des in den Tank eingebauten Schwimmdachtyps, des Lagerguts, der speziell für den Tank geltenden örtlichen Anforderungen sowie der Betreiberrichtlinien auszuwählen. Siehe Anhang A.

C.3.2 Werkstoffe

C.3.2.1 Allgemeines

Das Lagergut bzw. die Lagergüter muss (müssen) festgelegt werden, wobei alle besonderen Eigenschaften anzugeben sind, die die Werkstoffe beeinträchtigen können (siehe A.1). Alle Werkstoffe von internen Schwimmdächern müssen gegen das jeweilige Lagergut beständig sein. Werden verschiedenartige Werkstoffe für das interne Schwimmdach verwendet, so ist die Möglichkeit der Korrosion durch kathodische Reaktion zu berücksichtigen.

Dem Betreiber muss eine vollständige Werkstoffspezifikation für das interne Schwimmdach zur Genehmigung vorgelegt werden (siehe A.8).

C.3.2.2 Bleche für interne Schwimmdächer

C.3.2.2.1 Stahl

Stahl muss die in EN 10025 festgelegten Anforderungen erfüllen (siehe auch Abschnitt 6).

C.3.2.2.2 Aluminium

Aluminium muss die in EN 485, EN 754 oder EN 755 festgelegten Anforderungen erfüllen (siehe auch Abschnitt 6).

C.3.2.2.3 Nichtrostender Stahl

Nichtrostender Stahl muss die in EN 10088 festgelegten Anforderungen erfüllen (siehe auch Abschnitt 6).

C.3.2.3 Randabdichtung

Der Ringspalt zwischen dem Rand des internen Schwimmdachs und der Innenwand des Tanks muss von einer flexiblen Dichtung ausgefüllt werden, die am internen Schwimmdach befestigt ist und für eine genau mit der Tankmanteloberfläche abschließende Abdichtung sorgt, um Emissionen in diesem Bereich zu verringern.

Für Anforderungen an die Anordnung, die Typen und die Werkstoffe von Ringspaltabdichtungen wird auf Anhang E verwiesen.

C.3.2.4 Verbindungen

Kehlnähte an weniger als 5 mm dicken Elementen müssen mindestens eine Dicke aufweisen, die dem 2^{0,5}-fachen der Dicke des dünnsten Gliedes der Verbindung entspricht.

Verbindungen nichtmetallischer Teile (aus Kunststoff/GFK), einschließlich Klebeverbindungen, müssen für die miteinander zu verbindenden Werkstoffe geeignet sein, eine annehmbare Lebensdauer haben und die erforderlichen Maße und Festigkeiten aufweisen, um die Auslegungslasten des internen Schwimmdachs ohne Ausfall oder Undichtheit zu tragen. Das Verfahren zur Herstellung der Verbindung ist gemeinsam mit den Prüfergebnissen zum Nachweis dieser Merkmale umfassend zu dokumentieren und dem Betreiber zur Verfügung zu stellen.

Alle Nähte, die dem Lagergut oder seinen Dämpfen direkt ausgesetzt sind, müssen geschweißt, geschraubt, genietet, geklemmt oder abgedichtet sein und nach einem vom Betreiber genehmigten Verfahren auf Dampf- und Flüssigkeitsdichtheit überprüft werden. An Verbindungen verwendete Dichtmittel müssen für das Lagergut und die verbundenen Werkstoffe geeignet sein.

C.3.2.5 Korrosionszuschlag

Falls erforderlich, ist ein Korrosionszuschlag auf die Dicke der für die Konstruktion des internen Schwimmdachs verwendeten Werkstoffe zu berücksichtigen.

C.3.3 Ausrüstungsteile von internen Schwimmdächern

C.3.3.1 Mannlöcher

Bei internen Schwimmdächern mit einem Durchmesser bis einschließlich 15 m ist mindestens ein Mannloch als Zugangsmöglichkeit für den Fall vorzusehen, dass das interne Schwimmdach auf den Stützen ruht und der Tank leer ist. Das Mannloch muss so ausgelegt sein, dass es sich von der Unterseite des internen Schwimmdachs öffnen lässt. Bei Schwimmdächern mit einem Durchmesser größer als 15 m sind, sofern festgelegt, weitere Mannlöcher in gleichmäßigen Abständen vorzusehen. Mannlöcher müssen dem Wartungspersonal ungehinderten Zugang ermöglichen und eine Öffnungsweite von mindestens 600 mm haben.

ANMERKUNG Viereckige Mannlöcher mit Mindestmaßen von 600 mm × 400 mm sind zulässig.

C.3.3.2 Stützen

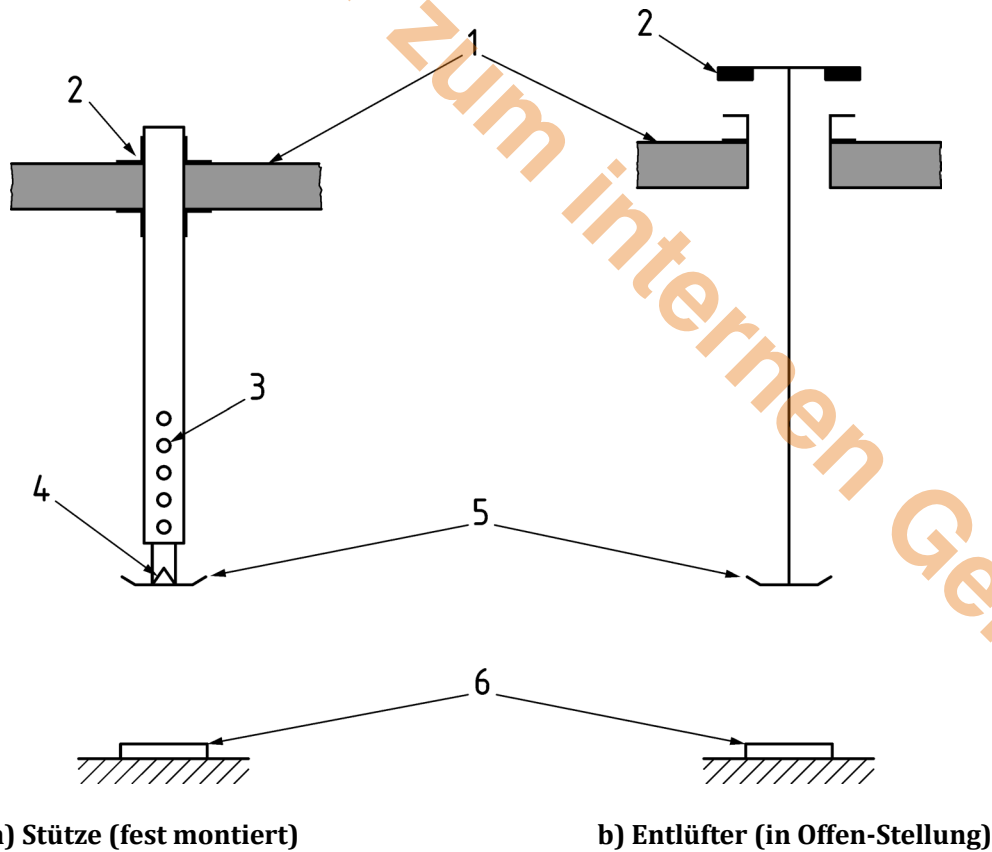
Interne Schwimmdächer müssen mit Stützen ausgerüstet sein, auf denen sie bei entleertem Tank ruhen (siehe Bild C.4 a)).

Die Stützhöhe von internen Schwimmdächern muss den geltenden Festlegungen entsprechen, wenn sie auf ihren Stützen aufliegen. Mannlöcher im Tankmantel dürfen im geöffneten Zustand nicht durch das interne Schwimmdach versperrt werden. Inspektionen und Arbeiten unter dem internen Schwimmdach müssen möglich sein. Auch wenn das interne Schwimmdach auf seinen Stützen ruht, müssen ausreichende Abstände zwischen dem Schwimmdach und Ausrüstungsteilen, wie z. B. seitlich angebrachten Rührwerken, innenliegenden Rohren sowie Ein- und Auslassstutzen, eingehalten werden.

Beim Einbau müssen mögliche Höhenunterschiede des Tankbodens durch Einstellung der Stützhöhe so ausgeglichen werden, dass das interne Schwimmdach waagrecht eingebaut wird. Die Höhe des internen Schwimmdachs ist fest einzustellen; es dürfen aber auch Möglichkeiten vorgesehen werden, die Höhe der Stützen zu einem späteren Zeitpunkt zu verändern.

Um die von schweren geschweißten Stahldächern über die Stützen abgeleiteten Lasten gleichmäßig über den Tankboden zu verteilen, können Maßnahmen, wie z. B. der Anbau von Stahlblechen, ergriffen werden. Diese Bleche sind durchgehend mit den Bodenblechen zu verschweißen. Stehen die Bleche über Kehlnähte einer Überlappverbindung von Bodenblechen über, so müssen Unterschiede in der Bodenhöhe durch vollständig verschweißte Ausgleichsbleche ausgeglichen werden.

Bei hohlen Stützen muss am unteren Ende eine Ablauföffnung zwecks Drainage vorhanden sein.



Legende

- 1 internes Schwimmdach
- 2 Abdichtung
- 3 Bohrungen für Höheneinstellung
- 4 Ablauföffnung
- 5 Fußplatte
- 6 Verstärkungsblech

Bild C.3 — Typische Auslegung von Stütze und Entlüfter

C.3.3.3 Entlüfter

Interne Schwimmdächer müssen mit Be- und Entlüftungseinrichtungen versehen sein. Diese haben den Zweck, dass die unter dem internen Schwimmdach befindliche(n) Luft oder Dämpfe bei der Erstbefüllung des Tanks entweichen kann (können) und dass Luft und Dampf beim Entleeren des Tanks durch das ortsfeste und auf seinen Stützen ruhende interne Schwimmdach strömen können.

Die Höchstwerte für den Durchsatz beim Füllen und Entleeren müssen festgelegt werden (siehe A.1), um für eine angemessene Kapazität der Be- und Entlüftungseinrichtungen sorgen zu können. Es muss durch Berechnungen bestätigt werden, dass die Kapazität der Be- und Entlüftungseinrichtungen in beiden Fällen für die vorgesehene Betriebsaufgabe ausreicht und eine Überbelastung von internem Schwimmdach oder Randabdichtung durch die Be- und Entlüftung ausgeschlossen ist.

C.3.3.4 Entwässerungseinrichtungen

Das interne Schwimmdach muss zwar so ausgelegt sein, dass kein Lagergut an Randabdichtung und internem Schwimmdach vorbei gedrückt wird (siehe C.3.1), dennoch kann sich durch Kondensation, Überlaufen oder andere Ursachen Flüssigkeit auf der Oberseite des internen Schwimmdachs sammeln. Für diesen Fall müssen ausreichende Entwässerungseinrichtungen vorgesehen werden, damit die Flüssigkeit

rasch in das Lagergut unter dem internen Schwimmdach zurückgeleitet werden kann, falls eine Flüssigkeitsansammlung auf der Oberseite des internen Schwimmdachs zu erwarten ist und eine solche Ableitung erfordert. Die Beeinträchtigung der Dampfdichtheit des internen Schwimmdachs muss durch entsprechende Auslegung der Entwässerungseinrichtungen möglichst gering gehalten werden.

Bei geschweißten Stahldächern der Ausführungstypen 5, 6 und 7 sind Entwässerungseinrichtungen dieser Art nicht möglich. Alternativ sind bereits in der Auslegungsphase festeingebaute Entwässerungseinrichtungen zu berücksichtigen, oder es ist ein geeignetes Verfahren zu entwickeln, angesammelte Flüssigkeit im Betrieb abzuleiten. Es ist dafür zu sorgen, dass die Schwimmfähigkeit dieser Typen von internen Schwimmdächern durch festinstallierte Entwässerungseinrichtungen nicht beeinträchtigt wird.

C.3.3.5 Ableitung statischer Aufladung

Alle internen Schwimmdächer müssen elektrisch leitfähig sein und die Anforderungen von C.3.1.6 erfüllen. Zusätzlich müssen das interne Schwimmdach und der Tankmantel zur Ableitung der statischen Elektrizität über mehradrige Kabel elektrisch miteinander verbunden werden (siehe Bild C.1).

Bei Tanks mit Durchmessern bis 20 m sind mindestens zwei, bei Tanks mit größeren Durchmessern mindestens vier Kabel zur Ableitung statischer Elektrizität vorzusehen.

ANMERKUNG Die Kabel zur Ableitung statischer Elektrizität sollten einen Querschnitt von mindestens 3 mm^2 haben.

Die Kabel müssen an der Oberfläche des internen Schwimmdachs und des Lagertankdachs befestigt werden und sind so anzubringen, dass sie andere Einrichtungen nicht behindern.

Über der Oberfläche des internen Schwimmdachs dürfen keine Teile vorhanden sein, die diese Kabel zur Ableitung statischer Elektrizität bei Aufwärts- und Abwärtsbewegungen des internen Schwimmdachs behindern. Alternativ hierzu können vorgespannte Kabelrollen verwendet werden, um die Kabel ständig gespannt zu halten.

C.3.3.6 Verdrehsicherung und Zentriervorrichtung

Das interne Schwimmdach darf keine Rotationsbewegungen ausführen.

ANMERKUNG 1 Hierfür kann eine Führungsstange oder ein außermittig und senkrecht zwischen dem Tankdach und Tankboden gespanntes und durch das interne Schwimmdach verlaufendes Verdrehsicherungskabel verwendet werden. Es sollten mindestens zwei Verdrehsicherungskabel eingebaut werden.

ANMERKUNG 2 Das Kabel sollte mit Hilfe einer am einen Ende angebrachten Feder aus nichtrostendem Stahl gespannt werden. Es sollte ein passendes, durch das interne Schwimmdach verlaufendes Führungsrohr aus verträglichem Werkstoff vorgesehen werden.

ANMERKUNG 3 Bei großen Tanks ohne Dachstützen kann es erforderlich sein, mehrere Verdrehsicherungskabel anzubringen, um die gewünschte Stabilität des internen Schwimmdachs zu erreichen.

ANMERKUNG 4 Alternativ dürfen zu diesem Zweck außermittig angeordnete Tankdachstützen verwendet werden.

C.3.3.7 Füllstandanzeige und Probeentnahme

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss durch die Auslegung sichergestellt sein, dass Füllstandanzeiger über den gesamten Hub des internen Schwimmdachs nicht behindert werden und vollständig funktionsfähig bleiben. Alternativ ist ein integriertes Anzeigesystem in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Bestellers in das interne Schwimmdach einzubauen. In dem internen Schwimmdach sind Probeentnahmeöffnungen vorzusehen, die mit entsprechenden Peilluken im Tankdach fluchten, sodass gegebenenfalls geforderte Füllstandmessungen und Probeentnahmen ohne Behinderungen möglich sind (siehe Bild C.1).

Durchführungen für Probeentnahmerohre und Niveaupeilung sind trichterförmig zu gestalten, um das Probeentnahmegesetz oder Peilgesetz zu führen.

ANMERKUNG Probeentnahmeöffnungen können mit einer geeigneten Vorrichtung verschlossen werden, z. B. einer geschlitzten Dichtung, die den Dampfverlust reduziert und dennoch eine Füllstandmessung und Probeentnahme ermöglicht.

C.3.3.8 Schwimmdachdurchführungen

Durchführungen für Tankdachstützen oder andere Einbauten durch das interne Schwimmdach sind mit Dichtungen zu versehen, damit der Dampfverlust bei horizontalen und vertikalen Bewegungen des internen Schwimmdachs auf ein Mindestmaß verringert wird. Die Dichtungen müssen gut passen und so ausgelegt sein, dass sie eine horizontale Abweichung von ± 125 mm gestatten.

Mit Ausnahme von Entwässerungseinrichtungen sind alle Durchführungen in internen, nicht aufliegenden und durchgehend aus Leichtmetall gefertigten Schwimmdächern (Typ 1) mit einem Bord zu versehen, der mindestens 150 mm in das Lagergut hineinragt.

C.3.3.9 Füllstandwarneinrichtungen

Es können Füllstandwarneinrichtungen eingebaut werden, die das Bedienpersonal automatisch warnen, wenn der Füllstand eine bestimmte Höhe übersteigt. Dies kann auch zu einem automatischen Schließen des Ventils am Zulauf führen und diesen somit absperren.

C.3.3.10 Schwimmsauganlagen

Bei bestimmten Tanks, besonders bei solchen, bei denen die Reinheit des Lagerguts von Bedeutung ist, z. B. für Flugbenzin, demineralisiertes Wasser usw., könnten Schwimmsauganlagen vorhanden oder nach den geltenden Festlegungen einzubauen sein. In derartigen Tanks können interne Schwimmdächer eingebaut sein, diese müssen jedoch für die Aufnahme der Schwimmsauganlage angepasst werden.

ANMERKUNG Dafür kann eine zusätzliche Führungsbahn oder -schiene an der Unterseite des internen Schwimmdachs erforderlich sein. Die Anbringung einer solchen Führungsbahn kann die Schwimmfähigkeit des internen Schwimmdachs verändern und seine Stabilität beeinträchtigen.

Der Lieferant muss sicherstellen, dass die Schwimmfähigkeit des internen Schwimmdachs durch den Einbau einer Schwimmsauganlage nicht unter die in C.3.1 festgelegten Werte sinkt und dass die Stabilität des internen Schwimmdachs nicht beeinträchtigt wird.

Bei der Wasserdruckprüfung des Systems kann der Schwimmsauganlage, sofern erforderlich, durch eine Korrektur der Schwimmfähigkeit Rechnung getragen werden, um Schäden an der Führungsbahn der Schwimmsauganlage und/oder am internen Schwimmdach zu vermeiden.

Es muss nachgewiesen werden, dass ein mit Führungsbahnen für eine Schwimmsauganlage ausgerüstetes internes Schwimmdach über seinen gesamten Hub im Tank gehoben und gesenkt werden kann, ohne dass es in Kombination mit der Schwimmsauganlage zu mechanischen Behinderungen kommt.

C.3.4 Ausrüstungsteile des Tanks

C.3.4.1 Be- und Entlüftungseinrichtungen (Lüfter) am Festdachern und Kugelsegmentdachern

C.3.4.1.1 Allgemeines

Wenn in einem Tank mit internem Schwimmdach bestimmte Produkte wie z. B. Benzin gelagert sind, können sich Dämpfe oberhalb des internen Schwimmdachs in einem solchen Umfang bilden, dass eine potentiell brennbare Atmosphäre vorhanden sein muss. Um dies zu verhindern, müssen nach C.3.4.1.2 oder C.3.4.1.3 ausgelegte Be- und Entlüftungseinrichtungen am Tankdach vorgesehen werden.

Lüfterhauben dürfen nicht eingesetzt werden:

- a) wenn der Dampfraum gespült oder mit Inertgas überlagert wird;
- b) wenn Lüfterhauben aufgrund örtlicher Vorschriften verboten sind; und
- c) aufgrund spezieller Vereinbarungen zwischen Besteller, Vertreiber und/oder sonstigen zuständigen Parteien, siehe auch Anhang A.

In der höchsten Arbeitsstellung des internen Schwimmdachs darf die Dichtung die Funktion der Lüfter nicht beeinträchtigen.

ANMERKUNG Sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe A.1), sollten alle Lüfter mit Sieben in Übereinstimmung mit 10.6.3, Anmerkungen 1 und 2 ausgerüstet sein.

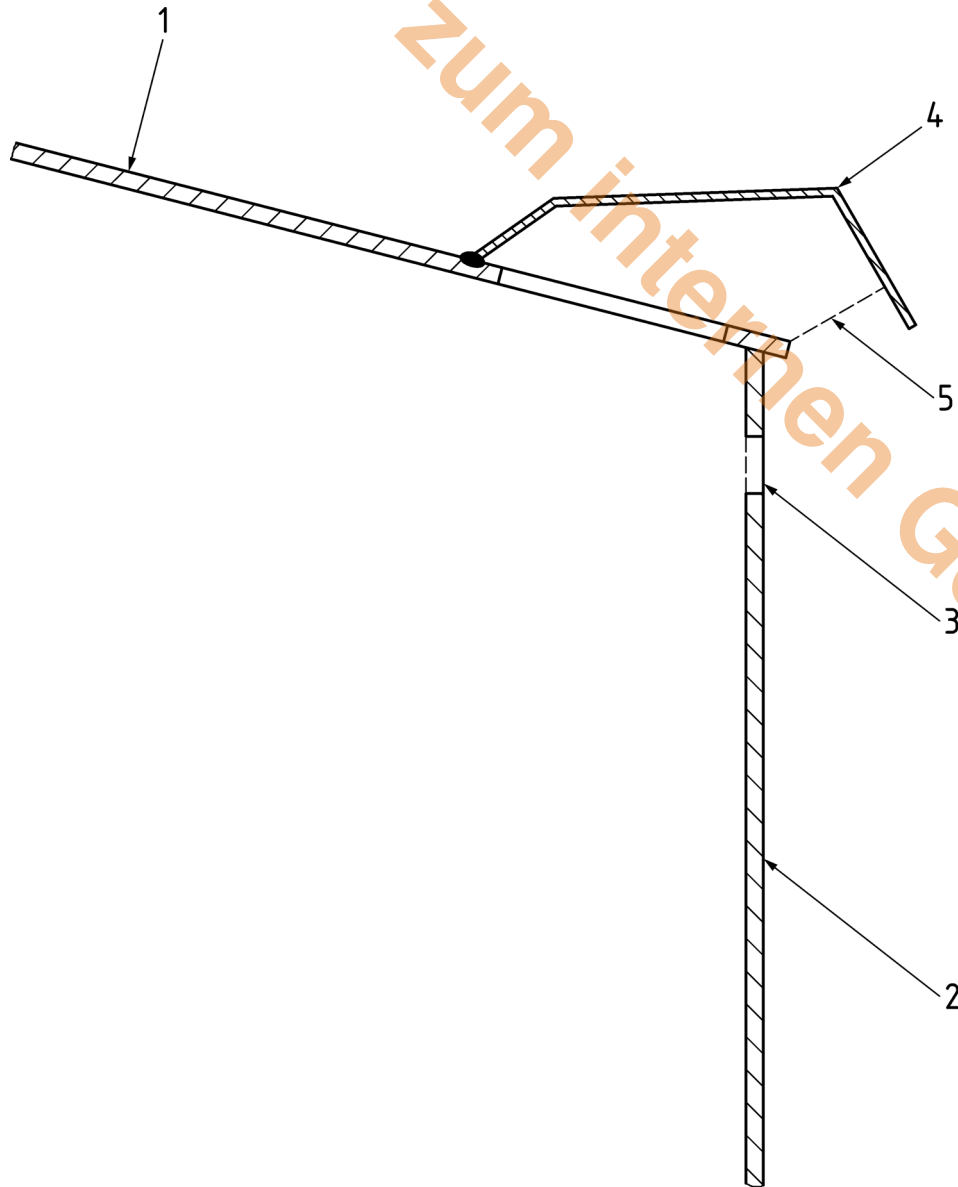
C.3.4.1.2 Lüfterhauben

Diese erlauben eine freie Be- und Entlüftung des Dampfraumes; eine typische Ausführung ist in Bild C.5 dargestellt.

Im Falle offener Lüfter muss jeweils einer in der Mitte des Tanks und müssen die anderen am Tankdachrand angebracht werden. Der mittige Dachlüfter muss so nahe wie möglich an der höchsten Stelle des Tankdaches vorgesehen werden. Er muss eine freie Fläche von mindestens 0,03 m² aufweisen.

Die Dachrandlüfter können eine schaufelförmige Haube aufweisen (siehe Bild C.5) und müssen so nahe wie möglich an der Kante des Tankdaches angeordnet werden. Es muss mindestens ein Lüfter je 10 m des Tankumfangs vorgesehen werden, aber in keinem Fall dürfen weniger als vier in gleichmäßigen Abständen angeordnete Lüfter vorhanden sein. Die effektive freie Gesamtfläche dieser Lüfter darf nicht kleiner als 0,06 m² je Meter Tankdurchmesser sein.

ANMERKUNG Diese Werte sind Mindestmaße und von der Flüchtigkeit des Produktes abhängig; größere freie Flächen als diese können vom Besteller festgelegt werden.



Legende

- 1 Tankdach
- 2 Tankmantel
- 3 Notüberlauföffnung mit Sieb
- 4 Be- und Entlüftungsöffnung am Dachrand
- 5 Fremdkörpersieb

Bild C.4 — Typische Ausführung einer Be- und Entlüftungsöffnung im Tankdach

C.3.4.1.3 Gesteuerte Be- und Entlüftungseinrichtungen

An Tanks, die nicht frei be- und entlüftet werden, müssen Überdruck-/Unterdruckventile installiert werden.

Geeignete Überdruck- und/oder Unterdruckausgleichsventile müssen an Tanks installiert werden, die eine Inertgasüberlagerung haben oder bei denen es nicht erlaubt ist, Produktdämpfe in die Atmosphäre abzugeben.

Überdruck-/Unterdruckventile müssen 10.6 entsprechen.

Bestehende Tanks, die mit einem internen Schwimmdach nachgerüstet werden, dürfen mit einer Überfüllschutzeinrichtung ausgerüstet werden (siehe auch EN 13616-1 und -2). Wird ein Tank mit derartigen Überlaufschutzeinrichtungen ausgestattet, so dürfen diese in der höchsten Hubhöhe des internen Schwimmdachs nicht durch die Randabdichtung verschlossen werden.

C.3.4.2 Einlassdiffusor

Falls gefordert (siehe A.1), ist ein Einlassdiffusor vorzusehen, durch den der Eintrittsstrom nahe zum Tankmittelpunkt und weg von der Randabdichtung gelenkt wird (siehe Bild C.1).

C.3.4.3 Mannlöcher und Inspektionsöffnungen

Bei Festdachtanks ist mindestens ein Mannloch im Dach vorzusehen (siehe 13.3.1), durch das das Tankinnere zugänglich ist.

C.4 Einbau

C.4.1 Untersuchung des Tanks

Vor Einbau des internen Schwimmdachs kann eine Untersuchung des Tanks von innen und außen erforderlich sein.

Auf Vereinbarung zwischen Besteller und Vertreiber sollten die folgenden Elemente bewertet werden (siehe Anhang A):

- a) die Vertikalität des Tankmantels;
- b) die Abweichung des Tankmantels von der Rundheit;
- c) die Größe und Lage des Mannlochs im Tankmantel;
- d) Vorhandensein einer Schwimmsauganlage;
- e) Höhe des tiefsten Teils des Dachgespärres, gegebenenfalls einschließlich des Abstands zu Überlaufschutzeinrichtungen (siehe auch EN 13616-1 und EN 13616-2), um den zulässigen Hub des internen Schwimmdachs zu ermitteln;
- f) die Mindestabstände des internen Schwimmdachs zu allen Einbauteilen über seinen gesamten Hub;
- g) Größe, Lage und senkrechte Stellung von Tankdachstützen;
- h) Zugangsmöglichkeiten für die Einbringung von Bauteilen des internen Schwimmdachs;
- i) Bereiche unzulässiger Unebenheiten an Tankmantelschweißnähten oder Blechoberflächen;
- j) Einzelheiten zu innenliegenden Ausrüstungsteilen wie Rührwerken oder Heiz-/Kühlschlangen (siehe Anhang P).

C.4.2 Untersuchung und Einbau des internen Schwimmdachs

Der Schwimmdachlieferant muss die Bauteile des internen Schwimmdachs am Einbauort untersuchen, um sicherzustellen, dass sie weder Lager- noch Transportschäden aufweisen.

Festgestellte Schäden sind vor der Errichtung zu beseitigen.

Schwimmdachlieferant oder -auftragnehmer müssen dem Besteller das Verfahren zur Errichtung des internen Schwimmdachs zur Genehmigung vorlegen, sofern diese Zustimmung noch nicht schriftlich erteilt worden ist.

Der Schwimmdachlieferant trägt die Verantwortung für die Sicherstellung, dass alle Bauteile des internen Schwimmdachs in den Tank eingebracht werden können, ohne Probleme mit der Montage zu verursachen.

Besondere Sorgfalt ist erforderlich, damit Formänderungen oder Abweichungen des Tankmantels von der Rundheit auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Der Ringspalt zwischen dem Rand des internen Schwimmdachs und dem Tankmantel muss den für die Ringraumabdichtung festgelegten Maßanforderungen entsprechen (C.3.2.3).

C.4.3 Prüfungen

C.4.3.1 Prüfung der Schwimmfähigkeit

Nach dem Einbau ist eine Prüfung des internen Schwimmdachs auf Schwimmfähigkeit über den gesamten Hubbereich durchzuführen.

ANMERKUNG Diese Prüfung der Schwimmfähigkeit kann zusammen mit der Flüssigkeitsdruckprüfung (siehe 19.13) durchgeführt werden.

Der Tank ist zu befüllen, um zu überprüfen, ob sich das interne Schwimmdach und die Dichtungen ohne Klemmen, Verkanten und Behinderungen über die Auslegungshöhe des internen Schwimmdachs bewegen und ob das interne Schwimmdach keine sichtbaren Undichtheiten aufweist. Alle bei dieser Prüfung festgestellten Undichtheiten sind zur Zufriedenheit des Bestellers zu beseitigen.

Die Möglichkeit von Korrosionsschäden aufgrund der Unverträglichkeit zwischen Schwimmdachwerkstoff, Prüflüssigkeit und Tankmantelwerkstoff ist in Betracht zu ziehen.

Interne Schwimmdächer vom Typ 1 und Typ 3 können der Schwimmfähigkeitsprüfung, je nach der zwischen Besteller und Hersteller des internen Schwimmdachs getroffenen Vereinbarung, entweder auf Wasser oder auf dem Lagergut unterzogen werden.

C.4.3.2 Prüfung des elektrischen Widerstands

Der elektrische Widerstand zwischen Tank und internem Schwimmdach ist nach C.3.1.6 zu messen. Das für die Prüfung zu verwendende Gerät ist zu vereinbaren (siehe A.6).

C.5 Dokumentation

Betriebsanweisungen und Angaben zu etwaigen Einschränkungen in der Verwendung sind vom Lieferanten des internen Schwimmdachs in schriftlicher Form zur Verfügung zu stellen (siehe A.8).

Anhang D (normativ)

Anforderungen an Schwimmdächer

D.1 Allgemeines

Schwimmdächer sind dafür ausgelegt, dass sie auf der im offenen Tank gelagerten flüchtigen Flüssigkeit schwimmen und sich mit ihr auf- und abwärts bewegen; sie müssen mit ihrer gesamten Fläche auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegen.

D.2 Ausführungsarten von Schwimmdächern

D.2.1 Allgemeines

Doppeldeck-Schwimmdächer werden für alle externen Schwimmdächer empfohlen, obgleich andere Ausführungsarten von Schwimmdächern, wie z. B. GRE-Typen, mit Genehmigung des Auftraggebers verwendet werden dürfen. Am häufigsten werden jedoch die folgenden Ausführungsarten von Schwimmdächern verwendet:

- a) Membran-Metallschwimmdach;
- b) Doppeldeck-Metallschwimmdach.

Zusätzlich zu den obenstehenden dürfen auf Vereinbarung mit dem Auftraggeber die folgenden Schwimmdachausführungsarten erwogen werden, die jedoch nicht mehr als wünschenswert gelten:

- 1) Membran-Metallschwimmdach mit radialen Kastenwindverbänden (SIPM-Dach);
- 2) Membran-Metallschwimmdach mit mittigen Schwimmzellen;
- 3) Membran-Metallschwimmdach mit einer mittigen Schwimmzelle.

Dieser Anhang hat nicht das Ziel, die Verwendung anderer Dachausführungsarten einzuschränken, sofern nachgewiesen ist, dass deren Auslegung sämtliche Anforderungen dieses Anhangs erfüllt, und eine entsprechende Vereinbarung mit dem Eigentümer getroffen wurde. Das Folgende ist ein Beispiel:

- k) Nichtmetall-Schwimmdach in Sandwichflachbauweise

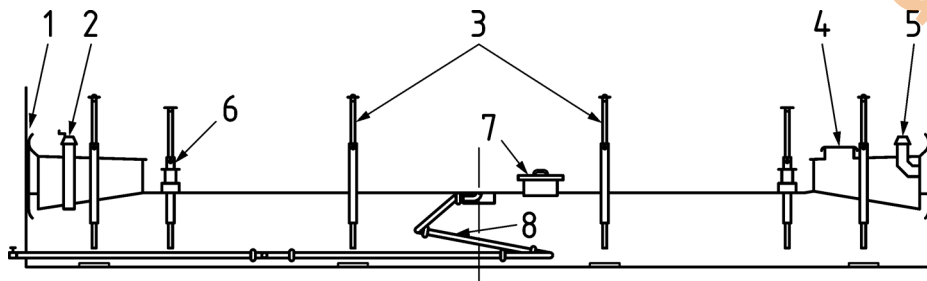
In den übrigen Teilen dieses Anhangs wird auf Membran- und Doppeldeckdächer Bezug genommen, es sind jedoch bei allen nach diesem Anhang erstellten Dachauslegungen dieselben Grundsätze anzuwenden.

D.2.2 Membran-Metallschwimmdach

Membran-Metallschwimmdächer bestehen aus einer auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegenden Stahlmembran und einem umlaufenden Ringponton, der durch Schottwände in flüssigkeitsdichte Zellen unterteilt ist. Diese Dachausführungsart wird häufig für Tanks mit Durchmessern zwischen 15 m und 50 m verwendet. Jenseits dieser Größe zeigt diese Dachausführungsart erhebliche Mängel (siehe unten) und ist von ihrer Verwendung abzuraten.

- a) Die Pontonfläche darf nicht kleiner als 25 % der Gesamtdachfläche sein, vorzugsweise sollte sie jedoch nicht kleiner als 30 % sein.

- b) Dies ist eines der am häufigsten gelieferten Schwimmdächer, und es hat sich erwiesenermaßen für Tanks mit einem Durchmesser zwischen 15 m und 50 m bewährt. Aufgrund ihrer großen, ebenen, mittigen Membran stellen Wasserablauf und Windlasten erhebliche Probleme für diese Dachausführungsart dar. Da es sich bei der mittigen Membran um ein biegsames Bauteil handelt, unterliegt sie Verformungen während der Fertigung sowie durch Wasserlasten, Dampfblasen und Windlasten. Bei größeren Dächern sind durch Wind angeregte Ermüdungsrisse in den Schweißnähten der mittigen Membran ein häufiges Problem. Darüber hinaus können sich aus der Fertigung der biegsamen mittigen Membran ernste Probleme mit dem Ablauf des Regenwassers vom Dach ergeben.
- c) Wenn irgend möglich sollte ein Doppeldeckschwimmdach verwendet werden, um die vielen ernsthaften Probleme zu vermeiden, die bei Membranschwimmdächern festgestellt wurden.
- d) Alle Membranschwimmdächer mit Durchmessern größer als 50 m müssen einer vollständigen und detaillierten Spannungsanalyse unter Berücksichtigung der durch das Lagergut, Wasser und Wind verursachten Lasten unterzogen werden. Hinweise zu den zu betrachtenden Flächen und den zu berücksichtigenden Lastbedingungen finden sich in D.2.



Legende

- | | | | |
|---|----------------|---|------------------------------------|
| 1 | Abdichtung | 5 | Be- und Entlüftungsöffnung am Rand |
| 2 | Messluke | 6 | automatischer Entlüfter |
| 3 | Dachstütze | 7 | Membranmannloch |
| 4 | Pontonmannloch | 8 | Entwässerungseinrichtung |

Bild D.1 — Typisches Membrandach

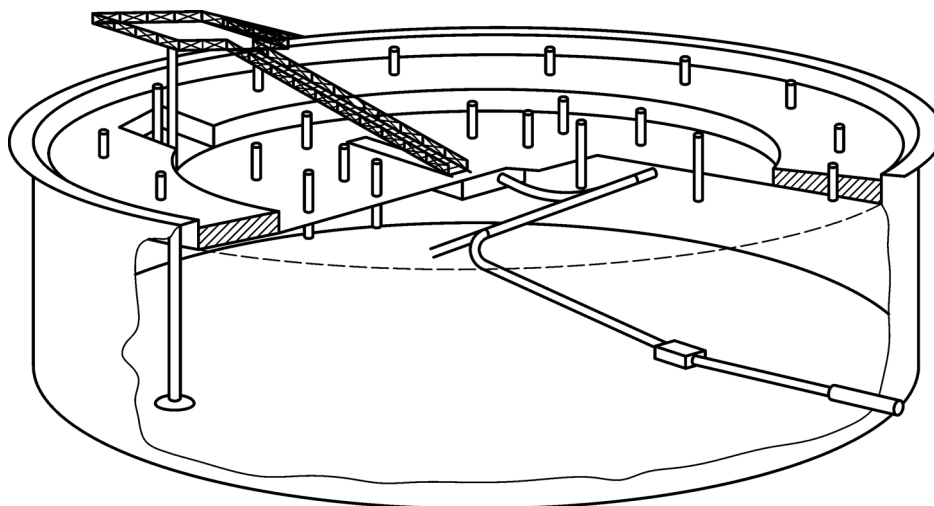
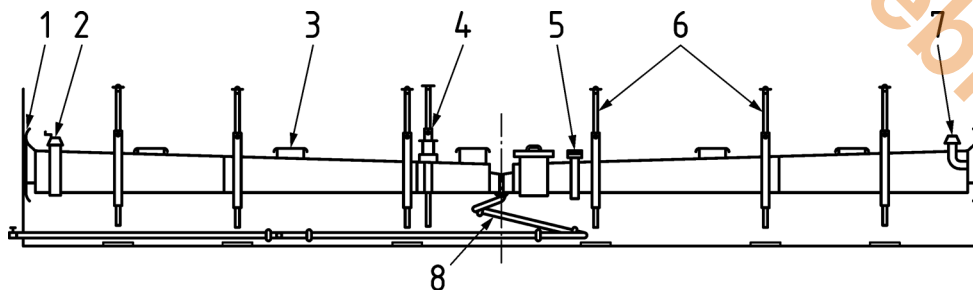


Bild D.2 — Typischer Tank mit Membranschwimmdach

D.2.3 Doppeldeck-Metallschwimmdach

Doppeldeck-Metallschwimmdächer bestehen aus einem oberen und einem unteren Deck. Das untere Deck muss vollflächig auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegen und wird vom oberen Deck durch flüssigkeitsdichte Pontonzellen getrennt, die von den Randleichen und Schottwänden gebildet werden. Ähnlich wie bei der Membrandachausführung sorgt der äußere Ring der so gebildeten flüssigkeitsdichten Zellen für den Hauptanteil an der Schwimmfähigkeit des Dachs. Diese Dachausführungsart wird für Tanks mit kleinen Durchmessern wie z. B. 10 m bis 15 m und für Tanks mit Durchmessern größer als 50 m verwendet. Bei dieser starreren Auslegung läuft das Regenwasser besser ab und besteht eine geringere Wahrscheinlichkeit, dass sich statische Dampfblasen bilden. Die höheren Anfangskosten dieser Dachausführungsart werden durch die Gesamtlebenskosten aufgewogen, weil wesentlich weniger Wartungsmaßnahmen anfallen und mit einer wesentlich längeren Lebensdauer als bei Membrandächern gerechnet werden kann.

Da das in einem Doppeldeckdach vorhandene Luftvolumen eine Dämmschicht bildet, sollte diese Dachausführungsart auch für Rohöle mit hoher Fließgrenze in gemäßigten, kalten und sehr kalten Klimaten und für sehr leichte Lagergüter in warmen Klimaten verwendet werden. Dieses Luftvolumen hat auch eine dämmende Wirkung gegen Sonnenwärme.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Abdichtung | 5 | Notentwässerungseinrichtung |
| 2 | Messluke | 6 | Dachstützen |
| 3 | Mannloch | 7 | Be- und Entlüftungsöffnung am Rand |
| 4 | automatischer Entlüfter | 8 | Entwässerungseinrichtung |

Bild D.3 — Typisches Doppeldeckdach

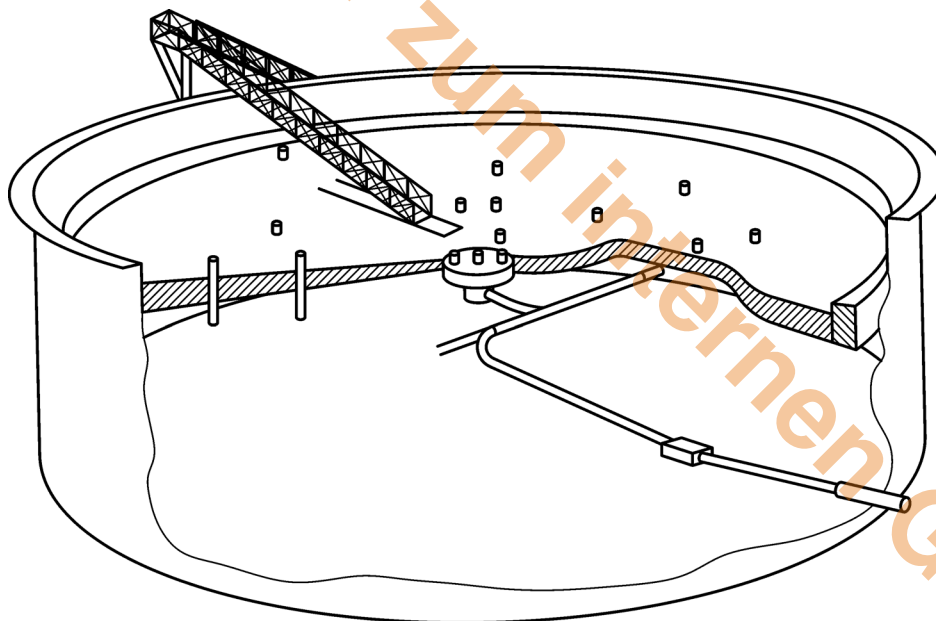
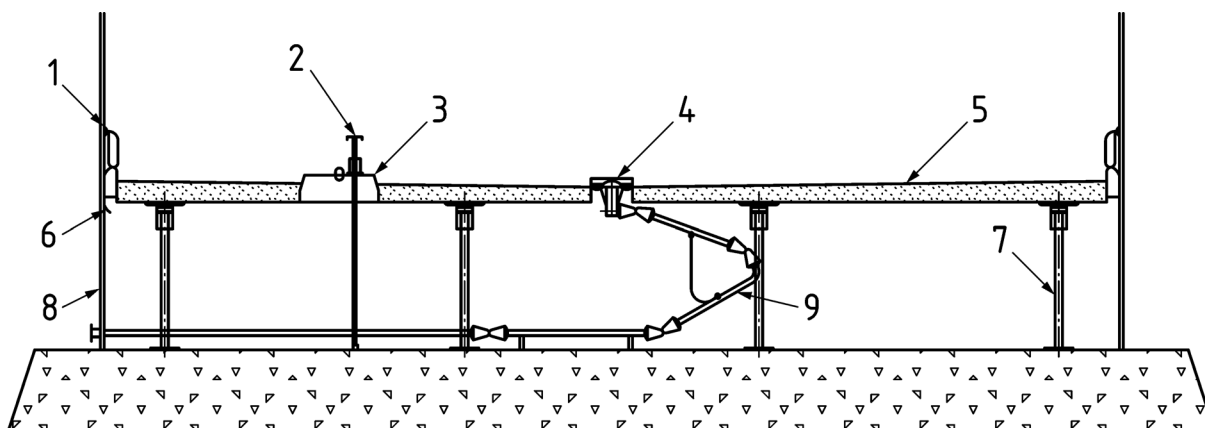


Bild D.4 — Typischer Tank mit Doppeldeckschwimmdach

D.2.4 Nichtmetall-Schwimmdach in Sandwichflachbauweise



Legende

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1 Sekundärdichtung | 6 Primärdichtung |
| 2 Entlüfter | 7 Stütze |
| 3 Mannluke | 8 Tankmantel |
| 4 Mittelsumpf | 9 Entwässerungseinrichtung |
| 5 GRP-EFR | |

Bild D.5 — Typisches Schwimmdach in Sandwichflachbauweise

Das externe Nichtmetallschwimmdach in Sandwichbauweise hat eine geringe Bauhöhe und muss vollflächig auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegen. Es muss aus einem oder mehreren in ein warmgehärtetes Polymerharz eingebetteten, flüssigkeitsdichten Kernsegment(en) mit Faserverstärkung über die Außenhaut der Dachkernsegmente bestehen.

Diese Dachausführungsart ist mit den Doppeldeckschwimmdächern aus Metall in Bezug auf die Dachhöhe im Verhältnis zur Höhe der Flüssigkeit/des Lagergutes, auf der (dem) das Dach schwimmt, vergleichbar.

Da die Nichtmetall-Sandwichbauweise keine Pontonsegmente aufweist und die Höhe des Oberdecks immer höher als die des Flüssigkeitsspiegels ist, sind die Schwimmfähigkeitsanforderungen an undichte Pontons und/oder ein undichtes Mitteldeck nicht anwendbar.

D.3 Auslegung

D.3.1 Allgemeines

Bei der Auslegung von Schwimmdächern müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

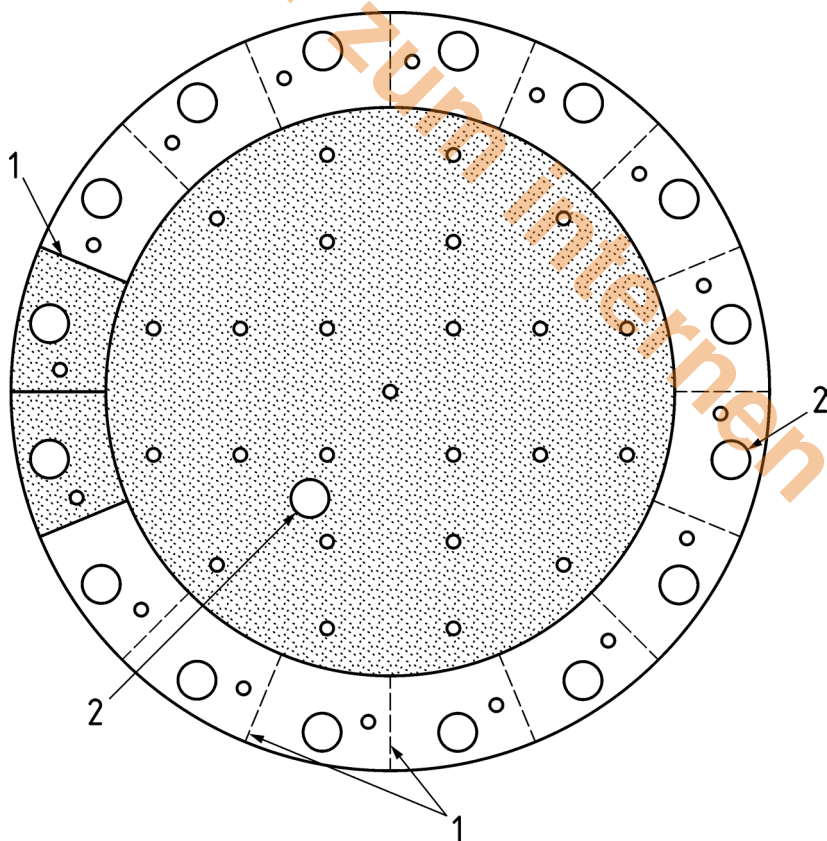
- klimatische Bedingungen: Temperatur, Regen, Schnee, Wind usw.;
 - Tankmaße;
 - Toleranzen für die erwartete Gründungssetzung, den Ringspalt und die Art der Ringspaltabdichtung;
 - Art und Eigenschaften der Lagerflüssigkeit (Dichte, Temperatur, Dampfdruck usw.);
 - Werkstoffe;
 - Geschwindigkeiten beim Füllen und Entleeren sowie Höchstdurchsätze;
 - der tiefste Punkt, auf den das Dach abgesenkt werden kann;
 - Vorhandensein von Rührwerken;
 - Vorhandensein von Heizeinbauten;
 - Verwendung von Füllstandanzeige- und Probeentnahmeeinrichtungen sowie Alarmeinrichtungen;
 - Art der Rollleiter/Zugangsleiter; und
 - Kabel zur Ableitung statischer Ladungen.
- a) Das Dach muss so ausgelegt werden, dass es im Normalbetrieb und in den in D.1.3.2 aufgeführten Fällen im Schwimmzustand bleibt; es darf nur dann auf seinen Stützen ruhen, wenn der Tank entleert wird oder Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen durchgeführt werden.
 - b) Der Tank muss mit Füllstandwarneinrichtungen (HL & HHL) ausgerüstet werden, um eine Überfüllung des Tanks zu verhindern (siehe auch EN 13616-1 und EN 13616-2).
 - c) Die festgelegte Dicke aller zum Schwimmdach gehörenden Stahlbleche muss mindestens 5 mm plus Korrosionszuschlag betragen, ausgenommen hiervon sind die (inneren und äußeren) Randbleche, die eine Dicke von mindestens 8 mm plus Korrosionszuschlag haben müssen.
 - d) Die Mindesthöhe des äußeren Randblechs muss mindestens 800 mm betragen, und die Mindesthöhe aller inneren Randbleche muss mindestens 600 mm betragen (um einen sicheren Zugang für Schweißarbeiten und Inspektionen zu ermöglichen).

D.3.2 Schwimmfähigkeit

D.3.2.1 Membranschwimmdach

Das Mindestvolumen des Pontons muss ausreichen, um die Schwimmfähigkeit des Daches auf einer Flüssigkeit der Dichte 0,7 unter folgenden Bedingungen sicherzustellen:

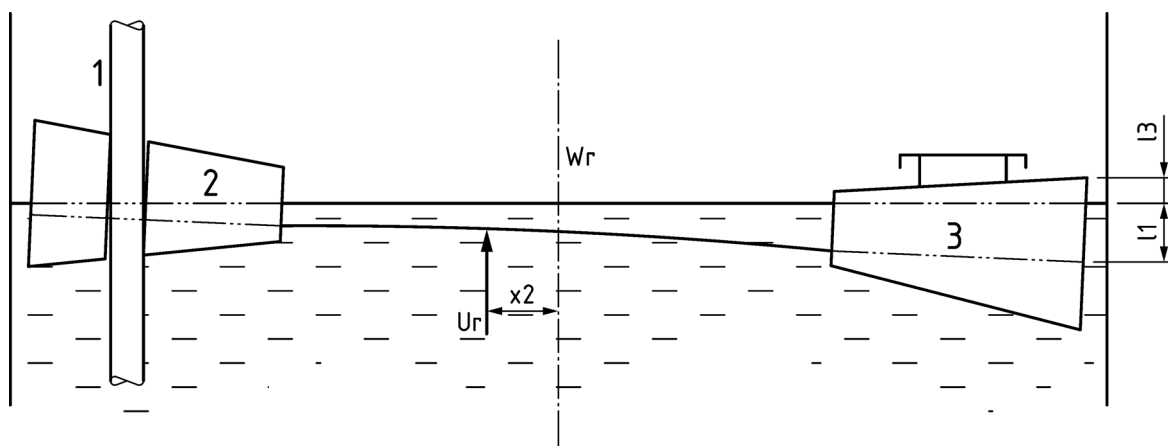
- a) zwei benachbarte Pontonzellen und die Mittelmembran sind undicht und die Schwimmdachentwässerung gilt als funktionsuntüchtig; oder (siehe Bild D.6)



Legende

- 1 Schottwand
- 2 Mannloch

Bild D.6 — Schwimmdachkonfiguration, bei der Mitteldeck und zwei benachbarte Pontonzellen undicht sind

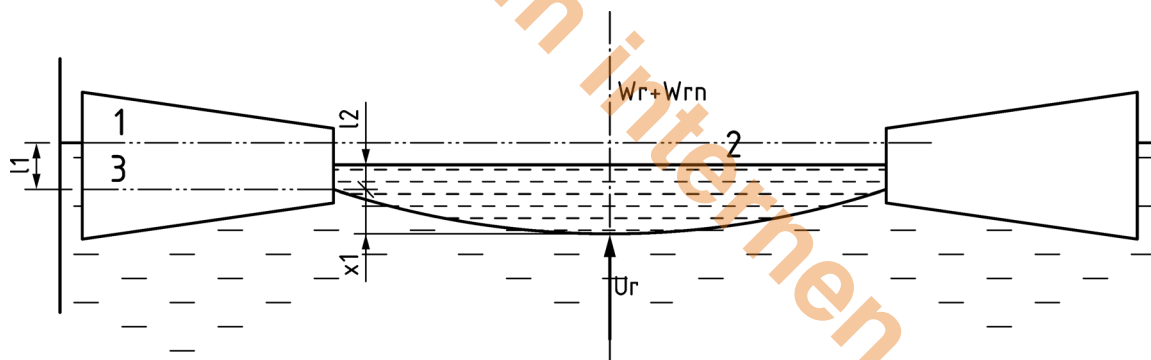


Legende

- 1 Führungsstange
- 2 Projekthöhe
- 3 ursprüngliche Membranhöhe

Bild D.7 — Schematische Darstellung eines Dachaufbuckelns

- b) auf dem Dach steht Regenwasser in einer Höhe von 250 mm, berechnet für die gesamte Fläche des Daches, wobei die Last auf die Mittelmembran konzentriert ist; sämtliche Pontonzellen und die Mittelmembran sind intakt und die Schwimmdachentwässerung gilt als funktionsuntüchtig.



Legende

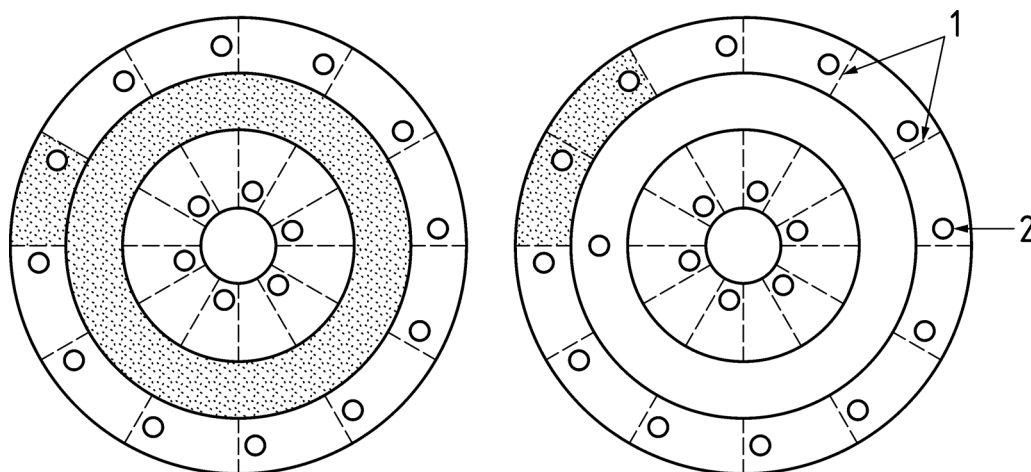
- 1 Höhe des Lagerguts
- 2 Höhe des Regenwassers
- 3 ursprüngliche Membranhöhe

Bild D.8 —

D.3.2.2 Doppeldeckschwimmdach

Das Mindestvolumen des Pontons muss ausreichen, um die Schwimmfähigkeit des Daches auf einer Flüssigkeit der Dichte 0,7 unter folgenden Bedingungen sicherzustellen:

Zwei beliebige benachbarte Pontonzellen und die Schwimmdachentwässerung gelten als funktionsuntüchtig; auf der gesamten Fläche des Daches steht Regenwasser in einer Höhe von 250 mm.



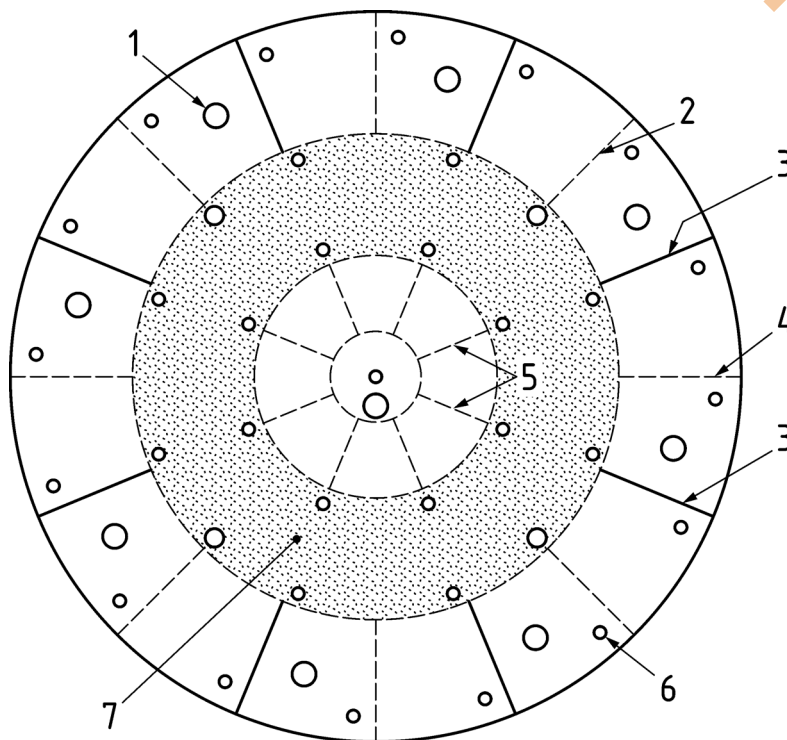
Legende

- 1 Leitbleche
- 2 Mannloch

Bild D.9 — Schwimmdachkonfiguration, bei der Mitteldeck und zwei benachbarte Pontonzellen undicht sind

ANMERKUNG Es ist notwendig, ein Worst-Case-Szenario zu bewerten (bei dem zwei benachbarte Pontons für die höchste Spannung und die maximale Neigung oder die maximale Höhe des äußeren Randblechs sorgen).

- a) Falls die inneren Ringe und Leitbleche nicht vollständig dicht geschweißt sind, kann das Mittelsegment des Dachs wie ein Membrandeck geflutet werden (siehe Bild D.6), daher müssen die Überprüfungen des Doppeldecks auf Schwimmfähigkeit nach D.3.2.1 erfolgen. Von der Auslegung von Dächern nach dieser Ausführungsart wird abgeraten, da jede Undichtheit in den Mittelringen große Probleme verursacht, aber sowohl schwer zu entdecken als auch dann schwer zwecks Abdichtung aufzufinden ist.
- b) Als Alternative ist es zulässig, das Schwimmdach für eine geringere Last, als nach b) gefordert, auszulegen; Voraussetzung dafür sind jedoch Notentwässerungseinrichtungen (siehe D.3.9), durch die übermäßige Regenwassermengen direkt in das Lagergut abgeleitet werden.
- c) Es ist eine gewisse Biegsamkeit des gesamten Dachs erforderlich, damit sich die Dachkonstruktion unter Wasserlast biegen oder die Form des Tankbodenprofils ohne Beschädigung aufgrund von Formänderung angepasst werden kann. Dies lässt sich durch Einbau eines flexiblen Gestells erreichen, wie in Bild D.10 dargestellt.



Legende

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1 Pontonmannloch | 5 Träger |
| 2 Träger | 6 Stütze |
| 3 Schottwand | 7 flexibles Gestell |
| 4 Träger | |

Bild D.10 — Flexibles Gestell in einem Doppeldeckdach

D.3.2.3 Alternative Lastbedingung

Falls das Schwimmdach für eine bestimmte Dichte, ein bestimmtes Lagergut oder eine von den Anforderungen in D.1.3.2.1 bis D.1.3.2.3 abweichende Regenmenge auszulegen ist, ist dies mit dem Besteller zu vereinbaren (siehe A.2).

D.3.2.4 Verlust der Schwimmfähigkeit

Ein Dach gilt als schwimmfähig, wenn sich der tiefste Punkt der Oberkante des äußeren Randblechs (ohne etwaige äußere Randausdehnung) weiterhin über dem Flüssigkeitsspiegel oder in Kontakt mit diesem befindet.

D.3.3 Konstruktive Auslegung

Das Dach muss so ausgelegt werden, dass es den folgenden Lastbedingungen standhält:

- a) allen in D.1.3.2 festgelegten Schwimmfähigkeitsbedingungen; und
- b) bei auf seinen Stützen ruhendem Dach einer Nutzlast von $1,2 \text{ kN/m}^2$ oder einem anderen zu vereinbarenden Wert (siehe A.2). In der Nutzlast ist die Last durch Regenwasser nicht enthalten; sie darf aber höher angesetzt werden, um voraussehbare höhere Lasten zu berücksichtigen.

D.3.4 Stabilität des Dachs unter Windlast

Schwimmdächer können von Windlasten beeinträchtigt werden, die zu Ermüdungsversagen der Schweißnähte an der Mittelmembran führen können; Auslegung und Ausführungsart des zu verwendenden Dachs müssen den Festlegungen des Bestellers entsprechen (siehe A.1), wobei Hinweise für Membrandächer mit einem Durchmesser größer oder gleich 50 m Abschnitt D.XX zu entnehmen sind.

D.3.5 Pontonmannlöcher

Alle Pontons und Schwimmzellen müssen mit einem Mannloch mit wasserdichtem Deckel versehen sein. Die Mannlochdeckel sind so zu gestalten, dass sie das Mannloch wieder verschließen, wenn sie durch eine Windbö angehoben wurden, und so, dass sie unter den bei der Auslegung angesetzten Windbedingungen nicht weggerissen werden. Alternativ können Mannlochdeckel mit geeigneten Haltevorrichtungen ausgerüstet werden.

Die Oberkante der Mannlochstützen muss so hoch liegen, dass unter den in D.1.3.2 festgelegten Bedingungen kein Wasser in die Schwimmzellen eindringen kann.

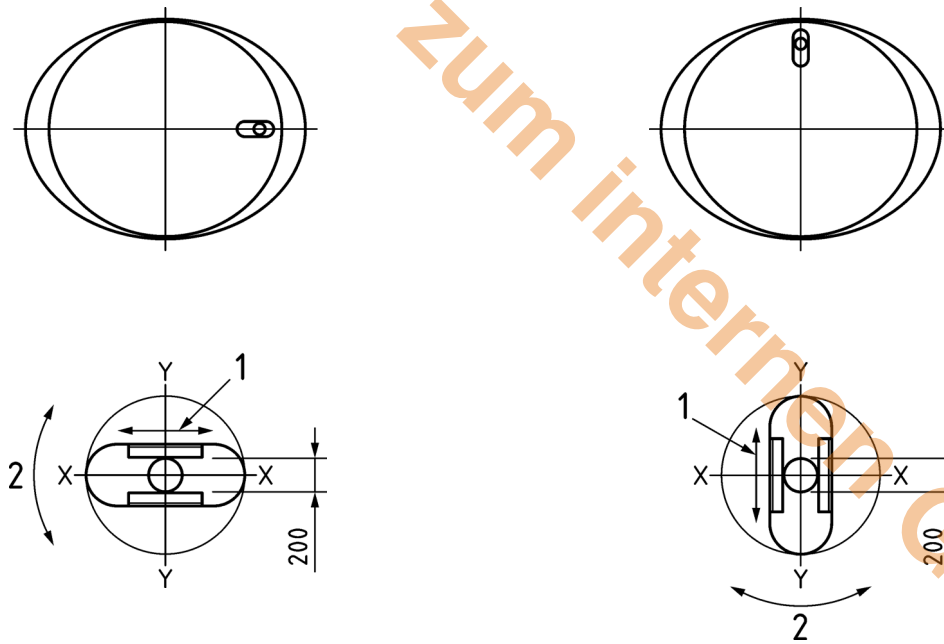
D.3.6 Dachmannloch

Als Zugang zum Tankinneren und zur Be- und Entlüftung bei leerem Tank muss mindestens ein Mannloch im Dach vorhanden sein. Alle zusätzlichen Mannlöcher müssen die entsprechenden Festlegungen erfüllen (siehe A.1). Mannlöcher im Dach müssen einen Innendurchmesser von mindestens 600 mm haben und mit einem verschraubten Deckel mit Dichtung versehen sein.

D.3.7 Zentriervorrichtung und Verdrehsicherung

Es ist eine Zentriervorrichtungs- und Verdrehsicherungs-Führungsstange einzubauen, um das Dach im Tank zu zentrieren und jegliche Rotation des Dachs zu verhindern.

Die Führungsstange muss den Seitenkräften standhalten, die von der Dachleiter, ungleichmäßig verteilten Schneelasten, Windlasten usw. darauf aufgebracht werden. Die Führungsstange muss außerdem zur Begrenzung der Emissionen aus dem Führungsstangenschacht mit einer emissionsreduzierenden Manschette ausgerüstet werden. Der um die Führungsstange einzuhaltende Abstand muss in allen in D.1.3.2 genannten Fällen berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass sich das Dach nicht verklemt.



Legende

- 1 Gleiten
- 2 Rotation

Bild D.11 — Bewegungen um die Führungsstange

D.3.8 Schwimmdachentwässerung

D.3.8.1 Allgemeines

Sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe A.1), sind für die Schwimmdachentwässerung Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme zu verwenden. Die Entwässerungseinrichtungen müssen unter allen Betriebsbedingungen des Schwimmdachs funktionsfähig sein. Eine Drainage durch Syphon ist für Membranschwimmdächer mit Ringponton nicht zulässig.

Der Durchsatz der Schwimmdachentwässerung ist als Funktion der festgelegten maximalen Niederschlagsmenge und für die tiefste Schwimmdachstellung zu berechnen.

Für die Schwimmdachentwässerung aller Arten von Schwimmdächern gelten die folgenden Mindestdurchmesser:

- 75 mm Durchmesser für Dächer mit einem Durchmesser kleiner als 30 m;
- 100 mm Durchmesser für Dächer mit einem Durchmesser von 30 m bis einschließlich 50 m; und
- 150 mm für Dächer mit einem Durchmesser größer als 50 m.

Die Anzahl an Schwimmdachentwässerungen hängt von den den für die Intensität und Dauer des Niederschlags geltenden Werten der betreffenden geographischen Position ab.

Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme an Membranschwimmdächern mit Ringpontons müssen unmittelbar am Dachanschluss der Entwässerung mit einem Rückschlagventil versehen sein, um im Fall einer Undichtheit des Schlauchs oder Gelenkrohrsystems zu verhindern, dass Lagergut auf das Dach zurückströmt.

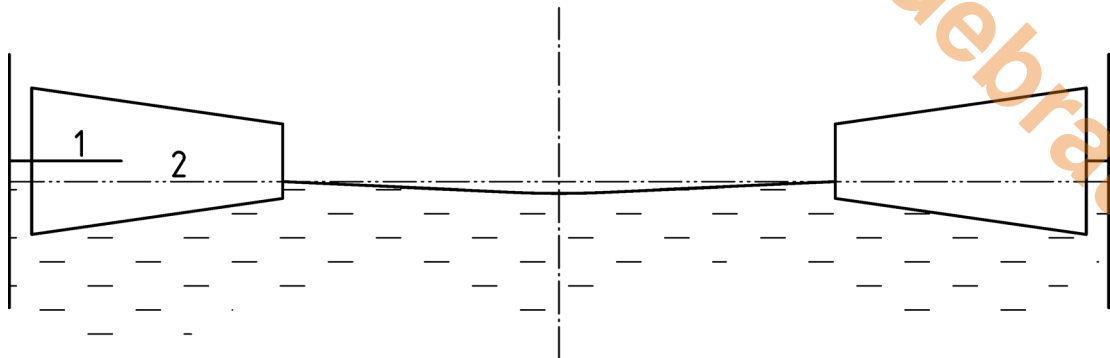
Der Einbau der Entwässerungseinrichtungen aller Arten muss auch den Einbau aller für ihre Funktion und gegebenenfalls den Austausch erforderlichen Armaturen umfassen.

Falls festgelegt, sind Doppeldeckschwimmdächer mit offenen Notentwässerungseinrichtungen auszurüsten (siehe A.1).

D.3.8.2 Membranentwässerung

Eines der Probleme bei Membranschwimmdächern ist die Wasseransammlung auf der Oberseite. Aufgrund der Auslegung dieser Dächer läuft das Wasser notwendigerweise auf die Membran, wo es als Pfütze stehen bleiben kann, falls nicht für eine angemessene Entwässerung gesorgt wird.

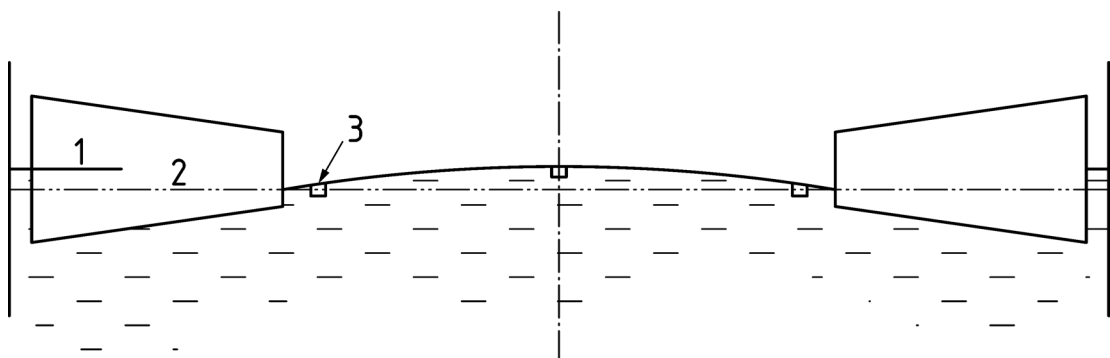
Die Membran sollte so ausgelegt werden, dass das Wasser entweder nach unten zu einem mittigen Sumpf geleitet wird, um unter allen Lastbedingungen für eine positive Entwässerung zu sorgen, oder so, dass das Wasser im Normalbetrieb nach oben geleitet wird, um von dort zu sekundären Sümpfen am Rand der Membran abzulaufen. Eine vollständig ebene Membran ermöglicht es dem Wasser, sich an natürlicherweise tiefer liegenden Stellen zu sammeln, und den Windkräften, Wasser so zu verlagern, dass sich außermittige Lasten ergeben. Eine ebene Mittelmembran lässt sich nur für genau eine Lastbedingung erzielen und wird daher nicht empfohlen.



Legende

- 1 Füllhöhe des Lagerguts
- 2 Bezugshöhe

Bild D.12 — Zu einem Mittelsumpf hin abfallende Membran



Legende

- 1 Füllhöhe des Lagerguts
- 2 Bezugshöhe
- 3 Sekundäre Sümpfe

Bild D.13 — Konvexe Membran mit sekundären Sümpfen

Ungleichmäßig verteilte Lasten, wie z. B. Wasseransammlungen an natürlicherweise tiefer liegenden Stellen, führen zu örtlichen Absenkungen der Deckmembran und verstärken die Tendenz der Wasseransammlung

an diesen Stellen. Sammelt sich genügend Wasser an anderen Stellen als dem Tanksumpf, so steigt die Gefahr, dass sich das Dach neigt, was zu einem Verklemmen des Dachs an der Führungssange oder im Ringraum führen kann. In diesem Falle ist der Einbau von sekundären Sumpfen zu erwägen.

Falls sekundäre Sumpfe verwendet werden, muss jede vom Sumpf ausgehende Stütze von ausreichender Größe sein, um den gesamten Auslegungsvolumenstrom des Sumpfes zurück zur primären Entwässerungseinrichtung zu ermöglichen. Außerdem müssen die angeschlossenen Rohrleitungen ausreichend biegsam sein, um dem Deck zu ermöglichen, weiterhin als Membran zu fungieren und die Rohrleitung nicht zu überlasten.

D.3.8.3 Entwässerungsschläuche

Es sind Vorkehrungen zu treffen, um zu verhindern, dass Entwässerungsschläuche geknickt oder unter den Dachstützen eingeklemmt und Luft oder Wasser abgeklemmt werden.

D.3.8.4 Entwässerungsgelenkrohre

Die Drehgelenke des Entwässerungsgelenkrohrsystems müssen auf Dichtheit ausgelegt sein, damit kein Wasser in das Lagergut und kein Lagergut in das Wasser gelangen kann.

D.3.9 Notentwässerungseinrichtungen

Die Höhe des auf der Oberseite verschiedener Schwimmdacharten angesammelten Regenwassers im Verhältnis zur Füllhöhe des Lagerguts im Ringraum und der Oberseite des Pontonrandsegments.

- a) **Membrankonstruktionen** Bei Membranschwimmdächern mit Ringponton steht das auf der Mittelmembran angesammelte Regenwasser immer niedriger als der Flüssigkeitsspiegel des Lagergutes im Ringraum, weil derartige Notentwässerungseinrichtungen für Membrankonstruktionen nicht zulässig sind. Um für eine zusätzliche Entwässerung zu sorgen, sind sekundäre Sumpfe annehmbar, siehe D.1.3.8.2.
- b) **Doppeldeckkonstruktionen** Bei Doppeldeckschwimmdächern steht das auf der Oberseite angesammelte Regenwasser immer höher als der Flüssigkeitsspiegel des Lagergutes im Ringraum, weil derartige Notentwässerungseinrichtungen für Doppeldeckkonstruktionen zulässig sind. Doppeldeckschwimmdächer mit großen Durchmessern können mit doppeltem Gefälle für das Oberseitensegment ausgelegt werden.

D.3.10 Ablauföffnungen

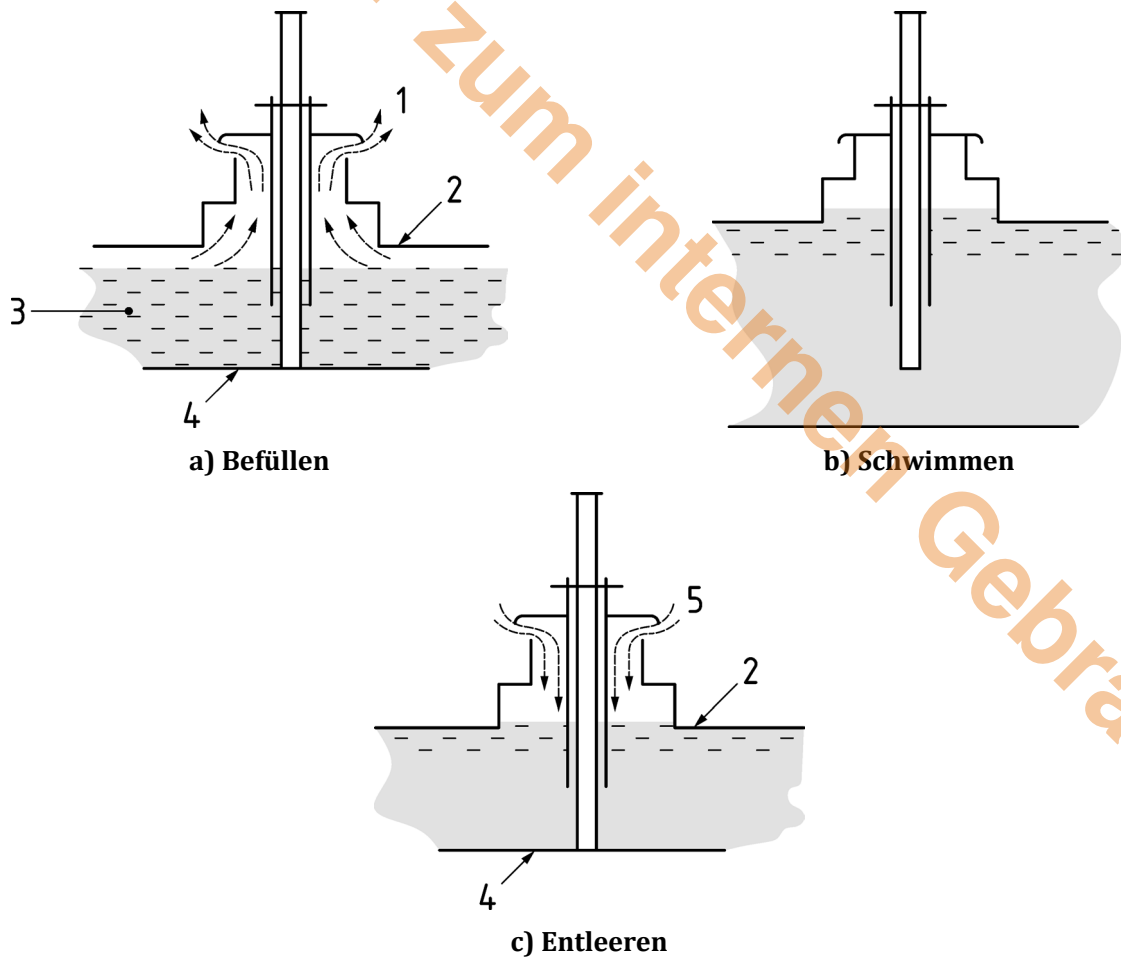
In der Nähe des Dachmittelpunktes ist eine verschließbare Ablauföffnung anzubringen, damit bei auf seinen Stützen ruhendem Dach Regenwasser in den Tank abgelassen werden kann. Diese Vorrichtung muss in der Lage sein, die festgelegte Niederschlagsmenge abzuleiten (siehe D.1.3.1 b)).

Vor Inbetriebnahme des Daches muss diese Ablauföffnung verschlossen werden, und es sind Maßnahmen gegen unbeabsichtigtes Öffnen zu treffen.

D.3.11 Automatische Lüfter und Be- und Entlüftungsöffnungen am Rand

Die für das Befüllen und Entleeren geltenden Höchstgeschwindigkeiten müssen festgelegt werden, um die Anzahl und die Größen der automatischen Lüfter in der Auslegung festlegen zu können (siehe A.1).

Der Öffnungsmechanismus des automatischen Lüfters muss sich so einstellen lassen, dass ein Betrieb mit den unterschiedlichen vertikalen Einstellungen der Dachstützen möglich ist.



Legende

- 1 Dampf
- 2 Deck
- 3 Lagergut
- 4 Boden
- 5 Luft

Bild D.14

Falls mit einem Überdruck im Ringraum des Schwimmdecks zu rechnen ist, müssen Möglichkeiten für die Anbringung von Be- und Entlüftungseinrichtungen am Rand vorgesehen werden.

Falls aufgrund von Dampfansammlung mit einem auf das Membranschwimmdach mit Ringponten wirkenden Überdruck zu rechnen ist, müssen Druckausgleichsventile in der Membran vorgesehen werden.

Diese automatischen Lüfter oder Druckausgleichsventile müssen das Ablassen der Luft und der Gase, die sich unter dem Dach und der Randabdichtung bei der ersten Befüllung angesammelt haben, und das Einströmen von Luft beim Abpumpen des Lagerguts bei auf seinen Stützen ruhendem Dach ermöglichen; ferner muss die Entlüftung jeglicher Dampfüberschüsse, die gegebenenfalls während des Betriebes im Ringraum vorhanden sind, sichergestellt sein.

D.3.12 Dichtungen

Dichtungen für Schwimmdächer müssen Anhang E entsprechen.

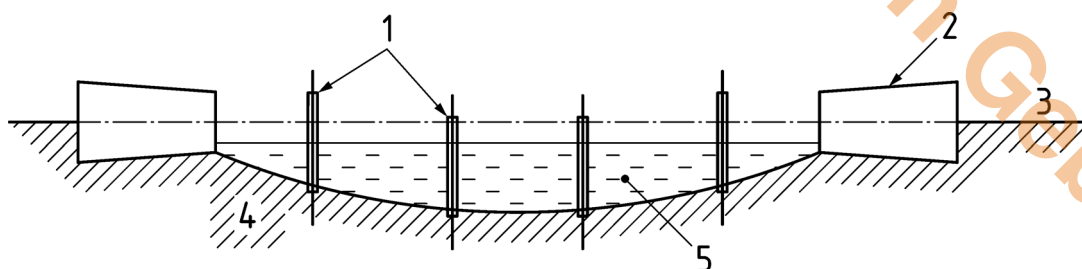
D.3.13 Stützen

Schwimmdächer müssen mit Stützen ausgestattet sein.

Die Stützen selbst und ihre Befestigung müssen so ausgelegt sein, dass sie der Belastung durch das Schwimmdach und durch zusätzliche Lasten nach D.1.3.3 b) standhalten.

ANMERKUNG Bei diesen Lasten sind weder die Einwirkungen durch das Lagergut noch die möglichen Auswirkungen aufgrund häufigen Absetzens des Daches berücksichtigt (siehe D.1.3.1).

Die Stützen müssen so ausgelegt sein, dass kein Lagergut auf das mit der maximalen Regenmenge belastete Schwimmdach strömen und keine Lagergütdämpfe (falls zutreffend) austreten können, wenn die Mittelmembran eines Membranschwimmdaches mit Ringponton durch Dampfdruck vom Flüssigkeitsspiegel abgehoben wird (siehe auch Anhang D.2).



Legende

- | | | | |
|---|---------|---|-------------|
| 1 | Stützen | 4 | Öl |
| 2 | Ponton | 5 | Regenwasser |
| 3 | Ölstand | | |

Bild D.15 — Dachmanschetten, die von ausreichender Länge sein müssen, um über dem endgültigen Regenwasserspiegel zu stehen

Wenn Schottwände oder Verstärkungsbleche vorgesehen sind, sind die Dachlasten über diese Teile in die Stützen einzuleiten.

Um die über die Stützen abgeleiteten Lasten gleichmäßig über den Tankboden zu verteilen, müssen Maßnahmen, wie z. B. der Anbau von Stahlblechen, ergriffen werden. Diese Bleche sind durchgehend mit den Bodenblechen zu verschweißen. Stehen die Bleche über Kehlnähte einer Überlappverbindung von Bodenblechen über, so müssen Unterschiede in der Bodenhöhe durch vollständig verschweißte Ausgleichsbleche ausgeglichen werden.

Bei hohlen Stützen muss am unteren Ende eine Ablauföffnung zwecks Drainage vorhanden sein.

Wenn das Schwimmdach in verschiedenen festen Höhen absetzbar sein soll, müssen die Stützen von der Oberseite des Schwimmdaches aus höhenverstellbar sein. Die Stützhöhen für die Betriebs- und Reinigungsstellung des Schwimmdaches müssen den geltenden Festlegungen entsprechen (siehe A.1).

Der Hersteller muss sicherstellen, dass das Schwimmdach in der tiefsten Stellung nicht mit Ausrüstungsteilen (z. B. Rührwerke, internen Rohrleitungen und Füllstützen) kollidiert.

D.3.14 Füllstandspeileinrichtung

Schwimmdächer sind entweder mit einer dicht schließenden Messluke für die Handpeilung oder bei Peilstützen mit einer dicht schließenden Kappe zu versehen, die entweder den Festlegungen des Bestellers (siehe A.1) oder der Norm des Herstellers entsprechen.

D.3.15 Rolllleiter

Sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe A.1), muss das Schwimmdach mit einer Rolllleiter mit Stufen oder Sprossen ausgestattet werden, damit das Dach zu jeder Zeit begehbar ist; die Stufen der Rolllleiter müssen sich in jeder Position des Daches selbsttätig waagrecht stellen, und die Rolllleiter muss auf beiden Seiten mit einem Geländer versehen sein.

Die Mindestbelastbarkeit der Stufen oder Sprossen muss EN ISO 14122 entsprechen.

Die Leiter muss für den gesamten Hub des Schwimmdaches ausgelegt sein. Sie kann deshalb bei Tanks, deren Höhe größer oder gleich 1,0 ist, nicht verwendet werden.

Die Leiter muss für eine senkrechte Einzellast in der Mitte von mindestens 5 kN (500 kg) bei beliebiger Betriebsposition der Leiter in Kombination mit aus beliebiger Richtung einwirkender maximaler Windlast ausgelegt sein. Bei langen Leitern ist auf Drehsteifigkeit und auf windinduzierte Schwingungen zu achten, die zum Aushängen der Leiter führen können.

Die Laufschienen der Leiter müssen in ausreichender Höhe über dem Schwimmdach angebracht werden, um ein Aushängen der Leiter durch Schnee oder Eis zu verhindern.

ANMERKUNG 1 Bei langen schweren Leitern sollten die lasttragende Breite der Schienen und der Rollwiderstand der Räder besonders berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Bei Membranschwimmdächern mit Ringponton sollten die durch die Rolllleiter bedingten Lasten nur in der Mitte der Membran und am Ringponton angreifen.

D.3.16 Erdungskabel

Schwimmdächer müssen systematisch mit Erdungskabeln ausgestattet sein. Bei Tanks mit Durchmessern bis 20 m sind mindestens zwei, bei Tanks mit größerem Durchmesser mindestens vier Kabel vorzusehen.

ANMERKUNG Die Erdungskabel sollten einen Querschnitt von mindestens 50 mm² haben.

D.3.17 Schaumwand

Schaumwände müssen so ausgelegt werden, dass Schaum im Dichtungsbereich zurückgehalten wird, sie sind in ausreichender Tiefe anzuordnen, um den Dichtungsbereich vollständig zu schützen, und sie müssen den Schaum seitlich zum Dichtungsbruch ableiten. Die Oberkante der Schaumwand muss einen Abstand von mindestens 300 mm, höchstens jedoch 600 mm zum Tankmantel haben. Die Schaumwand muss eine Höhe von mindestens 300 mm und einen Überstand von mindestens 50 mm über die sekundäre Dichtung, eine einen Schaumstoffblock nutzende, brennbare sekundäre Dichtung oder jedes beliebige Ausbrennteil haben, der an ihrem höchsten Berührungspunkt mit dem Mantel zu messen ist.

Die Schaumwand muss aus einem Kohlenstoffstahlblech mit einer Dicke von mindestens 3 mm oder aus einem nichtrostenden Stahlblech mit einer Dicke von mindestens 1,5 mm oder aus einem anderen Werkstoff von ausreichender Feuerbeständigkeit gefertigt werden.

Eine geschraubte Schaumwand muss am Außenrand, am Randwinkel oder an einem an der Schwimmdachoberseite oder den Pontons angeschweißten Winkel angebracht werden. Im Rahmen der Auslegung und Ausführung sollten Schritte unternommen werden, um ein Ablösen der Dichtung und damit verbundene Übereinstimmungsprobleme zu verhindern. Auf den Deckblechen des Pontons oder auf der Dachoberseite muss eine geschweißte Schaumwand angebracht werden. Geschweißte Schaumwände und die dafür verwendeten Stützwinkel müssen auf der Schaumseite durchgehend geschweißt sein.

Sofern gefordert, sind an der dem Tankmittelpunkt zugewandten Seite der Schaumwand mittig Gegenstützen mit Umfangsabständen von etwa 1,5 m anzubringen.

Um Regenwasser ablaufen zu lassen, müssen am Boden oder am Befestigungswinkel der Schaumwand Ablaufschlitze mit einer Querschnittsfläche von 278 mm² je m² Wandfläche mit einer Ablaufschlitzhöhe von höchstens 9,5 mm vorgesehen werden; die verwendeten Schrauben sollten nicht durch die Membran oder durch Pontons hindurchgehen.

D.4 Vorfertigung im Werk

Die Toleranzen aller vorgefertigten Schwimmdachteile sind so zu bemessen, dass eine maßgenaue und dichte Endmontage sichergestellt ist. Sofern festgelegt (siehe A.1), sollten eine Probemontage und eine Inspektion im Werk durchgeführt werden.

D.5 Kennzeichnung, Verpackung, Handhabung und Transport

D.5.1 Allgemeines

Es gelten die Anforderungen von 15.11 und 15.12.

D.5.2 Reparatur nach Schäden im Werk

Es gelten die Anforderungen von 16.5.

D.6 Montage

Die Montage ist in Übereinstimmung mit 16.1 durchzuführen.

ANMERKUNG Die Gefahr möglicher Deformation und Instabilität erfordert besondere Vorsicht bei Montage, Errichtung und Schweißen der Schwimmdächer; diese Arbeiten können entweder am Tankboden oder mittels vorübergehend angebrachter Stützen durchgeführt werden.

Die Endmaße des Schwimmdaches sind auf die Fertigungstoleranzen des Tankmantels (siehe 16.7) und die vom Dichtungshersteller festgelegte Arbeitsbreite der Ringspaltabdichtung (siehe Anhang E) abzustimmen.

D.7 Schweißen

D.7.1 Allgemeines

Schweißarbeiten müssen von zugelassenen Schweißern nach vom Schwimmdachhersteller festgelegten Verfahren durchgeführt werden.

Der Errichter muss durch geeignete Montageverfahren und eine entsprechende Reihenfolge der Schweißarbeiten sicherstellen, dass Formänderung und Schrumpfung des Schwimmdachs auf ein Mindestmaß begrenzt werden.

Schwimmdachbleche müssen eine Überlappung von mindestens 25 mm erhalten und dürfen nur von der Oberseite geschweißt werden; ausgenommen sind innenbeschichtete Schwimmdächer, bei denen die Bleche beidseitig zu schweißen sind. Bei Membranschwimmdächern mit Ringponton, die windinduzierten Schwingungen der Deckbleche ausgesetzt sind, muss die Unterseite heftgeschweißt werden.

D.7.2 Stützen

Überlappstöße an der Mittelmembran von Membranschwimmdächern mit Pontons müssen im Umkreis von 200 mm um eine Dachstütze beidseitig geschweißt werden.

D.7.3 Schottwände

Alle innenliegenden Schottbleche müssen mindestens an allen Kanten einseitig kehlnahtverschweißt werden, damit sie flüssigkeitsdicht sind.

Ecken von Schottblechen, die für die Einhaltung der Abstände zu Längskehlnähten gekürzt wurden, müssen durch Schweißen gefüllt werden, damit sie flüssigkeitsdicht sind.

D.8 Inspektion und Prüfung

D.8.1 Schweißnähte

Alle Schweißnähte an Schwimmdach, Ausschnitten und Pontons sind einer Eindringprüfung (siehe 19.6) oder einer Nekalprüfung mit Unterdruck (siehe 19.8) zu unterziehen. Alle Nahtfehler müssen repariert werden; anschließend ist die Naht erneut zu prüfen.

D.8.2 Pontons

Pontonzellen und Schwimmzellen sind einer Druckprüfung zu unterziehen, sofern ihre Auslegung dies zulässt. Dabei muss in jeder Zelle während der Prüfung ein Überdruck von mindestens 7 mbar (0,000 7 MPa) aufrechterhalten werden. Sämtliche Schweißnähte sind mit einer blasenbildenden Lösung wie für die Unterdruckprüfung mit Saugglocke (siehe 19.5) zu prüfen.

Ist aufgrund der Auslegung eine Luftdruckprüfung nicht möglich, so sind alle Schweißnähte einer Eindringprüfung (siehe 19.6) zu unterziehen.

D.8.3 Überprüfungen

Der Dachhersteller muss die folgenden Überprüfungen durchführen:

- a) auf vorschriftsmäßige Anordnung und Abschluss der Schweißung von Bodenverstärkungsblechen aus Stahl an der Position des Podests der Schwimmdachstützen;
- b) Höhe und Anordnung der Stützen daraufhin, dass das Dach in der unteren Stellung nicht an Einbauteile am Tankboden und -mantel stößt;
- c) auf Übereinstimmung des Ringspaltes zwischen Schwimmdachrand und Tankmantel mit D.1.3.1, D.1.3.12 und D.1.6. Diese Überprüfungen sind bei der Befüllung des Tanks mit Wasser bei niedrigstem, mittlerem und höchstmöglichem Flüssigkeitsstand durchzuführen. Es sind mindestens acht jeweils höchstens 10 m voneinander entfernte Punkte am Umfang zu überprüfen;
- d) die Anordnung der flexiblen oder starren Anschlüsse der Dachentwässerung daraufhin, dass sie nicht an andere Einbauteile oder Dachstützen stoßen;
- e) Vorhandensein von Wasserablauföffnungen für den Fall, dass eine Einrichtung zur Schaumeindämmung (Schaumwand) installiert ist;
- f) Einstellungen der Stützhöhe, Dichtheit der Pontons und der Membranen, Dichtheit und freie Beweglichkeit des Schwimmdachs, wenn dieses auf Wasser schwimmt;
- g) Einbau und Befestigung von Erdungseinrichtungen.

D.8.4 Entwässerungseinrichtungen

Der Schwimmdachhersteller muss die gewählten Entwässerungseinrichtungen nach dem Einbau einer geeigneten Wasserdruckprüfung unterziehen, um deren Dichtheit sicherzustellen. Dies ist vom Abnahmebeauftragten zu überprüfen. Der Prüfdruck muss vom Hersteller der Entwässerungseinrichtung festgelegt werden.

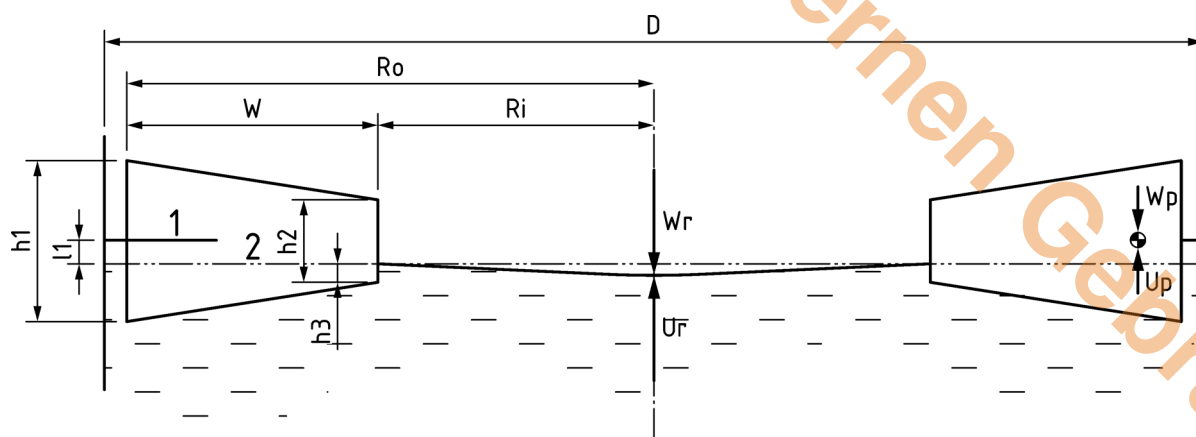
D.9 Dokumentation

Betriebsanweisungen und Angaben zu etwaigen Einschränkungen in der Verwendung sind vom Hersteller des Schwimmdachs in schriftlicher Form zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich muss auch eine Aufzeichnung der auf dem Dach durchgeführten Prüfungen bereitgestellt werden (siehe D.1.8).

D.10 Detaillierte Anforderungen an die Auslegung von Schwimmdächern

D.10.1 Allgemeines

Falls dies vom Auftraggeber gefordert wird oder falls der Durchmesser des betreffenden Membranschwimmdachs größer als 50 m ist, muss eine vollständige Auslegungsanalyse durchgeführt werden. Teil 2 von Anhang D enthält Leitlinien für diese Analyse. Die folgenden gelten für Membranschwimmdächer, können aber, sofern zutreffend, auch auf Doppeldeckschwimmdächer angewendet werden (d. h. Dachneigung, auf die Bleche wirkende Lasten, Auslegung der Stützen usw.).



Legende

- | | | | |
|-------|------------------------|-------|----------------------|
| 1 | Füllhöhe des Lagerguts | U_p | Pontonauftriebskraft |
| 2 | Bezugshöhe | W_r | Dachgewicht |
| U_r | Dachauftriebskraft | W_p | Pontongewicht |

Bild D.16 — Schematische Darstellung des Dachs

Tabelle D.1 — Bei Schwimmdächern maßgebliche Variablen

R_0	Dachradius
R_i	Innenrandradius
h_1	Höhe des Außenrandes
h_2	Höhe des Innenrands
h_3	Erhöhung der Membran
h_4	Außermittigkeit der Membran
l_1	Füllstand des Lagerguts über der ursprünglichen Membranhöhe
l_2	Wasserstand über der ursprünglichen Membranhöhe
x_1	Durchbiegung der Membran
U_r	Dachauftriebskraft
U_p	Pontonauftriebskraft
W_r	Dachgewicht
W_p	Pontongewicht
W_d	Membrangewicht
T_d	Auf die Membran wirkende Zugspannung
x_2	Dachauftriebsexzentrizität
x_3	Dachgewichtsexzentrizität
x_4	Pontonauftriebsexzentrizität

Es muss ein in sich widerspruchsfreier Satz von Einheiten verwendet werden.

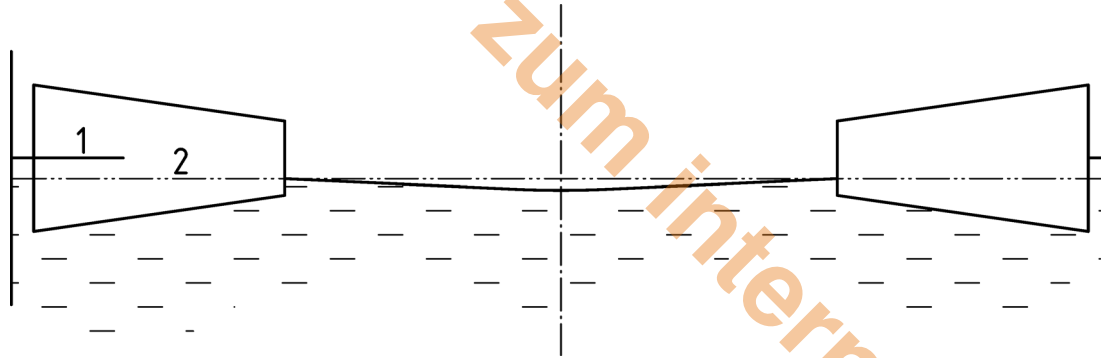
D.10.2 Auslegungsfälle

Für jeden Auslegungsfall sind folgende Aspekte zu beurteilen:

- die Schwimmhöhe des Dachs;
- das Durchhängen oder Abheben der Mettmembran (bei Membrandächern);
- die in den einzelnen Schwimmdachbauteilen auftretenden Spannungen; und
- das durch Drucklasten verursachte Beulen des äußeren Pontonsegments.

D.10.2.1 Normalbetrieb

Die Schwimmfähigkeit des Dachs im Normalbetrieb ist zu beurteilen, während es auf einem Lagergut mit festgelegter Dichte schwimmt.



Legende

- 1 Füllhöhe des Lagerguts
- 2 Bezugshöhe

Bild D.17 — Normalbetrieb eines Membrandachs

D.10.2.2 Windlasten

Die Auswirkungen von Windlasten auf das Dach müssen beurteilt werden (siehe D.2.3.5).

D.10.2.3 250 mm Regenwasser

Das Dach muss unter Zugrundelegung einer für die Gesamtfläche des auf einem Lagergut mit einer Dichte von 0,7 schwimmenden Dachs berechneten Regenwassersäule von 250 mm beurteilt werden.

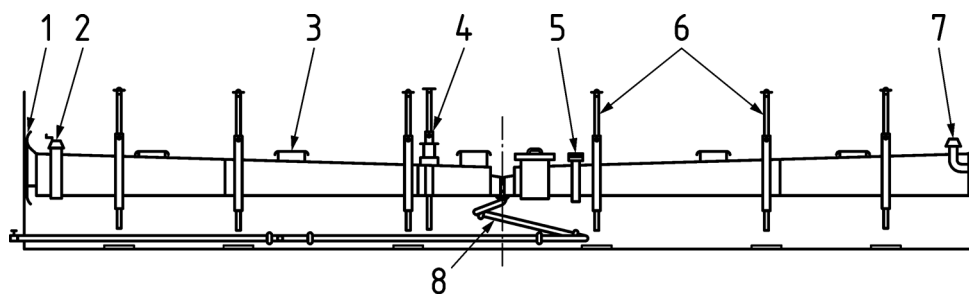
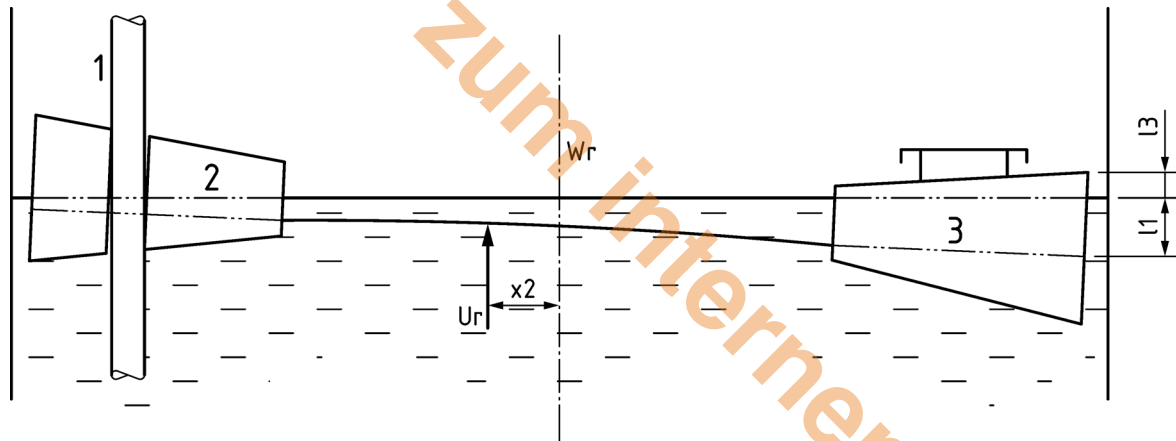


Bild D.18 — Wasseransammlung auf einem Membrandach mit einer Höhe von 250 mm

D.10.2.4 Zwei undichte Pontons und eine undichte Mittelmembran

Das Dach muss unter der Annahme beurteilt werden, dass zwei benachbarte Pontons und die Mittelmembran undicht seien und die Schwimmdachentwässerung funktionsuntüchtig sei.



Legende

- 1 Führungsstange
- 2 Füllhöhe des Lagerguts
- 3 Ursprüngliche Membranhöhe

Bild D.19 — Schwimmfähigkeit bei zwei undichten Schwimmzellen und undichter Mittelmembran

Bei der Beurteilung der Durchbiegung von Membranschwimmhächern sollte beachtet werden, dass sich diese nicht wie starre Körper verhalten. Im Besonderen der Fall der Undichtheit von zwei benachbarten Pontons hat eine Neigung, aber auch ein Aufbuckeln des Dachs zur Folge, was wiederum zu einem Absinken des Außenrandes führt.

D.10.2.5 Das Dach ruht auf seinen Stützen.

Das Dach ruht auf seinen Stützen mit einer Nutzlast von $1,2 \text{ kN/m}^2$ oder einem anderen zu vereinbarenden Wert (siehe A.2). In der Nutzlast ist die Last durch Regenwasser nicht enthalten; sie darf aber höher angesetzt werden, um voraussehbare höhere Lasten zu berücksichtigen.

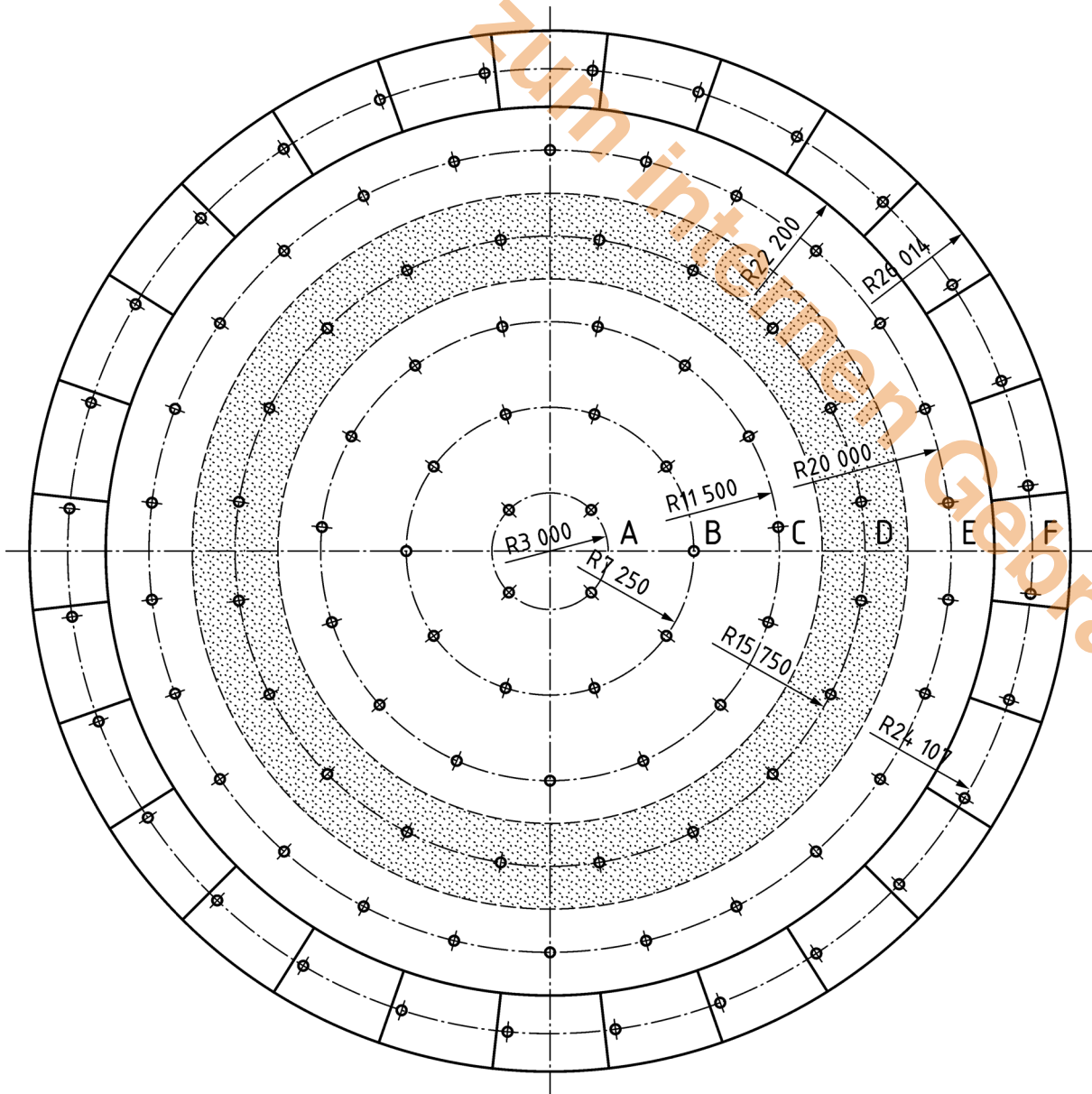
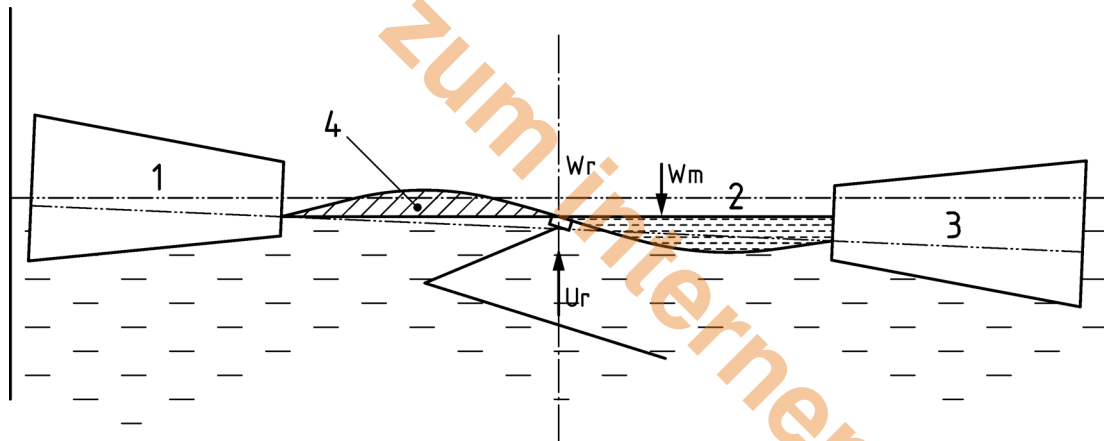


Bild D.20 — Typische Anordnung der Dachstützen

D.10.2.6 Auslegungs Sonderfälle

Falls dies vom Auftraggeber festgelegt ist, können unter Umständen zusätzliche Auslegungsfälle zu berücksichtigen sein, z. B. eine Kombination aus Dampfansammlung an einer Seite des Dachs und Wasseransammlung auf der gegenüberliegenden Seite.



Legende

- 1 Füllhöhe des Lagerguts
- 2 Höhe des Wasserspiegels
- 3 Membranhöhe
- 4 Dampf

Bild D.21 — Verziehen nur einer Membran aufgrund einer Kombination aus Dampfansammlung und außermittigem Lastangriff

Zu den weiteren unter Umständen zu berücksichtigenden Fällen gehört der Fall, dass zwei gegenüberliegende Pontons undicht sind, was zu einem Bruch des Dachrückens führt.

D.10.3 Lastbedingungen

Für jeden der in D.2.2 genannten Auslegungsfälle muss ein Satz von Lastbedingungen, wie im Folgenden beschrieben, festgelegt werden.

D.10.3.1 Eigengewicht

Das Gewicht der einzelnen Bauteile muss bei der Auslegung berücksichtigt werden. Zusätzlich zu den Blechgewichten muss bei der Auslegung auch Folgendes berücksichtigt werden:

- zusätzliches Blechgewicht aufgrund von Überlappungsverbindungen;
- Membranmannlöcher;
- Pontonmannlöcher;
- Stützen und Manschetten;
- Entlüfter;
- Dachsümpfe und Entwässerungseinrichtung;
- Rolllleiter (siehe unten);
- Dachabdichtung; und
- alle zusätzlichen Dachzubehörteile.

Bei der Betrachtung der Dachschwimmhöhen ist die richtige Berechnung des Gesamtgewichtes von großer Bedeutung, und es sollte im Rahmen der detaillierten Tragwerksauslegung berücksichtigt werden, wie den zusätzlichen durch die Betrachtung der einzelnen Bauteile aufgebracht Gewichten Rechnung zu tragen ist. Dies lässt sich am einfachsten durch Berechnung eines Lastfaktors als Ergebnis der Division des Gesamtgewichtes des Dachs und der Armaturen durch das Nettoblechgewicht des Dachs erreichen.

D.10.3.2 Eigengewicht der Rolllleiter + Schienen der Rolllleiter

Da die Rolllleiter auf der einen Seite durch den Tankmantel und auf der anderen Seite durch das Schwimmdach gestützt wird, wirkt nur das halbe Gewicht auf das Schwimmdach. Für die verschiedenen zu betrachtenden Lastfälle wird angenommen, dass die Rolllleiter mit dem kritischsten Gefälle angeordnet sei, d. h. wenn sich das Dach in seiner tiefsten Stellung befindet. Bei Anwendung dieser Theorie greift die von der Rolllleiter aufgebrauchte (Einzel-)Last nunmehr so weit wie irgend möglich entfernt vom Dachmittelpunkt an, was zu der größtmöglichen Neigung des Dachs durch das Eigengewicht der Rolllleiter führt.

Das Gewicht der Schienen (oder des Laufstegs) der Rolllleiter sollte ebenfalls berücksichtigt werden. Deren Position in Bezug auf das Schwimmdach muss für jeden Lastfall genau eingehalten werden.

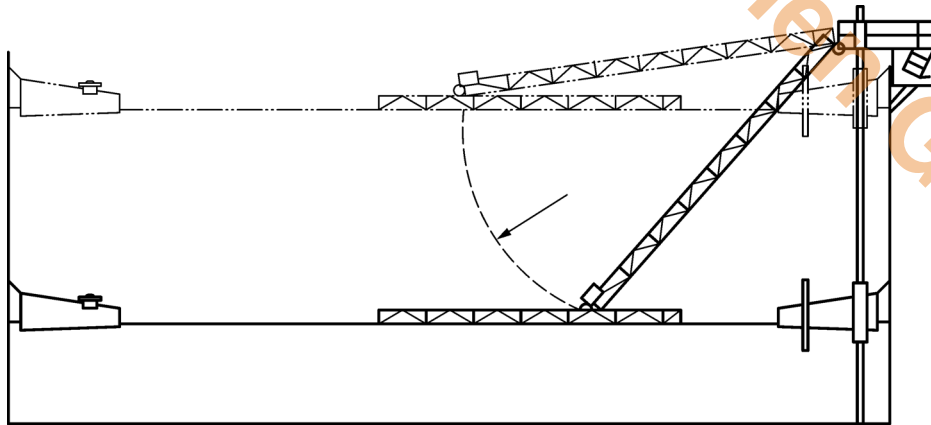
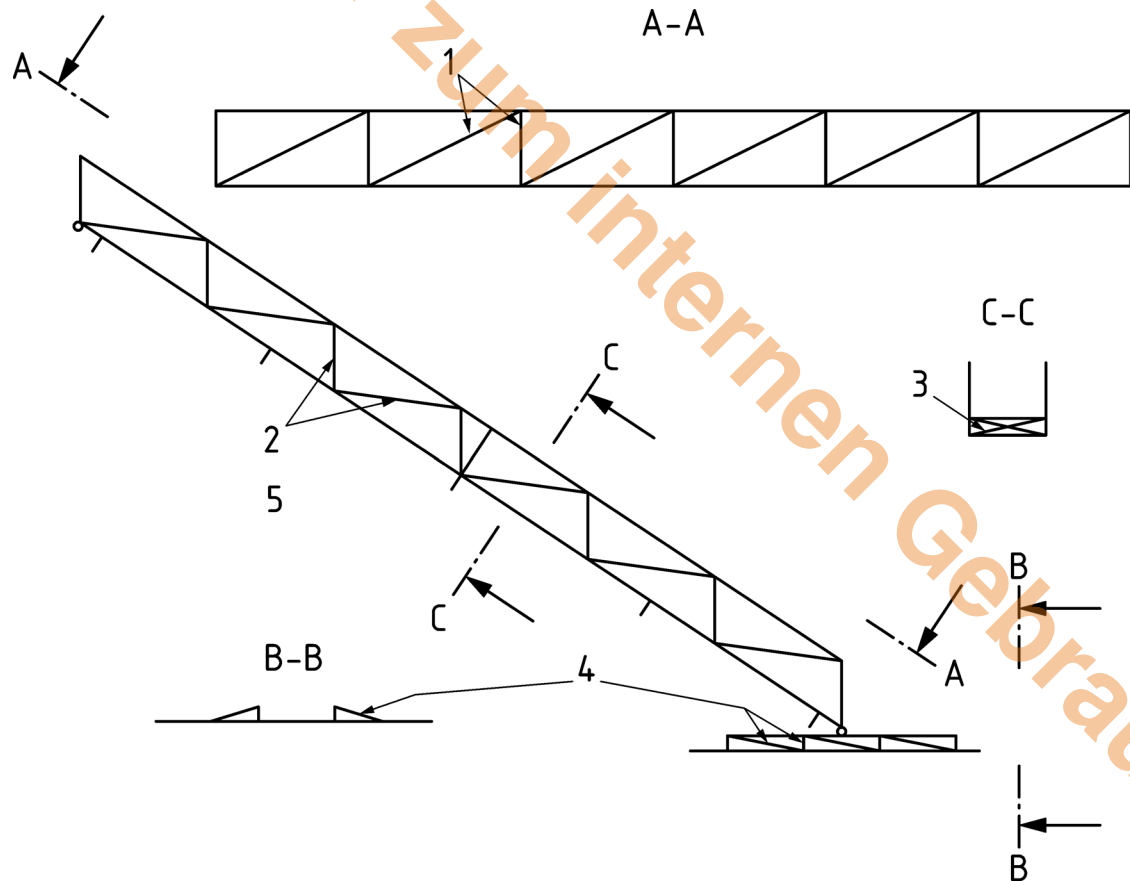


Bild D.22 — Typische Anordnung einer Rolllleiter

D.10.3.2.1 Auslegung der Rolllleiter

Bild D.23 zeigt, dass es notwendig ist, diesen Tragwerkskonstruktionen angemessene Verstreibungen hinzuzufügen, um Biegungen in Seitwärts- und in Längsrichtung sowie Torsion unter den anwendbaren Lasten auf ein Mindestmaß zu begrenzen.



Legende

- 1 typische Verstrebung zur Verhinderung von Parallelbiegung
- 2 typische Verstrebung zur Verhinderung von Biegung in Längsrichtung
- 3 typische Verstrebung zur Verhinderung von Torsion
- 4 typische Verstrebung in Schienen zur Verhinderung von Seitwärts- und Längsverschiebung
- 5 Vorderansicht der Rollleiter

- A-A Draufsicht auf die Rollleiter
B-B Vorderansicht der Rollleiter
C-C Schnittansicht der Rollleiter

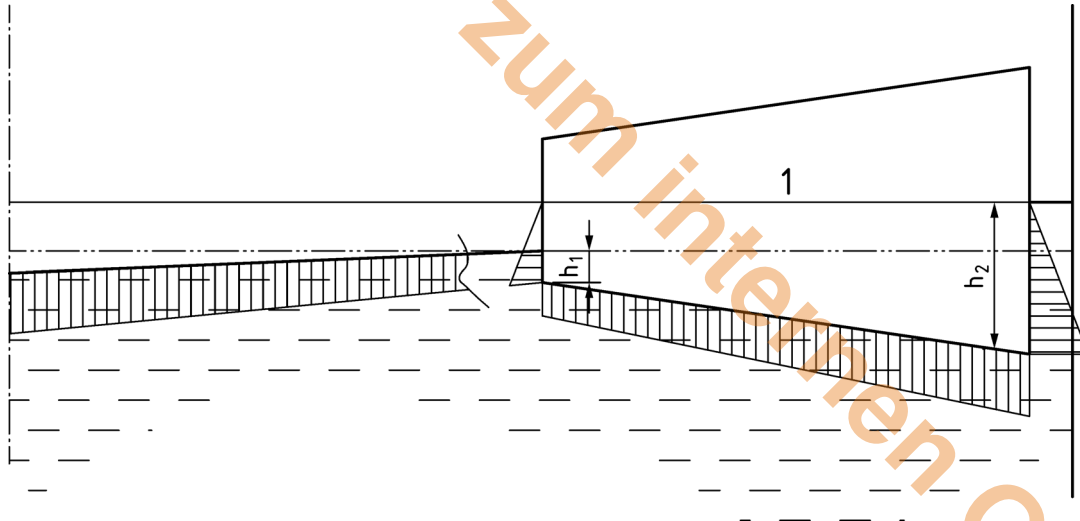
Bild D.23 — Anforderungen bezüglich der Hinzufügung von Verstrebungen in Leiter- und Schienen-segmenten zur Verhinderung von deren Biegung und Torsion unter den anwendbaren Lasten

Die Rollleiter muss so ausgelegt werden, dass sie einer genormten Trittlast sowie einer Einzellast von 5 kN und den windinduzierten Seitenlasten standhalten kann.

Die Rollleiter und die Schienen müssen nach EN 1993-1-1 beurteilt werden.

D.10.3.3 Hydrostatische Lasten

Die Bauteile des Schwimmdach müssen für die angemessenen hydrostatischen Beanspruchungen ausgelegt werden. Die anzuwendenden hydrostatischen Lasten sind dem Abstand des betrachteten Punktes unterhalb des Flüssigkeitsspiegels direkt proportional. Das nachstehende Diagramm zeigt eine für Pontons typische Verteilung.



Legende

1 Füllhöhe des Lagerguts

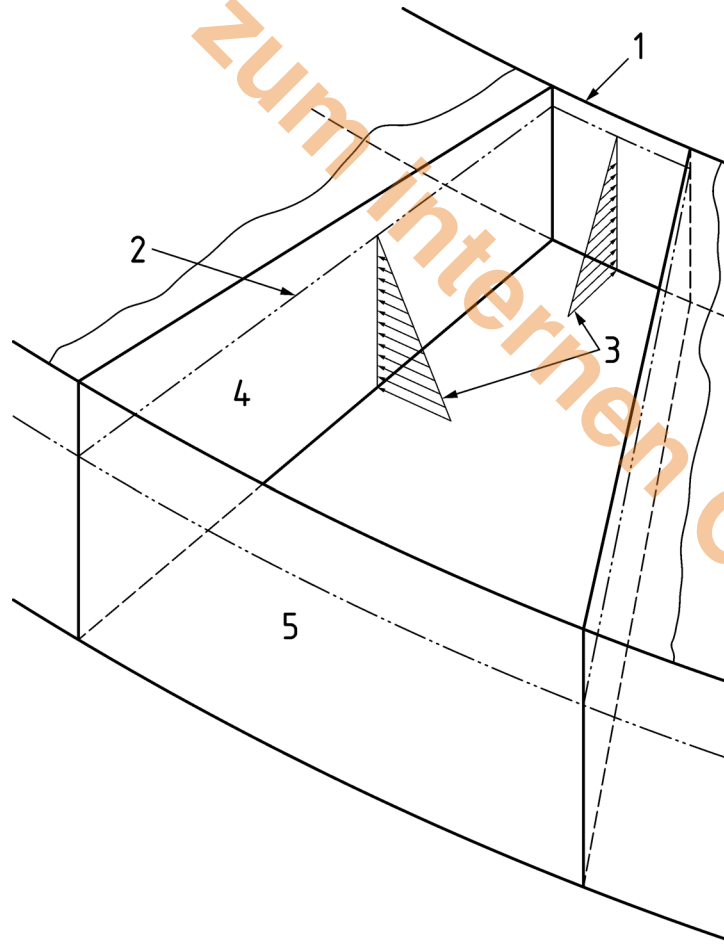
Bild D.24 — Schematische Darstellung der durch das Lagergut bedingten auf den Schwimmdachponton wirkenden hydrostatischen Lasten

Verringerter hydrostatischer Druck, wenn zwei benachbarte Pontons sowie die Mittellmembran als undicht gelten (Membranschwimmdächer).

Die Mitteldeckbleche und die unteren Deckbleche der undichten Schwimmzellen sind vollständig eingetaucht. In diesem Fall sind sowohl die Mitteldeckbleche als auch die unteren Deckbleche der undichten Schwimmzellen aufgrund des Volumens dieser Bleche einem verringerten hydrostatischen Druck ausgesetzt. Der Wert dieses verringerten hydrostatischen Drucks muss berücksichtigt werden.

Hydrostatischer Druck in undichten Pontons gegen Schottwände und gegen das innere Randblech.

Wenn sich in undichten Pontons Flüssigkeit in Form von Lagergut oder (Regen-)Wasser ansammelt, werden die Schottwandbleche und die inneren Randbleche der Pontons durch den hydrostatischen Druck von innen mit steigendem Pegel zunehmend beansprucht. Diesen Lasten muss Rechnung getragen werden, wie in Bild 5 dargestellt.



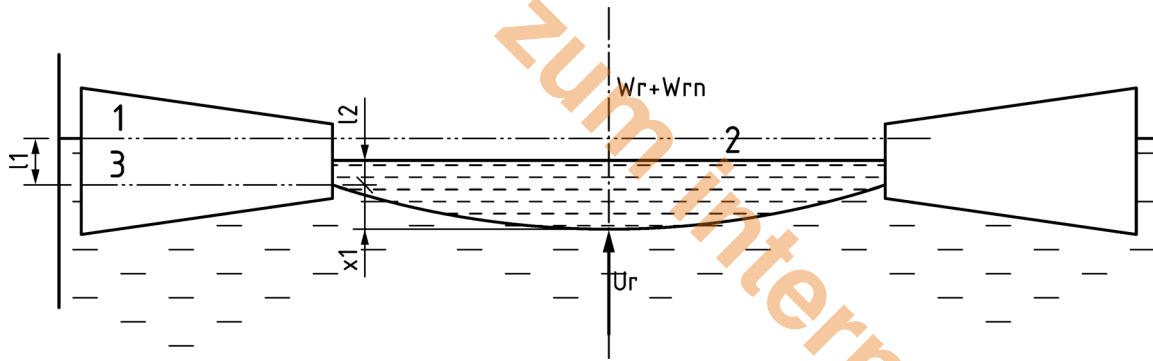
Legende

- | | | | |
|---|------------------------|---|--------------|
| 1 | Randblech | 4 | Schottwand |
| 2 | Füllhöhe des Lagerguts | 5 | äußerer Rand |
| 3 | hydrostatischer Druck | | |

Bild D.25 — Hydrostatischer Druck im Inneren von undichten Pontons

h) Regenwasseransammlungen

Die zu berücksichtigende Wasserlast ist das Ergebnis einer über einen Zeitraum von 24 h bei intaktem Dach auf die gesamte horizontale Dachfläche fallenden Niederschlagsmenge von 250 mm. Diese Regenwasser-menge sammelt sich in der Folge auf der Mittelmembran an. Aus dem nachstehenden Bild ist die Anfangslast durch Regenwasser ersichtlich.



Legende

- 1 — Höhe
- 2 — Höhe
- 3 — Membranhöhe

Bild D.26 — Typische Position des auf der Mittelmembran angesammelten Wassers

In Folge dieser anfänglichen Regenwasserlast verformt sich das Schwimmdach. Aufgrund dieser Formänderung muss die Last der neuen Form des Schwimmdachs angepasst werden. Für die Auslegung kann es notwendig sein, verschiedene Iterationen auszuführen, bei denen die Last und die durch die Last des angesammelten Regenwassers beanspruchte Fläche nach jedem Schritt so lange angepasst werden, bis ein Gleichgewicht erreicht ist und durch die Wasserlast keine weitere Durchbiegung in den Blechen der Mittelmembran mehr erfolgt.

Während der Iterationen muss das Gesamtvolumen des Wassers konstant bleiben und ist die Höhe des Wasserstandes anzupassen, um der sich verändernden Form Rechnung zu tragen.

Außerdem ändert sich mit der Änderung der Form der Membran im Verhältnis zur Füllhöhe des Lagerguts auch der durch das unter der Membran befindliche Lagergut verursachte Gegendruck. Die endgültige Füllhöhe des Lagerguts hängt auch von der endgültigen Form der Membran ab und ist Teil des iterativen Prozesses.

ANMERKUNG 1 Falls der Pegel des sich ansammelnden Wassers die Höhe des (der) inneren Randblechs (Randbleche) der Ringpontons überschreitet, muss die Wasserlast auf den Deckblechen dieser Pontons in den Berechnungen der Schwimmfähigkeit sowie in den statischen Berechnungen des Schwimmdachs berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Bei der Bewertung von Doppeldeckschwimmdächern wird die Menge des Regenwassers, die berücksichtigt werden sollte, anstelle des festen Wertes einer Wasseransammlung auf der Mittelmembran von Membranschwimmdächern von 250 mm, durch die Höhe der Notentwässerungseinrichtung bestimmt. Diese kann nur dann angewendet werden, wenn die Kapazität der Notentwässerungseinrichtungen ausreicht, um den (örtlichen) Niederschlagsmengen gerecht zu werden.

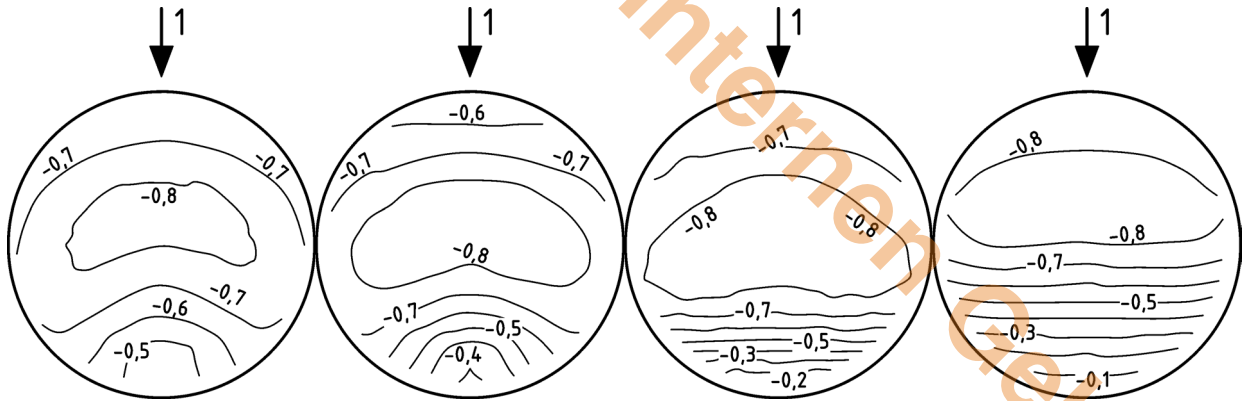
Bei Betrachtung der Höhe des Wasserspiegels für die Auslegung in Verbindung mit der Notentwässerungseinrichtung ist es ratsam, der Höhe des Wasserspiegels mindestens 10 mm über dem höchsten Punkt der Notentwässerungseinrichtung hinzu zu addieren, um möglichen Wasseransammlungen im Falle, dass die Kapazität der Notentwässerungseinrichtung nicht ausreicht, Rechnung zu tragen.

D.10.3.4 Windlasten (siehe auch EN 1991-1-4)

Windinduzierter Sog an einem offenen Tank führt zu einem auf das Schwimmdach wirkenden Auslegungsunterdruck, der wie folgt zu beurteilen ist:

- Sind Tanks in einer Region zu errichten, in der eine 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit von 31 m/s üblicherweise nicht überschritten wird, so kann der für die Bestimmung der Schwimmdachstabilität unter Windlast geltende angezeigte Unterdruck auf einem Wert von 5 mbar gehalten werden.
- Sind die Tanks in Regionen zu errichten, in denen die 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeiten den Wert 31 m/s überschreiten, so sind, unabhängig vom Durchmesser des Tanks, die folgenden Unterdrücke zu verwenden:

Bild D.2.12, das auf der von Yasushi Uematsu, Choongmo Koo und Koji Kondo in „Wind loads on open-top oil storage tanks“, veröffentlicht vom BAAVI International Colloquium on Bluff Bodies, Aerodynamics & Applications, Mailand, Italien 20-24-2008, dargelegten Theorie beruht, zeigt die Verteilung des mittleren Druckkoeffizienten $C_{p_{\text{mittel}}}$ für ein Schwimmdach bei verschiedenen Höhen h_r . Die Verteilung von $C_{p_{\text{mean}}}$ wird mit abnehmender Höhe h_r gleichmäßiger.



Legende

1 Wind

Bild D.27 — Werte für $C_{p_{\text{mittel}}}$ den für Schwimmdächer von offenen Lagertanks geltenden mittleren Unterdruckkoeffizienten bei verschiedenen Höhen (h_r) des Schwimmdachs in Bezug auf die Tankmantelhöhe (H)

Diese über das Dach gemittelten Werte von $C_{p_{\text{mittel}}}$ werden als Funktion von h_r/h aufgetragen (dabei ist h die Höhe des senkrechten Tankmantels). Diese Werte sinken mit dem Anstieg der Werte für h_r/h .

Die Auswirkungen von h_r sind jedoch nicht signifikant, dies gilt besonders für den auf die Mittelmembran von Schwimmdächern wirkenden Unterdruck.

Der für ein Schwimmdach geltende mittlere Unterdruck $V_{a,\text{mittel}}$ kann wie folgt bewertet werden:

Mittlerer Unterdruck

$$V_{a,\text{mittel}} = C_{p_{\text{mittel}}} * \frac{1}{2} * \rho * v^2$$

Dabei ist

- $C_{p_{\text{mittel}}}$ der mittlere Unterdruckkoeffizient;
- P die Luftdichte auf Meereshöhe = 1,25 kg/m³;
- v die 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit (siehe 7.2.10.1), die üblicherweise mit 45 m/s angesetzt wird.

Bei dem für die Mittelmembran eines Schwimmdachs festgelegten Wert von $C_{p_{\text{mittel}}} = 0,8$ wird der mittlere Unterdruck zu: $V_{a,\text{mittel}} = 1\ 012,5\ \text{N/mm}^2$ (10,13 mbar) bei 45 m/s.

Die Integrität der Mittelmembran eines Schwimmdachs ist bei diesem Wert von $V_{a,\text{mittel}}$ zu beurteilen.

Auch die Beurteilung der Ermüdung der Schweißnähte der Mittelmembran des Schwimmdachs ist unter Zugrundelegung dieser Bedingungen zu beurteilen.

Bei dem für den Bereich der Ringpontons eines Schwimmdachs festgelegten Wert von $C_{p_{\text{mittel}}} = 0,7$ wird der mittlere Unterdruck zu: $V_{a,\text{mittel}} = 885,9\ \text{N/mm}^2$ (8,86 mbar) bei 45 m/s.

ANMERKUNG 1 Es ist ratsam, die Mitteldeckbleche von Schwimmdächern mit Durchmessern größer als 50 m durch radiale und/oder kreisförmige Windverbände zu verstärken, um das Auftreten von windinduzierten Ermüdungslasten in den Membranschweißnähten zu verringern.

WARNUNG — Die Membran wirkt in diesem Falle nicht mehr als eine solche, was bei der Tragwerksauslegung berücksichtigt werden muss!

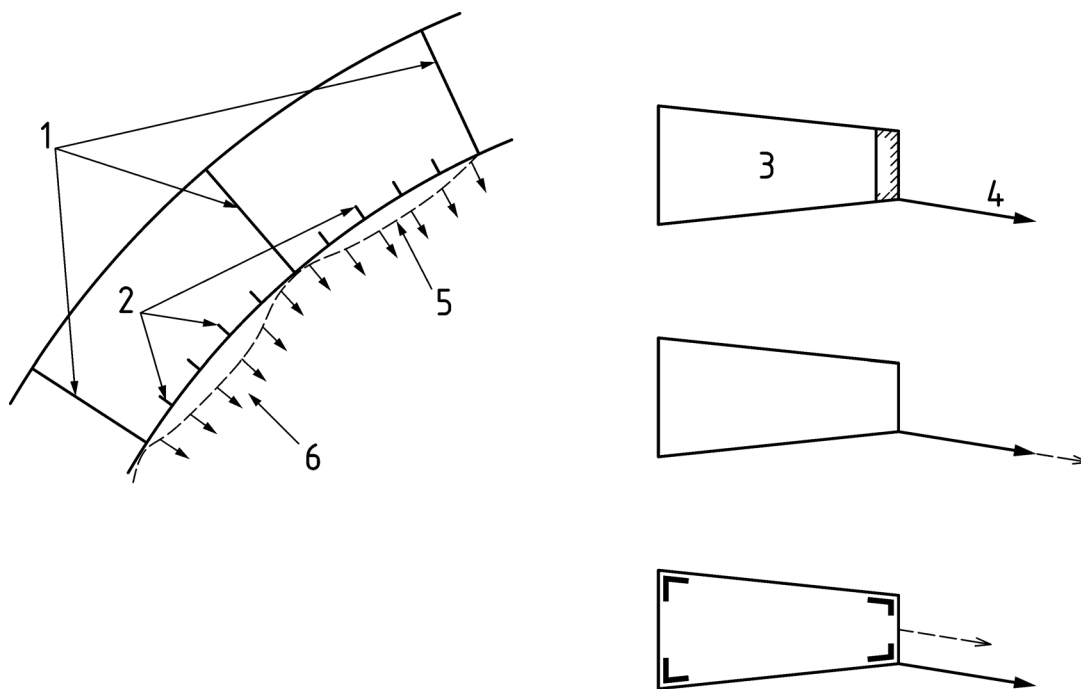
ANMERKUNG 2 Schwimmdächer mit Durchmessern größer als 50 mm sollten vorzugsweise als Doppeldeckschwimmdächer ausgelegt werden, um das Auftreten von windinduzierten Ermüdungslasten in Membranschweißnähten auszuschließen.

ANMERKUNG 3 Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass das Gewicht der Mannlochdeckel größer als $1\,012,5\text{N/mm}^2/9,81\text{ m/s}^2 = 103,2\text{ kg/m}^2$ (bei 45 m/s), um zu verhindern, dass sie durch windinduzierte Unterdrücke von den Pontonmannlöchern abgehoben werden (siehe auch D.10.3.5).

Anderenfalls sind die Mannlochdeckel in der geschlossenen Stellung zu fixieren.

D.10.3.5 Beanspruchung der Membran(en)

Wie in D.2.2.3 und D.2.2.5 erwähnt, wird die Mittelmembran eines Membranschwimmdachs in komplexer Weise beansprucht. Im Besonderen erfordert der Fall von 250 mm Regenwasser eine iterative Lösung, um den Schwankungen der Wassertiefe über das Dach sowie den durch das unter der Membran befindliche Lagergut verursachten Lasten Rechnung zu tragen. Außerdem bedarf die durch die Rotation und die Radialbewegung in den äußeren Pontons gegebene Randbedingung für die Auslegung der Membran einer iterativen Beurteilung.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------|---|---|
| 1 | Schottwände | 4 | Zugkraft |
| 2 | Randversteifungen | 5 | inneres Randblech, falls keine Randversteifungen vorhanden sind |
| 3 | Ponton | 6 | von der Mittelmembran ausgehende Zugkraft |

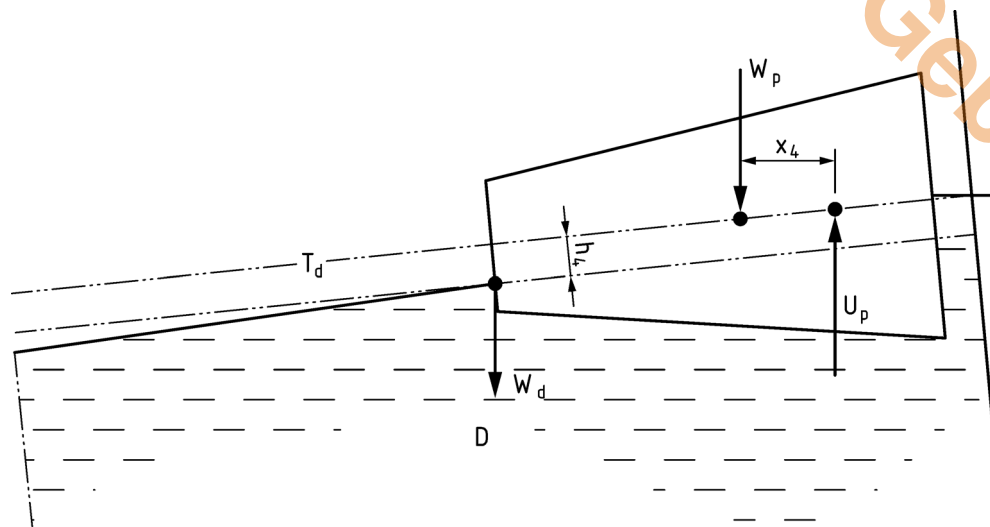
Bild D.28 — Am Innenrand wirkende Lasten

Die auf den äußeren Ponton wirkenden resultierenden Lasten sind von der Konfiguration des Dachs abhängig. Bei Membranen, die so angeordnet sind, dass sie teilweise den Innenrand hinauf reichen, bedürfen die am Innenrand wirkenden Spannungen der Beurteilung, und es ist erforderlich, entweder die Dicke des Innenrands zu erhöhen oder zusätzliche Randversteifungen einzubauen und zu beurteilen.

Die auf den Ponton im Ganzen wirkenden Zugkräfte bedürfen ebenfalls der Beurteilung.

D.10.3.6 Beullasten bei Pontons

Aufgrund der Form des äußeren Pontons und der Anordnung der Mittelmembran sowie der großen Durchbiegungen in der Mittelmembran wirken auf den äußeren Ponton verschiedene Lasten in Kombination miteinander. Diese Lastkombination führt zu einer Rotationsbewegung der äußeren Pontons, aber auch zu einem Zug dieser Pontons nach innen. Dies kann ein Beulen der äußeren Pontons zur Folge haben. Diese Bedingung bedarf der Beurteilung, um sicherzustellen, dass die äußeren Pontons stabil bleiben und kein Beulversagen zeigen.



Legende

- 1 Füllhöhe des Lagerguts

Bild D.29 — Schematische Darstellung der von der Membran auf den Ponton übertragenen Kraft

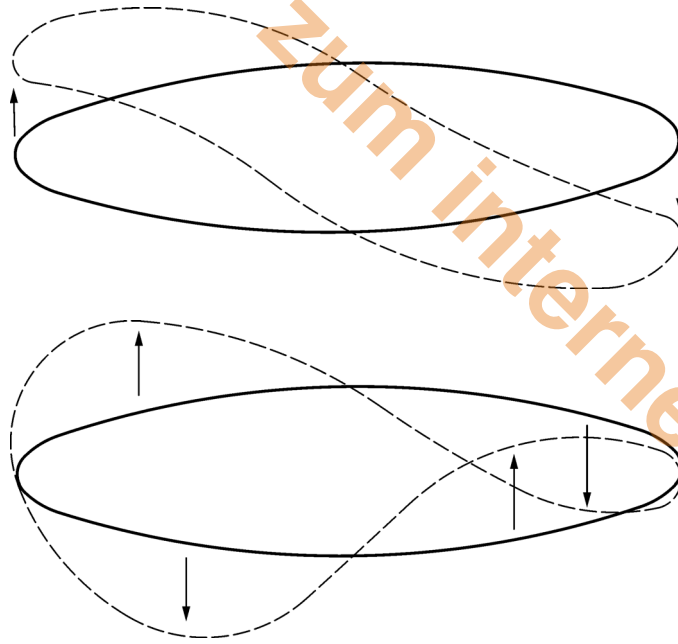


Bild D.30 — Modi des Beulens von Schwimmdächern

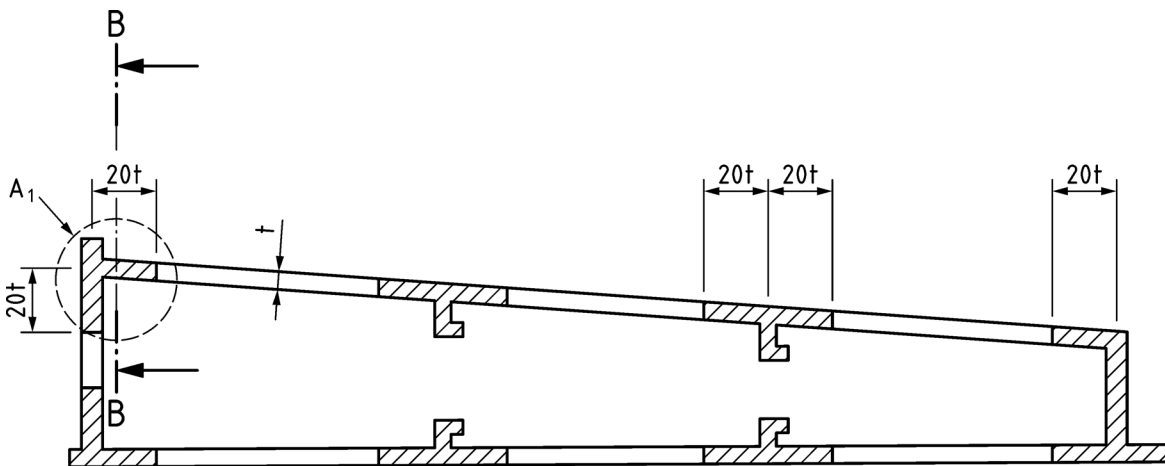


Bild D.31 — Für den Beulwiderstand zur Verfügung stehendes Material

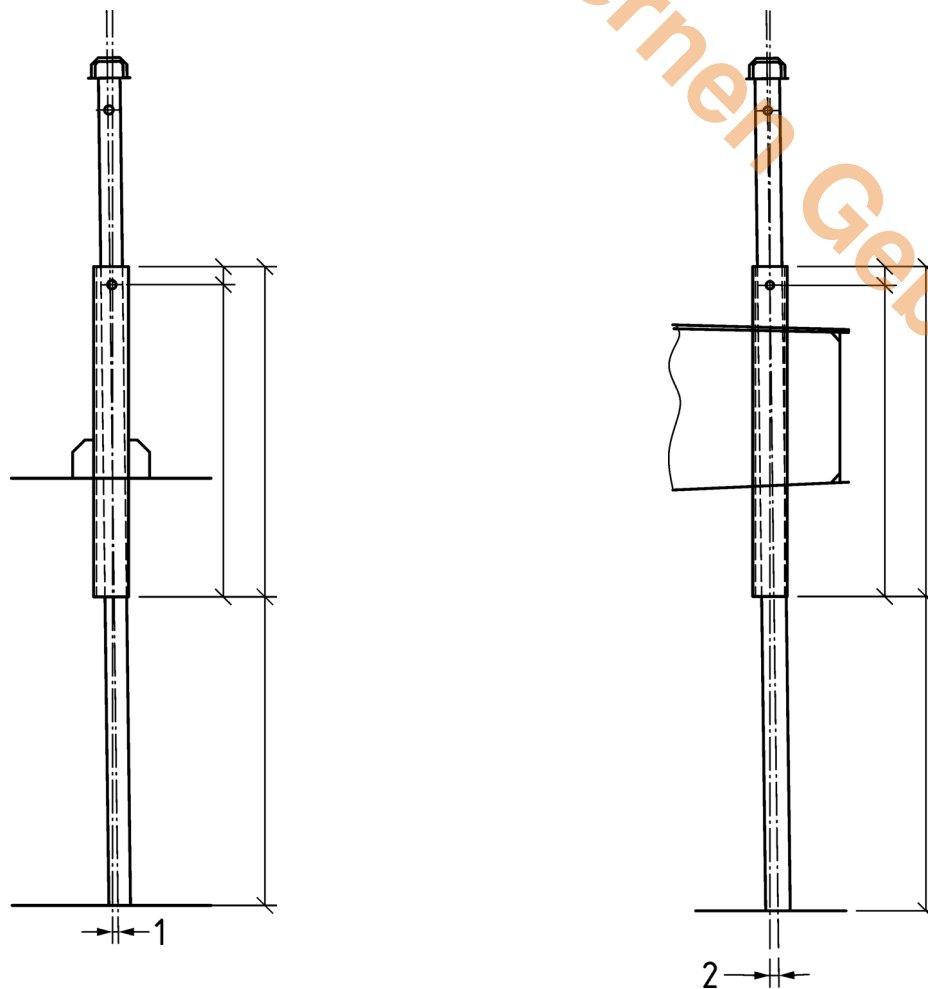
D.10.3.7 Belastung der Dachstützen

Dachstützen müssen mindestens in der Lage sein, die folgenden Lasten aufzunehmen:

- das Eigengewicht des Schwimmdachs und seiner Zubehörteile (siehe D.2.3.1);
- die normative überlagerte Dachlast von mindestens $1,2 \text{ kN/m}^2$ oder die in Abschnitt 7 festgelegten Lasten (bei denen es sich um eine Kombination der für die Region, in der der Tank zu errichten ist, vorgeschriebenen maximalen Schneelast handelt, die zu erhöhen ist (i) um die Last von möglichen (Regen-)Wasseransammlungen, falls damit zu rechnen ist, dass die Dachentwässerungseinrichtung nicht in der Lage ist, diese bei abgesenktem Dach in ausreichendem Maße abzuleiten, und (ii) um einen möglichen Unterdruck, der erzeugt werden könnte, bevor die Mannlöcher im Mantel oder beliebige Be- und Entlüftungsöffnungen zum Ablassen von Gasen und/oder für den Zutritt durch das Personal geöffnet werden (dies gilt nicht im Falle des Einbaus von automatischen Lüftern).

Die auf die Dachstützen wirkenden Lasten müssen geometrisch verteilt sein. Bei Membranschwimmdächern setzen sich die auf die Pontonstützen wirkenden Lasten aus der auf den gesamten Ponton wirkenden Last und 50 % des Mittelmembranteils von der Pontonkante zum nächstgelegenen Membranstützenring zusammen.

Die Tragfähigkeit der Dachstützen hängt in der Hauptsache von der Wirkung der Neigung ab, die (i) durch den Raum zwischen dem Außendurchmesser der Stütze und dem Innendurchmesser der Manschette und (ii) durch die Biegsamkeit der Mittelmembran eingeführt wird, die eine zusätzliche Rotation verursachen kann – siehe Bild D.32.



Legende

- 1 Abstand der Exzentrizität
- 2 Winkel der Exzentrizität

Bild D.32 — Exzentrizität einer Podeststütze (Dachstütze)

D.10.4 Spannungsüberprüfungen

Die nachstehende Tabelle zeigt, an welchen Stellen bei Durchführung einer detaillierten Spannungsanalyse eines Daches Spannungsüberprüfungen erforderlich sind.

Tabelle D.2 —

Stelle	Normalbetrieb D.2.1.1	Windlast D.2.1.2	250 mm Regenwasser D.2.1.3	2 undichte Pontons D.2.1.4	Auf seinen Stützen ruhendes Dach D.2.1.5	Sonderfälle D.2.1.6 Anmerkung 1
Äußerer Rand	*		*	*		*
Innerer Rand	*		*	*		*
Pontonoberseite	*		*	*		*
Pontonunterseite	*		*	*		*
Versteifungen auf der Pontonoberseite	*		*	*		*
Versteifungen an der Pontonunterseite	*		*	*		*
Schottwände				*		*
Beulen von Pontons			*			*
Mittelmembran	*	*	*	*	*	*
Mittelmembranversteifungen	*	*	*	*	*	*
Stützen					*	
Stützenmanschetten					*	
Stützenspitzen					*	

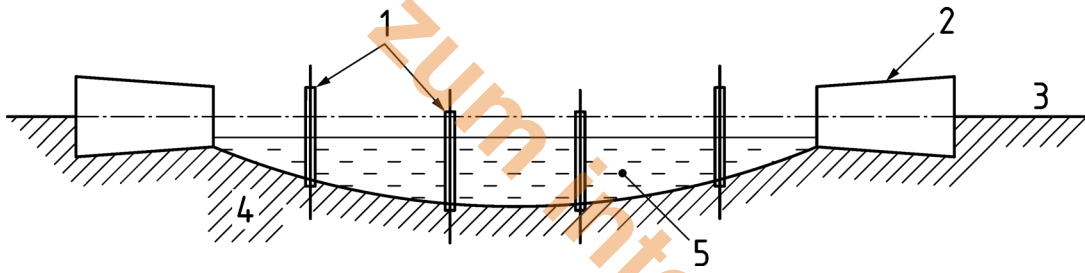
ANMERKUNG 1 Die für die Auslegungssonderfälle zu beurteilenden Stellen sind mit dem Auftraggeber zu vereinbaren.

Für jede der Blechpositionen müssen die Biege- und Membranspannungen in Verbindung mit den entsprechenden Spitzenspannungen beurteilt werden. Weitere Hinweise zur Anwendung von kategorisierten Spannungen siehe Anhang U.

Die auf die Stützen wirkenden Biege- und Druckspannungen sind nach EN 1993-1-1 zu überprüfen, und die Scherspizze und -löcher sind auf Scherspannungen und Lochleibung zu überprüfen.

D.10.5 Maximale Höhe der Flüssigkeit auf der Oberseite der Mittelmembran

Diese Überprüfung ist durchzuführen, um zu überprüfen, ob es möglich ist, dass Lagergut durch die Löcher in den Manschetten der Dachstützen unter das angesammelte Regenwasser gelangen kann. Wie im oben stehenden Unterabschnitt D.2.3.6 festgelegt, bedarf der endgültige Höhe der Flüssigkeit auf der Mittelmembran der Beurteilung durch einen iterativen Prozess. Sobald die endgültige Höhe ermittelt ist, bedürfen die Überstände der Löcher in den Stützenmanschetten, der Mannwege auf der Membran, der automatischen Lüfter usw. der Überprüfung, um sicherzustellen, dass sie sich in jeder Situation über dem Wasserspiegel befinden.



Legende

- 1 Dachstützen
- 2 Ponton
- 3 Ölstand
- 4 Öl
- 5 Regenwasser

Bild D.33 — Dachstützenmanschette im Verhältnis zu 250 mm Wasser

Anhang E (normativ)

Anforderungen an Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer

E.1 Allgemeines

Tanks mit Schwimmdach müssen zur Senkung der Dampfverluste auf ein Mindestmaß mit Ringspaltabdichtungen ausgerüstet werden. Falls festgelegt (siehe A.1), dürfen Ringspaltabdichtungen nach Anhang E auch für interne Schwimmdächer verwendet werden, und zwar sowohl bei Verwendung von Leichtbaustoffen als auch bei Verwendung von geschweißten Schweißkonstruktionen für das bzw. als interne(s) Schwimmdach (siehe C.3.2.3). Es sollte beachtet werden, dass bestimmte Dichtungen eine erneute Auslegung erfordern, wenn sie für interne Schwimmdächer aus Leichtwerkstoffen oder geschweißtem Stahl verwendet werden.

ANMERKUNG Es wird auf die folgenden Anleitungen und/oder Verordnungen verwiesen, die ebenfalls die Leistung von Tankabdichtungen und die dafür geltenden Auslegungsanforderungen bestimmen:

- Richtlinie 94/63/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 [6];
- IPPC BREF Storage tanks 2005 (Best Reference Guide);
- API Chapter 19, Storage tank emissions.

Die am tiefsten (und damit der Oberfläche des Lagergutes am nächsten) gelegene Dichtung oder diejenige Dichtung, die die erste Barriere gegen Emissionen darstellt, wird als Primärdichtung bezeichnet. Bei einer Sekundärdichtung handelt es sich um die zweite Barriere gegen Verdampfung, die über der Primärdichtung eingebaut wird.

Eine separate Sekundärdichtung ist von der Leistung der Primärdichtung vollständig unabhängig, d. h. selbst wenn die Primärdichtung nicht vorschriftsmäßig funktioniert, hängt die Leistung der Sekundärdichtung im Falle einer separaten Sekundärdichtung nicht von der Leistung der Primärdichtung ab. Dies wird üblicherweise durch die Bezeichnung randmontierte (separate) Sekundärdichtung kenntlich gemacht.

E.2 Auslegung von Dichtungen und Dichtungswerkstoffe

Der Abstand zwischen Schwimmdach und Tankmantel muss dem Schwimmdach die Aufwärts- und Abwärtsbewegung parallel zum Tankmantel ermöglichen. Gleichzeitig stellt der Abstand zwischen Schwimmdach und Tankmantel einen Ringspalt dar, in dem die Oberfläche des Lagerguts freiliegt, was Emissionen zur Folge hat. Durch die Auslegung der Dichtungen muss verhindert werden, dass die darin enthaltenen, vom Lagergut freigesetzten Dämpfe am Entweichen gehindert werden. Im Falle ihres Einsatzes für Tanks mit externem Schwimmdach muss die Ringspaltabdichtung auch das Eindringen von Regenwasser in den Tank verhindern.

Bei der Auslegung der Dichtungen müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- a) Lagergut (Lagergüter);
- b) Temperatur des Lagergutes;
- c) Auslegung des Schwimmdachs;
- d) betriebstechnische Anforderungen; und
- e) sonstige maßgebliche Anforderungen.

Dichtungen müssen so ausgelegt sein, dass sie:

- der Reibung am Tankmantel standhalten;

- gegen das Lagergut im Tank beständig sind;
- die Fertigungstoleranzen des Tankmantels und des Schwimmdachs ausgleichen;
- seitliche Bewegungen des Schwimmdachs innerhalb bestimmter Grenzen zulassen;
- Verformungen des Tankmantels aufgrund von Faktoren wie z. B. der Änderung der klimatischen Bedingungen ausgleichen.

ANMERKUNG Der Arbeitsbereich der Dichtung innerhalb des Tankmantels ist in den Auslegungszeichnungen der Dichtung zu dokumentieren.

Flüssigkeitsmontierte Dichtung:

Um die bestmögliche Abdichtung zu erreichen, muss ein unteres Teil der Dichtung nahe dem Tankmantel in das Lagergut eintauchen, was zu einer flüssigkeitsmontierten Primärdichtung führt. Bei Tanks mit externem Schwimmdach sollte der kleinste Überhang des unteren Teils der Dichtung (wie z. B. das Gleitblech) in die Flüssigkeit unter Eigenlastbedingungen und basierend auf einer Auslegungsdichte des Lagergutes von 0,7 100 mm (4") betragen.

Schaumwand:

Falls, um dem Szenario eines Brandes am Rand Rechnung zu tragen, zur Sicherstellung der Ansammlung jeglichen Schaums auf der Oberseite der Dichtungsanordnung eine Schaumwand installiert wird, sollte diese 50 mm höher als der höchste Punkt der Dichtung sein, um sicherzustellen, dass sich der Schaum vorschriftsmäßig auf der Oberseite der Dichtung aufbaut.

ANMERKUNG Der höchste Punkt der Dichtung muss außerdem mindestens 50 mm unterhalb der Oberkante des Tankmantels und/oder des Mantelerweiterungsblechs liegen.

Schaumeinlässe:

Alternativ können Dichtungselemente aus Metall, die den Ringraum zwischen Schwimmdach und Tankmantel vollständig verschließen, mit entsprechenden Öffnungen zum Einbringen von Feuerlöschschaum im Brandfall versehen werden. Schaumeinlässe sind Öffnungen in der Dichtung, die mit einem brennbaren Werkstoff bedeckt sind, der im Brandfall ausbrennt. Schaumwände sollten die Öffnungen dieser Schaumeinlässe um 50 mm überragen.

Erdanschlüsse:

Alle Metallteile der Dichtungen müssen geerdet werden, um für eine Ableitung von statischer Elektrizität oder von durch Blitzschläge verursachten Strömen zu sorgen. Aus demselben Grund müssen am externen Schwimmdach Nebenwiderstände für die elektrische Masseverbindung angebracht werden, diese müssen sich über der höchstgelegenen Dichtung befinden. Nebenwiderstände müssen mindestens eine Breite von 50 mm und eine Dicke von 0,4 mm haben und aus austenitischem nichtrostendem Stahl bestehen, anderenfalls müssen sie eine gleichwertige Korrosionsbeständigkeit und Strombelastbarkeit aufweisen. Die Nebenwiderstände müssen in Abständen von höchstens 3 m angeordnet werden. Alle nichtmetallischen Teile müssen antistatisch sein. Es sind vorzugsweise Metalle mit geringer Tendenz zu Funkenbildung und Korrosion zu verwenden.

ANMERKUNG Es können auch andere Positionen für die Nebenwiderstände erwogen werden.

Werkstoffauswahl:

Alle Arten von Ringspaltabdichtungen und die dafür zu verwendenden Werkstoffe sind in angemessener Weise auszuwählen unter Berücksichtigung sowohl der vorgeschlagenen als auch der für die Zukunft vorgesehenen Leistung des Lagergutes, der Bauweise und des Zustandes des Tankmantels, der Wartungsanforderungen, der Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften, der erwarteten Lebensdauer, der Umgebungstemperatur, der Witterungsbedingungen, der Auslegungswandtemperatur, der höchsten Auslegungstemperatur, der Permeabilität, der Abriebbeständigkeit, der Entfärbung, der Alterung, der Versprödung, der

Entflammbarkeit und sonstiger maßgeblicher Faktoren. Die verschiedenen Arten von Dichtungen haben unterschiedliche Lebensdauern und unterliegen unterschiedlichen Begrenzungen in ihrer Leistung.

Die nachstehende nicht verbindliche Tabelle enthält Hinweise zu häufig verwendeten Polymerwerkstoffen für bestimmte Kohlenwasserstoffe. Jeder dieser Werkstoffe muss in Bezug auf seine Eignung für das (die) betreffende(n) Lagergut (Lagergüter) und die für seine vorgesehene Nutzung geltenden Betriebsbedingungen bewertet werden.

Tabelle E.1 — Hinweise zu häufig verwendeten Polymerwerkstoffen für bestimmte Kohlenwasserstoffe

Lagergut	Dichtungswerkstoffe für den Einsatz als Primärdichtung
Rohöl	Fluorpolymere (und Fluorelastomere) und Lamine aus diesen, Urethan und Urethanlamine, NBR-Verbundstoffe und Lamine aus diesen (NBR = Nitrilkautschuk bzw. Acrylnitril-Butadien-Kautschuk)
Raffinerieerzeugnisse	Fluorpolymere (und Fluorelastomere) und Lamine aus diesen, Urethan und Urethanlamine, NBR-Verbundstoffe und Lamine aus diesen (NBR = Nitrilkautschuk bzw. Acrylnitril-Butadien-Kautschuk)
Kohlenwasserstoffe mit einem Anteil an Aromaten von mehr als 15 %	Fluor- oder gleichwertige Standardpolymere (und Fluorelastomere) und Lamine aus diesen

Falls die Verwendung von flammhemmenden Werkstoffen festgelegt ist, müssen die nichtmetallischen Dichtungswerkstoffe aus flammhemmenden Werkstoffen in Übereinstimmung mit DIN 22100 oder UL-94 (VTM-0) bestehen, die einer Brandprüfung nach DIN 22118 oder DIN 22100 oder UL 94 oder einer oder mehreren anderen anerkannten Norm(en) unterzogen worden sein können. Magnesiumlegierungen, Kupfer und Kupferlegierungen dürfen nicht verwendet werden.

Maximale Betriebshöhe der Dichtung

Die maximale Betriebshöhe des Schwimmdachs muss den sicheren Betrieb der vorhandenen Dichtung(en) ermöglichen.

E.3 Dichtungsausführungsarten

Die am häufigsten verwendeten Dichtungsausführungsarten sind in folgende Gruppen einzuteilen:

- a) separate Primärdichtungen:
 - mechanische Gleitblechdichtungen (Fußplattendichtungen),
 - druckblech- oder druckfederwirksame Profildichtungen,
 - flüssigkeitsgefüllte elastische Dichtungen (Schlauchdichtungen),
 - schaumstoffgefüllte elastische Dichtungen (Schaumstoffdichtungen);
- b) separate Sekundärdichtungen:
 - federwirksame Sekundärdichtungen mit Elastomerprofilen, Weichschaum-Polsteren oder wassersaugender Filzpackung als Kontaktelement,
 - Druckblech-Sekundärdichtungen mit Elastomerprofilen oder Weichschaum-Polsteren als Kontaktelement;
- c) Lippendichtungen (Wiper), wie z. B. keilförmige (spitz zulaufende) Dichtungen aus Gummi oder Schaumstoff (die üblicherweise nur bei internen Schwimmdächern verwendet werden);
- d) kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen.

Die Konstruktionselemente separater Primär- und Sekundärdichtungen sind hierbei in einer gemeinsamen Konstruktion mit einer oder zwei am Schwimmdachrand angebrachten Dichtungsschürze(n) integriert.

E.4 Witterungsschutz

Zusätzlich zu oder anstelle einer Sekundärdichtung können zur Abdeckung und zum Schutz der nichtmetallischen Teile der Schwimmdachdichtungen gegen Sonneneinstrahlung, Witterung und herunterfallende Gegenstände sowie zur Ableitung von Regenwasser auf das Schwimmdach überlappende Witterungsschutzbleche angebracht werden.

E.5 Anwendung und technische Einzelheiten von Ringspaltabdichtungen

E.5.1 Gleitblechdichtungen

Gleitblechdichtungen sind entweder allein oder in Kombination mit einer Sekundärdichtung zu verwenden und stellen eine häufig verwendete Abdichtung für alle Ausführungsarten von Schwimmdächern dar.

ANMERKUNG 1 Gleitblechdichtungen eignen sich für Tanks, in denen Rohöl, Erzeugnisse oder chemisch aggressive Flüssigkeiten gelagert werden.

ANMERKUNG 2 Bei Rohöltanks ist die Verwendung eines Wachskratzers an der Unterkante des Gleitblechs zweckmäßig.

ANMERKUNG 3 Die Gleitbleche haben üblicherweise eine ähnliche Höhe wie das Schwimmdach. Gleitbleche von geringerer Höhe können in Kombination mit separaten Sekundärdichtungen eingesetzt werden, sofern gefordert, z. B. dann, wenn die Gleitblechdichtungen an internen Schwimmdächern angebracht werden.

ANMERKUNG 4 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 a) angegeben.

Die Gleitbleche müssen über das Schwimmdach geerdet werden.

E.5.2 Druckblech- oder druckfederwirksame Profil-Primärdichtungen

Druckblech- oder druckfederwirksame Profil-Primärdichtungen sind in Kombination mit separaten Sekundärdichtungen zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Diese Dichtung kann als flüssigkeitsgetauchte Dichtung ausgeführt werden, wenn sie mit einem geeigneten Tauchverschluss versehen ist.

ANMERKUNG 2 Druckblechdichtungen werden bei internen Schwimmdächern aus Leichtbaustoffen aufgrund ihrer Abdichtungskonfiguration und ihres im Verhältnis zu anderen Dichtungen hohen Gewichts üblicherweise nicht verwendet.

ANMERKUNG 3 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 b) angegeben.

E.5.3 Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen (Schlauchdichtungen)

Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen müssen aus einem abriebfesten Fressband bestehen, das mit einem eine Flüssigkeit enthaltenden internen Schlauch versehen ist. Der Schlauch ist mit einer geeigneten Flüssigkeit zu füllen, bei der es sich um eine (sofern gefordert) kältebeständige Flüssigkeit, Wasser, Kerosin oder das Lagergut handeln kann.

Der untere Teil der Dichtung muss in das Lagergut eintauchen, damit eine gute Dichtwirkung erzielt wird.

ANMERKUNG 1 Bei im Rahmen der Wartung erfolgenden Heißenarbeiten im entleerten Tank kann es erforderlich sein, die Flüssigkeit aus der Dichtung abzulassen.

ANMERKUNG 2 Flüssigkeitsgefüllte Dichtungen werden bei internen Schwimmdächern aus Leichtbaustoffen aufgrund ihrer Abdichtungskonfiguration und ihres im Verhältnis zu anderen Dichtungen hohen Gewichts üblicherweise nicht verwendet.

ANMERKUNG 3 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 c) angegeben.

E.5.4 Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen (Schaumstoffdichtungen)

Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen müssen aus einem abriebfesten Fressband, das elastische Schaumstoffelemente enthält, und starren Niederhalteelementen bestehen.

Eine gute Dichtwirkung wird nur erzielt, wenn durch die Niederhalteelemente permanenter Kontakt der Dichtung mit dem Lagergut bewirkt wird.

ANMERKUNG 1 Bei Bewegung des Schwimmdachs und starker Reibung zwischen Dichtung und Tankmantel lässt sich der Kontakt zwischen Dichtkörper und Lagergut aufgrund der senkrechten Verschiebung des Dichtkörpers nicht immer aufrechterhalten.

ANMERKUNG 2 Schaumstoffgefüllte Dichtungen weisen hohe Zentrierungskräfte und starke Reibung auf.

ANMERKUNG 3 Bei im Rahmen der Wartung erfolgenden Heißenarbeiten im entleerten Tank kann es erforderlich sein, die Schaumstoffelemente aus der Dichtungshülle zu entfernen oder die Dichtung zu punktieren, um sicherzustellen, dass kein absorbiertes Lagergut mehr vorhanden ist.

ANMERKUNG 4 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 d) angegeben.

E.5.5 Federwirksame Sekundärdichtungen

Die Mindesttringhöhe muss für eine einwandfreie Funktion der Dichtung auf die maximal zu erwartende Breite des Ringraums abgestimmt sein.

ANMERKUNG 1 Druckblech- und/oder federwirksame Sekundärdichtungen weisen üblicherweise hohe Flexibilität und Zentrierkräfte auf.

ANMERKUNG 2 Unter Umständen kann es notwendig sein, die Betriebshöhe über dem Schwimmdachrand so gering wie möglich zu halten, so z. B. im Falle einer Abdichtungskonfiguration mit geringer Profilhöhe, die durch die Ermöglichung größerer Schwimmhöhen des Schwimmdachs zu einer Erhöhung des Tankfassungsvermögens führen kann.

E.5.6 Druckblech-Sekundärdichtungen

Die Mindesthöhe der Druckbleche muss für eine einwandfreie Funktion der Dichtung auf die maximal zu erwartende Breite des Ringraums abgestimmt sein.

ANMERKUNG 1 Die Druckbleche können gegebenenfalls mit Schaumeinlassöffnungen zum Einbringen von Feuerlöschschaum in den Ringraum versehen sein (siehe E.2).

ANMERKUNG 2 Druckblech-Sekundärdichtungen haben eine gute Zentrierungswirkung und schützen die Dichtungsschürze gegen Sonneneinstrahlung und Witterungseinflüsse.

ANMERKUNG 3 Unter Umständen kann es notwendig sein, die Betriebshöhe über dem Schwimmdachrand so gering wie möglich zu halten, so z. B. im Falle einer Abdichtungskonfiguration mit geringer Profilhöhe, die durch die Ermöglichung größerer Schwimmhöhen des Schwimmdachs zu einer Erhöhung des Tankfassungsvermögens führen kann.

E.5.7 Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen

Bei kombinierten Primär- und Sekundärdichtungen sind mehrere Wirkungselemente zu einer Einheit zusammengefasst. Der primäre Teil dieses Abdichtungssystems muss üblicherweise eine Gleitblechdichtung sein (siehe E.5.1).

ANMERKUNG 1 Die Betriebshöhe über dem Schwimmdachrand kann unter Umständen gering sein, so z. B. im Falle einer Abdichtungskonfiguration mit geringer Profilhöhe, die durch die Ermöglichung größerer Schwimmhöhen des Schwimmdachs zu einer Erhöhung des Tankfassungsvermögens führen kann.

ANMERKUNG 2 Der Dampfraum im Ringraum kann unter Umständen wirkungsvoll durch ein eintauchendes Dichtungselement abgedichtet werden.

ANMERKUNG 3 Da die Abdichtungsleistung im Falle einer Sekundärdichtung von der Abdichtungsleistung der Primärdichtung abhängt, wird davon ausgegangen, dass diese Dichtungsausführungsart zu höheren Emissionen als eine Kombination separater Dichtungen führt.

ANMERKUNG 4 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 e) angegeben.

E.5.8 Lippendichtungen

Lippendichtungen müssen aus einem geschlossenen Ring von Lippen aus Gummi oder einem Polymerwerkstoff bestehen, der kontinuierlich mit dem Tankmantel in Kontakt ist. Üblicherweise werden Lippendichtungen aus Werkstoffen wie z. B. bestimmten PE(Polyethylen)-, PU(Polyurethan)- oder NBR(Nitrilkautschuk)-Sorten hergestellt, und diese werden üblicherweise bei internen Schwimmdächern eingesetzt, weil die Abdichtung von internen Schwimmdächern nicht wasserabweisend zu sein braucht. Abgesehen davon werden sie keinen extremen Witterungsbedingungen, wie z. B. Sonneneinstrahlung, UL-Licht, Ozon oder Witterungseinflüssen, ausgesetzt.

ANMERKUNG 1 Es ist auch möglich, Lippendichtungen aus Gummi einzubauen, die üblicherweise durch innen- oder außenliegende Federn verstärkt werden.

E.6 Einbau

Der ordnungsgemäße Einbau der Dichtungen ist von wesentlicher Bedeutung für eine angemessene Leistung und eine zufriedenstellende Lebensdauer und ist deshalb nur von angemessen geschultem oder während des Einbaus der Dichtung(en) beaufsichtigtem Personal durchzuführen.

E.7 Prüfung

Die vorschriftsmäßige Leistung der Dichtung kann durch eine Schwimmfähigkeitsprüfung geprüft werden. Diese Prüfung kann Teil der für den betreffenden Tank und das Schwimmdach geltenden Inbetriebnahmeroutinen sein, z. B. indem diese Schwimmfähigkeitsprüfung mit der Wasserprüfung kombiniert wird. Nach dem Abdichten (auch bei außer Betrieb befindlichem Tank) können Dichtungsspalte für die Dichtung und/oder für das Dach während und/oder nach der Schwimmfähigkeitsprüfung gemessen und in einem entsprechenden Prüfbericht angegeben werden und sollten die örtlichen Anforderungen erfüllen.

Alternativ können Leistung und Dichtheit der Dichtung im Betrieb in Anwesenheit des Lagerguts durch Messung und Angabe der Verdampfungsfraktion des Lagergutes geprüft werden, was eine Überprüfung der Dichtungsleistung für die Dichtungen im eigentlichen Betrieb ermöglicht. Zu den verfügbaren Messverfahren gehören z. B. der Einsatz eines Flammenionisationsdetektors (FID) oder eines Photoionisationsdetektors (PID) zur Messung der Dampfkonzentrationen an verschiedenen Stellen. Alternativ kann eine geeignete Infrarot(IR)-Kamera verwendet werden, um die Gesamtdichtheit und -leistung der Dichtung zu überprüfen.

In Fällen, in denen während der Flüssigkeitsdruckprüfung des Tanks keine Dichtung eingebaut ist oder in denen die Dichtung nicht während der Schwimmfähigkeitsprüfung eines Schwimmdachs geprüft wird, ist es wichtig, die Leistung der Dichtung während des ersten Tankbefüllungszyklusses oder unmittelbar danach zu überwachen. Es ist erforderlich, die Dichtungsleistung für jedes Segment des Tankmantels zu überwachen und zu dokumentieren, um sicherzustellen, dass sich die Dichtung nicht bereits zuvor, während früherer Tankbefüllungsvorgänge bewegt hat.

E.8 Dokumentation

Alle Beteiligten, mindestens aber der Eigentümer des Tanks und der Vertreter der Dichtungen müssen Folgendes dokumentieren:

Auslegung der Abdichtung (Zeichnungen der Dichtungen)

Es wird empfohlen, auf Vereinbarung zwischen Besteller und Vertreter (siehe Anhang A) und sofern durchgeführt, auch Folgendes zu dokumentieren:

- Inspektion der Abdichtung nach Fertigstellung;
- wiederkehrende Inspektionen.

Anhang F
(normativ)

**Auswahl unlegierter Stähle nach anderen Lieferbedingungen als in ((...))
festgelegt**

F.1 Alternative Nationale Normen

Alle unlegierten Stähle für Bleche zur Herstellung von Tanks nach diesem Dokument müssen den Anforderungen in 6.1 entsprechen, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht (siehe A.2). Auf Vereinbarung dürfen für Bleche unlegierte Stähle nach einer anerkannten Nationalen Norm gewählt werden, sofern die Stähle auch die Anforderungen dieses Anhangs erfüllen. Die Verantwortung für die Wahl einer geeigneten Stahlorte, die diesen Anforderungen entspricht, liegt beim Tankhersteller.

F.2 Unlegierter Stahl

F.2.1 Allgemeine Anforderungen

F.2.1.1 Die Definitionen müssen EN 10025 entsprechen.

F.2.1.2 Zulässig ist die Erschmelzung der Stähle nach dem basischen Sauerstoffblasverfahren, im Elektroofen und nach dem Siemens-Martin-Verfahren. Unberuhigte Stähle sind nicht zulässig.

F.2.1.3 Zulässige Abweichungen, Oberflächenbeschaffenheit und innere Beschaffenheit müssen den Festlegungen der jeweils jüngsten Überarbeitung von EN 10025 entsprechen.

F.2.1.4 Das Prüfverfahren, die Anzahl der Proben, die Probenentnahmeorte sowie die Wahl und Vorbereitung der Prüfstücke für die mechanischen Prüfungen müssen der jeweils jüngsten Überarbeitung von EN 10025 entsprechen. Die Zugversuche müssen quer zur Walzrichtung und die Kerbschlagbiegeversuche parallel zur Walzrichtung erfolgen.

F.2.1.5 Prüfbescheinigungen müssen 6.1.1 des vorliegenden Dokuments entsprechen. Die Kennzeichnung muss EN 10025 entsprechen.

F.2.2 Chemische Zusammensetzung

F.2.2.1 Die chemische Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse muss mit den Festlegungen in Tabelle F.1 übereinstimmen. Die Schmelzenanalyse muss zusammen mit den Werten aller Elemente, die in F.2.2.2 festgelegt sind, und etwaiger beabsichtigter Zusätze, wie z. B. Aluminium, Bor, Niob oder Vanadium, im Prüfbericht angegeben werden.

F.2.2.2 Bei Blechen mit einer Dicke größer als 20 mm darf der aus den Werten der Schmelzenanalyse nach der folgenden Gleichung berechnete Wert des Kohlenstoffäquivalents nicht größer als 0,42 % sein.

C_{ev} ist für unlegierte Stähle zu verwenden.

$$C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (F.1)$$

In Absprache mit dem Besteller darf das folgende alternative Verfahren angewendet werden.

Bei modernen niedriglegierten und kohlenstoffarmen Stählen ist P_{cm} zu verwenden, wobei der Höchstwert 0,21 % nicht überschreiten darf.

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn+Cu+Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (F.2)$$

Sowohl bei traditionellen Stählen als auch bei niedriglegierten und kohlenstoffarmen Stählen ist CEN zu verwenden, wobei der Höchstwert 0,39 % nicht überschreiten darf.

$$CEN = C + A(C) \cdot \left\{ \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{(Cr + Mo + Nb + V)}{5} + 5B \right\} \quad (F.3)$$

Dabei ist

$$A(C) = 0,75 + 0,25 \tan h\{20(C - 0,12)\} \quad (F.4)$$

Anhand des Ergebnisses der verschiedenen Berechnungen ist die vor Beginn des Schweißens anzuwendende Vorwärmtemperatur zu ermitteln.

Tabelle F.1 — Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse)

Streckgrenze N/mm ²	Chemische Zusammensetzung															Anmerkungen	
	Gewicht, in % max.																
	C	Mn	Si	P	S	Nb	V	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Cr + Ni Cu + Mo	Nb+V	CEV	
≤ 275	0,21	1,5		0,040	0,040	0,06	0,1	0,07	0,25	0,30	0,20	0,35	0,01	0,80	0,10	0,42	1
> 275 bis 355	0,20	1,6	0,55	0,035	0,035	0,06	0,1	0,07	0,25	0,30	0,20	0,35	0,01	0,80	0,10	0,42	1
> 355	0,20	1,6	0,55	0,030	0,030	0,10	0,2						0,01			0,42	2
ANMERKUNG 1 Der Stickstoffgehalt darf bis maximal 0,02 % ansteigen, falls Al/N > 2.																	
ANMERKUNG 2 Andere Elemente, wie z. B. Cr, Ni, Mo, Cu, müssen, falls sie nicht absichtlich zulegiert werden, den Festlegungen für > 275 bis 355 entsprechen, und falls sie absichtlich zulegiert werden, sind die Grenzwerte zwischen dem Stahlhersteller und dem Tankhersteller zu vereinbaren.																	

F.2.3 Mechanische Eigenschaften

F.2.3.1 Die mechanischen Eigenschaften müssen nach F.2.1.4 ermittelt werden und die Anforderungen in F.2.3.2 bis F.2.3.6 erfüllen.

F.2.3.2 Falls die Auslegungswandtemperatur höher ist als 100 °C, müssen die Werte der Streckgrenze des Stahls bei erhöhter Temperatur mit den entsprechenden Werten der Tabelle 8 übereinstimmen. Andere Stahlsorten, für die in der Werkstoffnorm keine Werte der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur festgelegt sind, dürfen auch verwendet werden, vorausgesetzt, dass der tatsächliche Wert jeder Schmelze des gelieferten Werkstoffes vom Stahlhersteller in Übereinstimmung mit der jüngsten Überarbeitung von EN 10002-5 verifiziert wird. Die Prüfergebnisse müssen in einem der jüngsten Überarbeitung von EN 10204 entsprechenden Abnahmeprüfzeugnis 3.1 aufgezeichnet werden.

F.2.3.3 Falls die höchste Auslegungswandtemperatur 250 °C übersteigt, müssen Stähle verwendet werden, für die nachgewiesen ist, dass sie gegen Alterung unempfindlich sind. Das Nachweisverfahren muss vereinbart werden (siehe A.5).

F.2.3.4 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze kleiner oder gleich 275 N/mm² gilt:

- a) der festgelegte Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 430 N/mm²;
- b) bei einer nach EN ISO 6892-1 bestimmten Messlänge von 80 mm darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 20 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche erforderlich sind, müssen sie die Anforderungen in F.2.4.2.2 erfüllen.

F.2.3.5 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 275 N/mm² und kleiner oder gleich 355 N/mm² gilt:

- a) der festgelegte Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 510 N/mm²;
- b) bei einer nach EN ISO 6892-1 bestimmten Messlänge von 80 mm darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 20 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche erforderlich sind, müssen sie die Anforderungen in F.2.4.2.3 erfüllen.

F.2.3.6 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 355 N/mm² gilt:

- a) der festgelegte Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 600 N/mm²;
- b) bei einer nach EN ISO 6892-1 bestimmten Messlänge von 80 % darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 19 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche erforderlich sind, müssen sie die Anforderungen in F.2.4.2.4 erfüllen.

F.2.4 Kerbschlagbiegeversuche

F.2.4.1 Allgemeines

Soweit zur Erfüllung der Anforderungen dieses Dokuments notwendig, sind Kerbschlagbiegeversuche nach der jüngsten Überarbeitung von EN ISO 148-1 in Übereinstimmung mit der für das Blech geltenden Werkstoffnorm durchzuführen.

Die festgelegten Werte der Charpy-V-Kerbschlagarbeit der Bleche beruhen auf Versuchen an drei Prüfstücken, wobei der Mittelwert der drei Versuchsergebnisse genommen werden muss. Der niedrigste Einzelwert von nur einem Prüfstück darf nicht kleiner sein als 70 % des festgelegten Mittelwertes. Wenn Prüfstücke mit verringertem Querschnitt gefordert werden, müssen Prüfstücke mit einem Querschnitt von 10 mm × 5 mm geprüft werden und einen Wert der Kerbschlagarbeit zeigen, der 50 % des für die 10 mm breiten Prüfstücke festgelegten Wertes beträgt. Soweit die Blechdicke es zulässt, müssen Prüfstücke mit dem Querschnitt von 10 mm × 10 mm verwendet werden.

F.2.4.2 Kerbschlagarbeit

F.2.4.2.1 Der Nachweis der Kerbschlagarbeit der Werkstoffe ist nach den Anforderungen der festgelegten Stahlnorm zu führen. Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen die Prüftemperaturen und die Werte der Kerbschlagarbeit die jeweils zutreffenden Anforderungen von F.2.4.2.2 bis F.2.4.2.4 erfüllen.

Bei Bodenblechen, ausgenommen Bodenrandbleche, und Dachblechen braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden.

Bei Bodenrandblechen braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden, wenn für die damit verbundenen Mantelbleche kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird.

Bei Mantelblechen und mit den Mantelblechen verbundenen Bauteilen oder wenn die niedrigste Auslegungswandtemperatur und die Erzeugnisdicke innerhalb der in Tabelle F.2 angegebenen Grenzen liegen, braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden.

ANMERKUNG Bei Dachblechen ist üblicherweise kein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich; bei Dachblechen von Tanks mit sehr hohem Druck kann jedoch ein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich sein, wenn die Blechdicke 6 mm überschreitet (siehe Bild 1).

Tabelle F.2 — Bedingungen für den Verzicht auf den Nachweis der Kerbschlagarbeit

Niedrigste Auslegungs-Wandtemperatur °C	Dicke mm
$\geq +10$	≤ 20
≥ 0	≤ 13
≥ -10	≤ 10
< -10	≤ 6

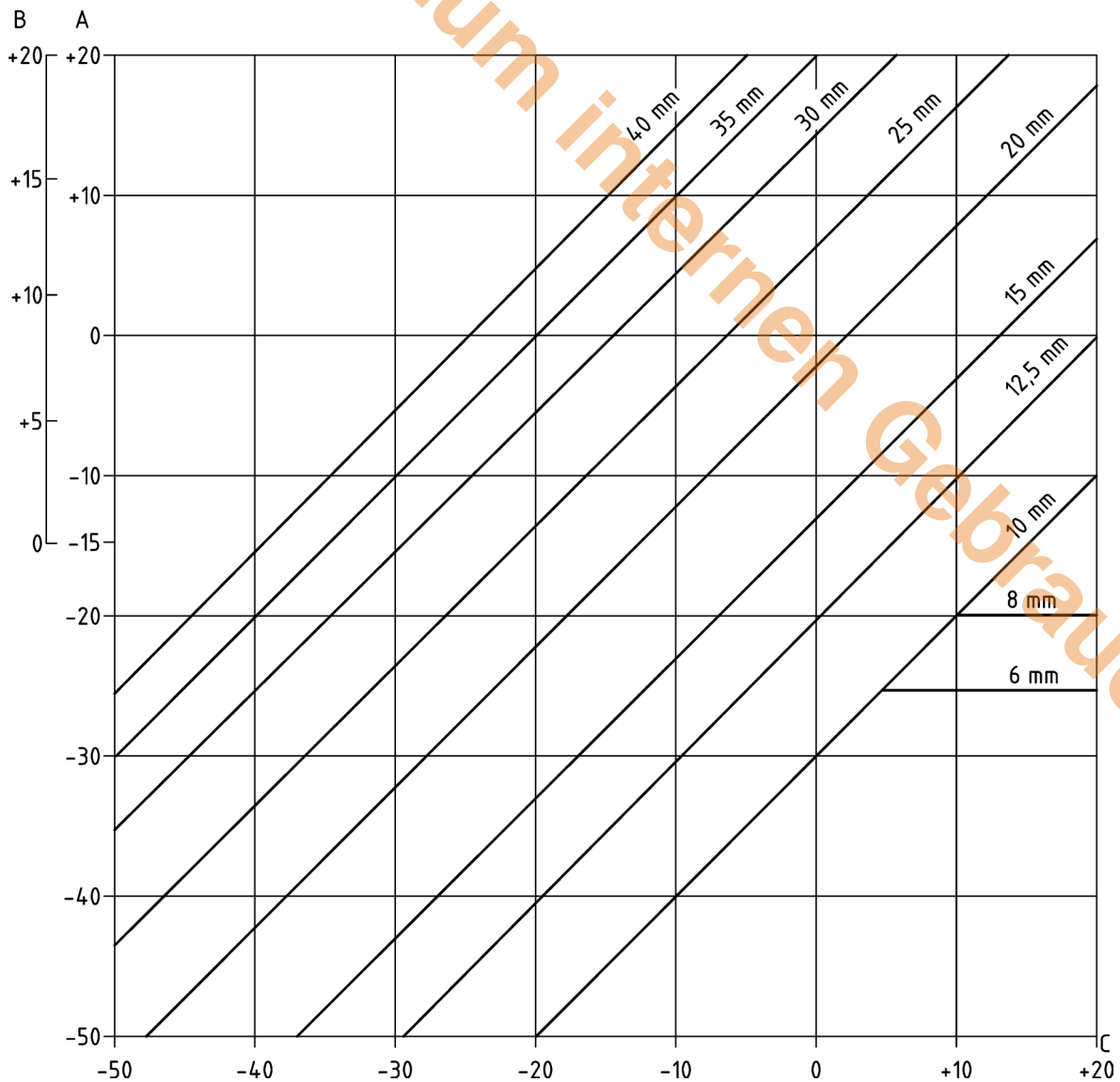
F.2.4.2.2 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze kleiner oder gleich 275 N/mm^2 bei $+20 \text{ °C}$ oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur – je nachdem, welcher Wert der niedrigere ist – eine Kerbschlagarbeit von mindestens 27 J aufweisen.

F.2.4.2.3 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 275 N/mm^2 und bis einschließlich 355 N/mm^2 bei -5 °C oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur – je nachdem, welcher Wert der niedrigere ist – eine Kerbschlagarbeit von mindestens 40 J aufweisen.

ANMERKUNG Eine Umrechnung des festgelegten Wertes der Kerbschlagarbeit von 27 J auf 40 J darf auf der Grundlage von $1,3 \text{ J/°C}$ vorgenommen werden. Eine solche Extrapolation ist beschränkt auf eine Spannweite von $\pm 10 \text{ °C}$.

F.2.4.2.4 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 355 N/mm^2 bei -15 °C oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur – je nachdem, welcher Wert der niedrigere ist – eine Kerbschlagarbeit von mindestens 55 J aufweisen.

Maße in Millimeter



Legende

- A Niedrigste Auslegungswandtemperatur, in °C
- B Niedrigste Prüfwassertemperatur, in °C
- C Prüftemperatur beim Kerbschlagbiegeversuch, in °C

ANMERKUNG 1 Zwischenwerte können durch Interpolation ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 Die Temperaturskala A auf der Ordinate ist zur Ermittlung der Anforderungen an die Prüftemperatur zum Nachweis der Mindestwerte der Kerbschlagarbeit für die jeweils vorliegende Dicke und die niedrigste Auslegungswandtemperatur anzuwenden. Die von der Skala A abgeleiteten Anforderungen berücksichtigen den Zuwachs an Sicherheit, der als Ergebnis der Flüssigkeitsdruckprüfung vorausgesetzt werden kann. Während der ersten Flüssigkeitsdruckprüfung kann der Grad der Sicherheit gegen Sprödbruch sogar kleiner sein als bei nachfolgender Beanspruchung, und es sollte erwogen werden, die konservativeren Anforderungen der Skala B anzuwenden, falls dies dazu führt, dass strengere Anforderungen an die Prüftemperatur im Kerbschlagbiegeversuch festgelegt werden müssen.

Bild F.1 — Anforderungen an die Prüftemperatur zum Nachweis der Mindestwerte der Kerbschlagarbeit

F.3 Nichtrostender Stahl

F.3.1 Allgemeine Anforderungen

F.3.1.1 Die Definitionen müssen der jüngsten Überarbeitung von EN 10088, Teile 1 bis 5 entsprechen.

F.3.1.2 Zulässige Abweichungen, Oberflächenbeschaffenheit und innere Beschaffenheit müssen den Festlegungen der jeweils jüngsten Überarbeitung von EN 10088, Teile 1 bis 5 und EN 10029 entsprechen (siehe auch 6.2).

F.3.1.3 Das Prüfverfahren, die Anzahl der Proben, die Probenentnahmeorte sowie die Wahl und Vorbereitung der Prüfstücke für die mechanischen Prüfungen müssen der jeweils jüngsten Überarbeitung von EN 10088, Teile 1 bis 5 entsprechen.

F.3.1.4 Prüfbescheinigungen müssen 6.2.2 des vorliegenden Dokuments entsprechen.

F.3.2 Chemische Zusammensetzung und Sorten von nichtrostendem Stahl

F.3.2.1 Falls eine Sorte verwendet wird, die nicht in Tabelle 12 der vorliegenden Norm aufgeführt ist, muss deren durch Schmelzanalysen gemessene chemische Zusammensetzung in einer alternativen Norm oder Spezifikation nach F.1 festgelegt sein. Der Chromgehalt sollte mindestens 11,5 % Massenanteil, der Schwefelgehalt höchstens 0,015 % Massenanteil und der Phosphorgehalt höchstens 0,045 % Massenanteil betragen.

F.3.2.2 Die Dicke von austenitischen nichtrostenden Stählen muss auf den in der einschlägigen Norm oder Spezifikation festgelegten Höchstwert begrenzt werden.

F.3.2.3 Die Dicke von austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stählen muss auf den in der einschlägigen Norm oder Spezifikation festgelegten Höchstwert begrenzt werden. Der Molybdengehalt muss mindestens 0,1 Masse-% und der Chromgehalt mindestens 19 % Massenanteil betragen.

F.3.2.4 Erzeugnisse aus ferritischen nichtrostenden Stählen können bis zu einer Dicke von höchstens 10 mm erwogen werden.

F.3.2.5 Martensitische nichtrostende Stähle dürfen überhaupt nicht verwendet werden.

F.3.3 Mechanische Eigenschaften und Kerbschlagzähigkeit

F.3.3.1 Im Falle von Tanks, die für den Betrieb bei erhöhten Temperaturen über 50 °C vorgesehen sind, müssen die für die alternative Sorte erforderlichen Werte der Streckgrenze (0,2%-Dehngrenze) durch Interpolation der in der maßgeblichen Norm festgelegten Werte bestimmt werden.

F.3.3.2 Alternative Stahlsorten, für die in einer Werkstoffnorm keine Werte der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur (der 0,2%-Dehngrenze) festgelegt sind, dürfen auch verwendet werden, vorausgesetzt, dass der tatsächliche Wert jeder Schmelze des gelieferten Werkstoffes vom Stahlhersteller in Übereinstimmung mit der jüngsten Überarbeitung von EN 10002-5 verifiziert wird. Die Prüfergebnisse müssen in einem der jüngsten Überarbeitung von EN 10204 entsprechenden Abnahmeprüfzeugnis 3.1 aufgezeichnet werden.

F.3.3.3 Nach Abschnitt 1.3 b) der vorliegenden Norm ist die höchste Auslegungswandtemperatur für austenitische nichtrostende Stähle auf 300 °C begrenzt. Die niedrigste Auslegungswandtemperatur ist auf -40 °C begrenzt.

F.3.3.4 Die höchste Auslegungswandtemperatur für austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle beträgt 250 °C, und die niedrigste Auslegungswandtemperatur beträgt -40 °C.

F.3.3.5 Die höchste Auslegungswandtemperatur für ferritische nichtrostende Stähle beträgt 250 °C, und die niedrigste Auslegungswandtemperatur beträgt -10 °C.

F.3.3.6 Bei austenitischen nichtrostenden Stählen darf die Bruchdehnung bei einer Messlänge von 80 mm nicht kleiner sein als 30 %.

F.3.3.7 Bei austenitisch-ferritischen und ferritischen nichtrostenden Stählen darf die Bruchdehnung bei einer Messlänge von 80 mm nicht kleiner sein als 20 %.

F.3.3.8 Bei austenitischen nichtrostenden Stählen braucht der Wert der Charpy-V-Kerbschlagarbeit (in Übereinstimmung mit der jüngsten Überarbeitung von EN ISO 148-1) nicht bei der niedrigsten Auslegungswandtemperatur, also bei -40 °C geprüft zu werden. In jedem Falle muss der Wert der Charpy-V-Kerbschlagarbeit mindestens 60 J betragen (siehe auch F.3.4).

F.3.3.9 Bei austenitisch-ferritischen und ferritischen nichtrostenden Stählen muss der Wert der Charpy-V-Kerbschlagarbeit (in Übereinstimmung mit der jüngsten Überarbeitung von EN ISO 148-1) bei der niedrigsten Auslegungswandtemperatur mindestens 40 J betragen (siehe auch F.3.4).

F.3.4 Kerbschlagbiegeversuche

F.3.4.1 Allgemeines

Soweit zur Erfüllung der Anforderungen dieses Dokuments notwendig, sind Kerbschlagbiegeversuche nach der jüngsten Überarbeitung von EN ISO 148-1 in Übereinstimmung mit der für das Blech geltenden Werkstoffnorm durchzuführen. Die festgelegten Werte der Charpy-V-Kerbschlagarbeit der Bleche beruhen auf Versuchen an drei Prüfstücken, wobei der Mittelwert der drei Versuchsergebnisse genommen werden muss. Der niedrigste Einzelwert von nur einem Prüfstück darf nicht kleiner sein als 70 % des festgelegten Mittelwertes. Wenn Prüfstücke mit verringertem Querschnitt gefordert werden, müssen Prüfstücke mit einem Querschnitt von 10 mm × 5 mm geprüft werden und einen Wert der Kerbschlagarbeit zeigen, der 50 % des für die 10 mm breiten Prüfstücke festgelegten Wertes beträgt. Soweit die Blechdicke es zulässt, müssen Prüfstücke mit dem Querschnitt von 10 mm × 10 mm verwendet werden.

F.3.4.2 Kerbschlagarbeit

Der Nachweis der Kerbschlagarbeit der Werkstoffe ist nach den Anforderungen der festgelegten Stahlnorm zu führen. Bei Bodenblechen, ausgenommen Bodenrandbleche, und Dachblechen braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden. Bei Bodenrandblechen braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden, wenn für die damit verbundenen Mantelbleche kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird. Bei Mantelblechen und mit den Mantelblechen verbundenen Bauteilen oder wenn die niedrigste Auslegungswandtemperatur und die Erzeugnisdicke innerhalb der in F.3.3.3, F.3.3.4 und F.3.3.5 angegebenen Grenzen liegen, braucht kein Nachweis der Kerbschlagarbeit geführt zu werden.

ANMERKUNG Bei Dachblechen ist üblicherweise kein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich; bei Dachblechen von Tanks mit sehr hohem Druck kann jedoch ein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich sein, wenn die Blechdicke 6 mm überschreitet.

Anhang G (informativ)

Empfehlungen für Vorkehrungen zur Erdbebensicherheit von Lagertanks

G.1 Einleitung

Es wird auf EN 1998-4 verwiesen, in der Grundsätze und Anwendungsregeln für die Auslegung von senkrechten zylindrischen Tanks in erdbebengefährdeten Regionen angegeben sind.

In diesen Anhang wurden als Leitfaden zur Erläuterung Flussdiagramme aufgenommen, die einen Überblick über die gesamte Erdbebensicherheitsauslegung oder -verifizierung von senkrechten zylindrischen Tanks nach EN 1998-4 geben.

Dieser Anhang folgt im Grundsatz den in EN 1998-4 angewendeten Theorien, es dürfen jedoch in Abstimmung zwischen Besteller und Konstrukteur (siehe Anhang A) auch andere Gleichungen angewendet werden. In die Flussdiagramme wurden, wo dies als notwendig erachtet wurde, Anmerkungen aufgenommen, um zusätzliche Informationen zur Verfügung zu stellen.

In G.2 wird zur weiteren Information ein praktisches Beispiel für die Berechnungen zur Erdbebensicherheit eines Lagertanks nach diesem Anhang gegeben.

G.2 Verweisungen

- [A] EN 1998-1, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*
- [B] EN 1998-4, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*
- [C] CODRES2007 Division1. *Code de Construction des Réservoirs de Stockage Cylindriques Verticaux* Ed. 2007
- [D] IITK-GSDMA *Guidelines for seismic design of liquid storage tanks. Provisions with Commentary and Explanatory Examples*
- [E] New Zealand Society for Earthquake Engineering. *Seismic Design of Storage Tanks*: 2009

G.3 Flussdiagramme und Anmerkungen

Das Flussdiagramm G.1 vermittelt einen allgemeinen Überblick über das Verfahren der Erdbebensicherheitsauslegung von Tanks.

Die Flussdiagramme G.2 bis einschließlich G.4 enthalten detaillierte Verfahren für die Berechnung der impulsiven, konvektiven und vertikalen Erdbebenkomponenten.

Die in diesen Flussdiagrammen referenzierten Anmerkungen sind am Ende dieses Anhangs im Detail ausgeführt.

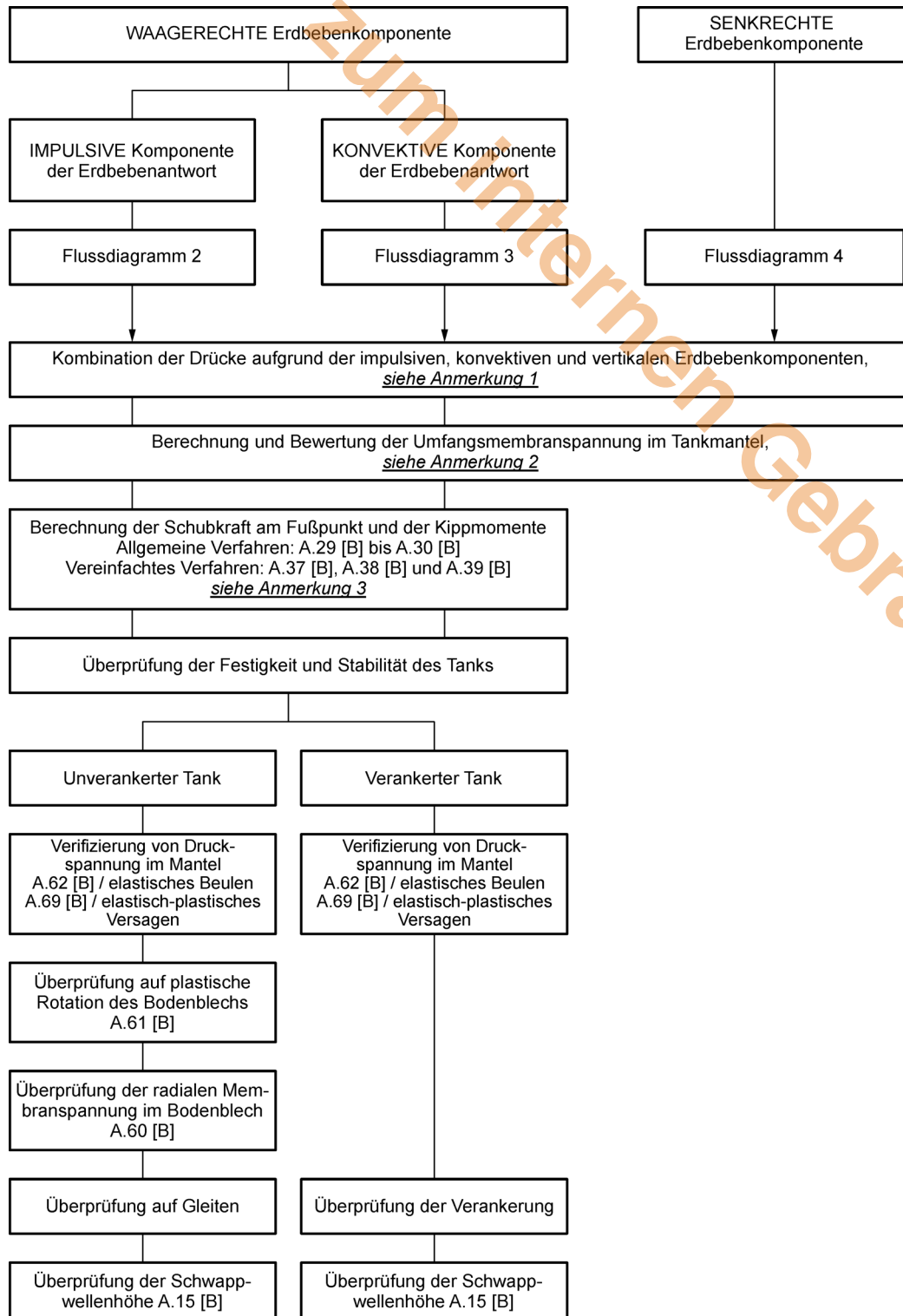


Bild G.1 — Flussdiagramm 1

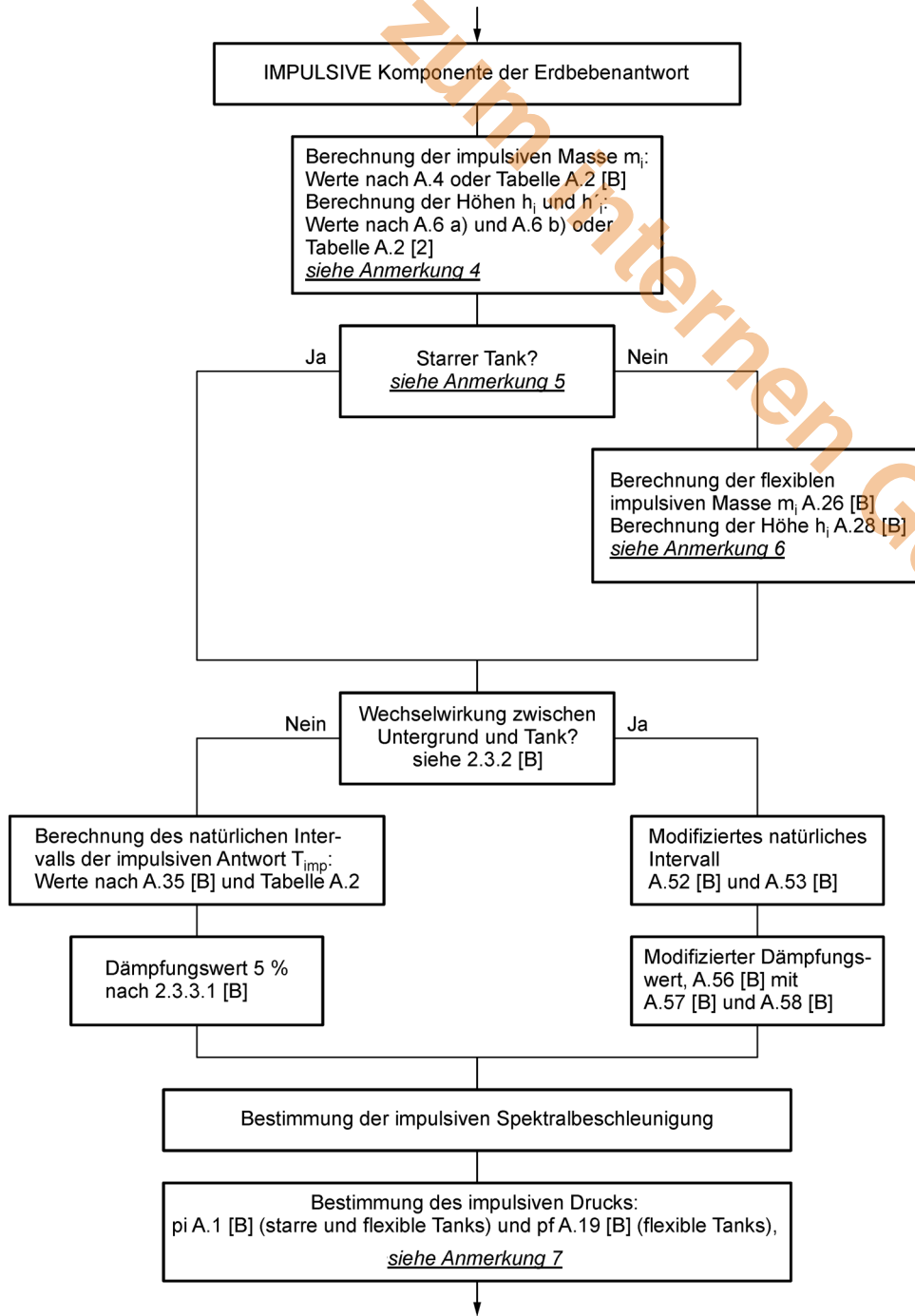


Bild G.2 — Flussdiagramm 2

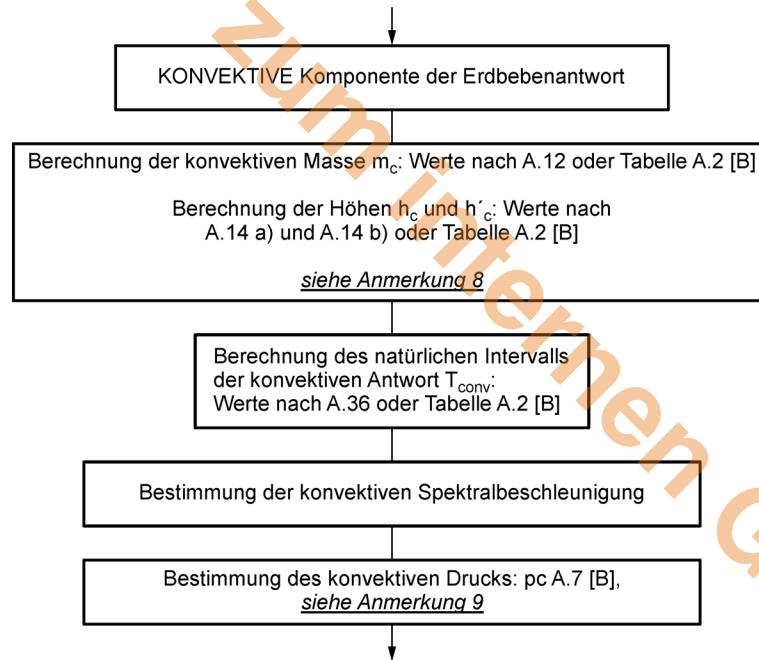


Bild G.3 — Flussdiagramm 3

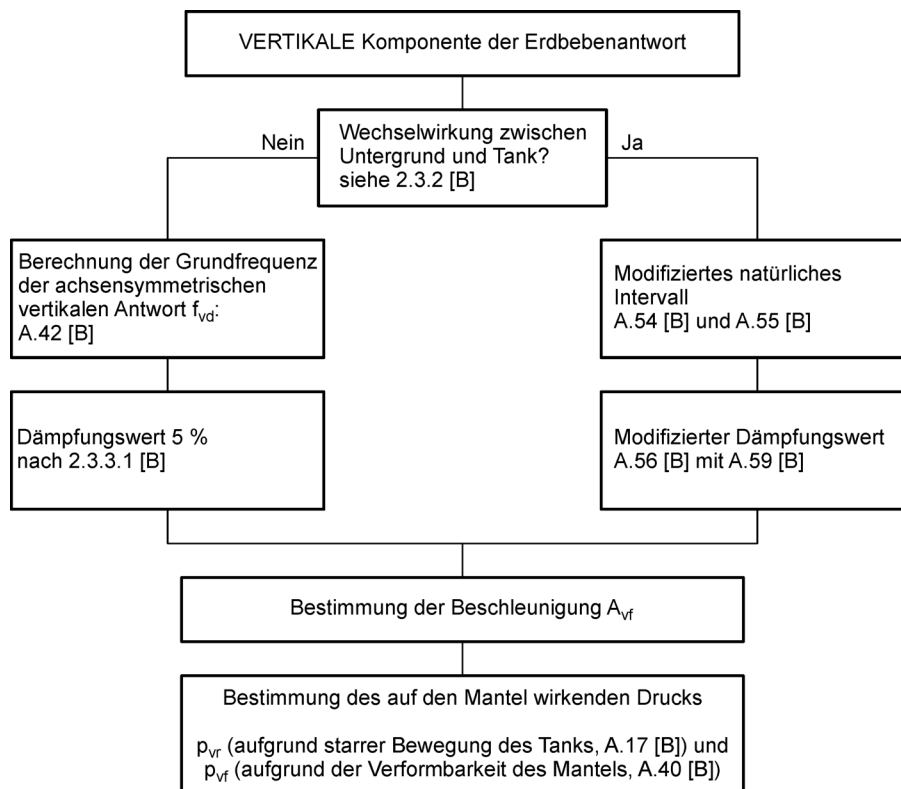


Bild G.4 — Flussdiagramm 4

G.4 Anmerkungen zu den Flussdiagrammen

ANMERKUNG 1 Trägheitskräfte führen einen Druck ein, der sich nach A.16 [B] berechnen lässt. Nach EN 1998-4 kann dieser Druck bei Stahl tanks vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 2 Die Membranspannungen in Umfangsrichtung können nach CA1.3.5.1 und CA1.3.5.2 [C] berechnet und bewertet werden.

$$\sigma_{c,vi} = \frac{P_{vi}}{e_{vi}} * R \quad (CA1.3.5.1)$$

Dabei ist

$\sigma_{c,vi}$ die Membranspannung in Umfangsrichtung im Mantelschuss 1;

e_{vi} die Dicke des Mantelschusses i ;

P_{vi} der auf den Mantelschuss i wirkende Druck;

R der Tankradius;

und

$$\sigma_{c,vi} \leq f_{ex} \quad (CA1.3.5.2)$$

Dabei ist

f_{ex} die für den Mantelschuss i zulässige Spannung.

ANMERKUNG 3 Die Schubkraft am Fußpunkt und die Kippmomente (unmittelbar über dem und am Tankboden) können auch für starre oder flexible Tanks nach §3.5 von [E] berechnet werden.

Schubkraft am Fußpunkt

$$V_1 = C_d(T_1)m_1 g \quad \text{konvektiver Modus} \quad (3.9)$$

$$V_r = C_d(\check{T}_0)[m_0 - m_f] g \quad \text{starrer impulsiver Modus} \quad (3.10)$$

$$V_f = C_d(\check{T}_f)[m_f + m_w + m_t] g \quad \text{flexibler impulsiver Modus} \quad (3.11)$$

Dabei ist

T_1 der Schwingungszeitraum des ersten konvektivem Modus der Schwingung

\check{T}_0 der Zeitraum des impulsiven Modus der Schwingung für das Tankgründungssystem; für eine starre Gründung $\check{T}_0 = 0$

\check{T}_f der Schwingungszeitraum der ersten horizontalen Tank-Flüssigkeit-Impulsmodus einschließlich des Effekts der Gründungsflexibilität; für einen starren Tank $\check{T}_f = \check{T}_0$ und $m_f = 0$

m_1 konvektive Masse

m_0 impulsive Masse für starre Tanks

m_f flexible impulsive Masse

m_w Wandmasse

m_t Dachmasse

g Beschleunigung der Schwerkraft

Kippmomente unmittelbar über dem Bodenblech:

$$M_1 = C_d(T_1)m_1 g h_1 \quad \text{konvektiver Modus} \quad (3.12)$$

$$M_r = C_d(\check{T}_0)[m_0 - m_f] g h_0 \quad \text{starrer impulsiver Modus} \quad (3.13)$$

$$M_f = C_d(\check{T}_f)[m_f h_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexibler impulsiver Modus} \quad (3.14)$$

Dabei ist

h_w Höhe zum Schwerpunkt der Wandmasse

h_t Dachmasse

Kippmomente am Bodenblech:

$$M'_1 = C_d(T_1)m_1gh'_1 \quad \text{konvektiver Modus} \quad (3.15)$$

$$M'_r = C_d(\tilde{T}_0)[m_0 - m_f] gh'_0 \quad \text{starrer impulsiver Modus} \quad (3.16)$$

$$M'_f = C_d(\tilde{T}_f)[m_f h'_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexibler impulsiver Modus} \quad (3.17)$$

Dabei ist

$$M'_1 = C_d(T_1)m_1gh'_1 \quad \text{konvektiver Modus} \quad (3.15)$$

$$M'_r = C_d(\tilde{T}_0)[m_0 - m_f] gh'_0 \quad \text{starrer impulsiver Modus} \quad (3.16)$$

$$M'_f = C_d(\tilde{T}_f)[m_f h'_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexibler impulsiver Modus} \quad (3.17)$$

ANMERKUNG 4 Nach Eurocode 8 ist die Betrachtung eines Tanks als starr in der Regel nicht konservativ. Falls jedoch das vereinfachte Verfahren (§A.3.2.2) anwendbar ist und gewählt wird, gilt der Tank als starr, ohne dass dies als nicht konservativ angesehen wird.

ANMERKUNG 5 Die starre impulsive Masse m_i und die Höhen der impulsiven Massen h_i und h'_i können ebenfalls nach [D] (Tabelle C.1) berechnet werden.

$$\frac{m_i}{m} = \frac{\tanh\left(0,866 \frac{D}{h}\right)}{0,866 \frac{D}{h}}$$

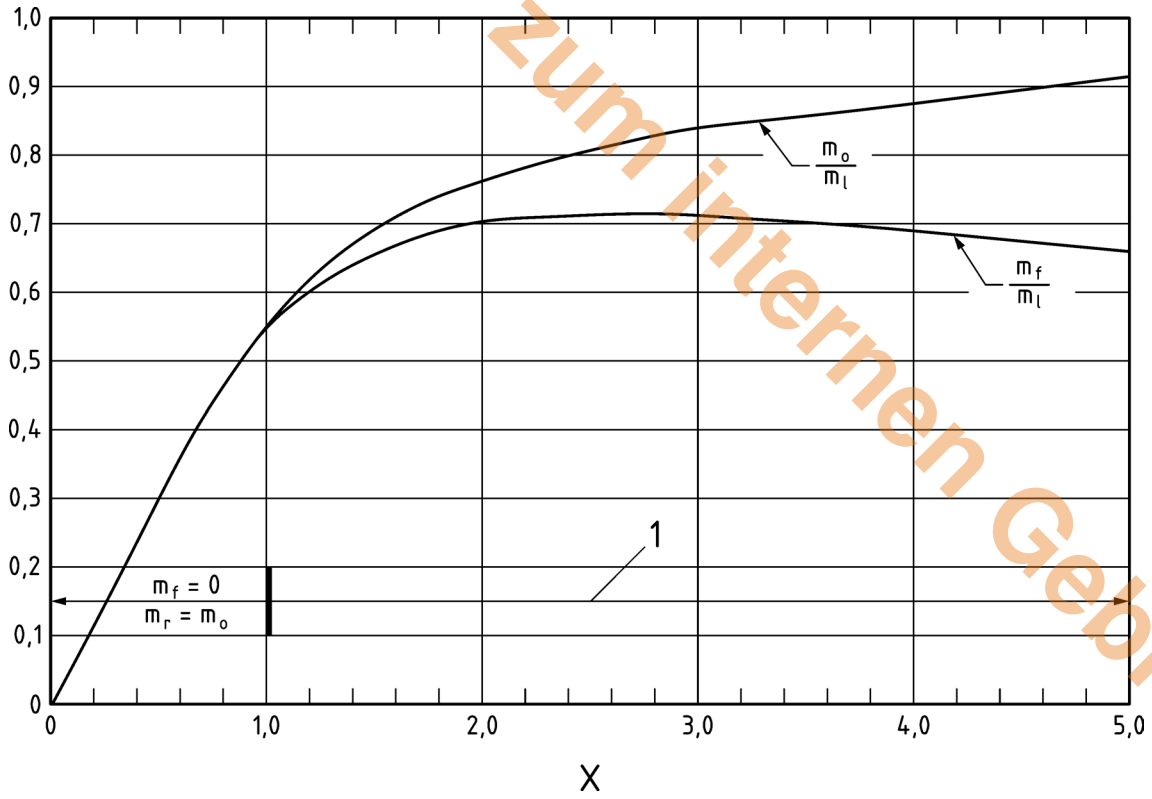
$$\frac{h_i}{h} = 0,375 \quad \text{für} \quad h/D \leq 0,75$$

$$= 0,5 \frac{0,09375}{h/D} \quad \text{für} \quad h/D > 0,75$$

$$\frac{h_i^*}{h} = \frac{0,866 \frac{D}{h}}{2 \tanh\left(0,866 \frac{D}{h}\right)} 0,125 \quad \text{für} \quad h/D \leq 1,33$$

$$= 0,45 \quad \text{für} \quad h/D > 1,33$$

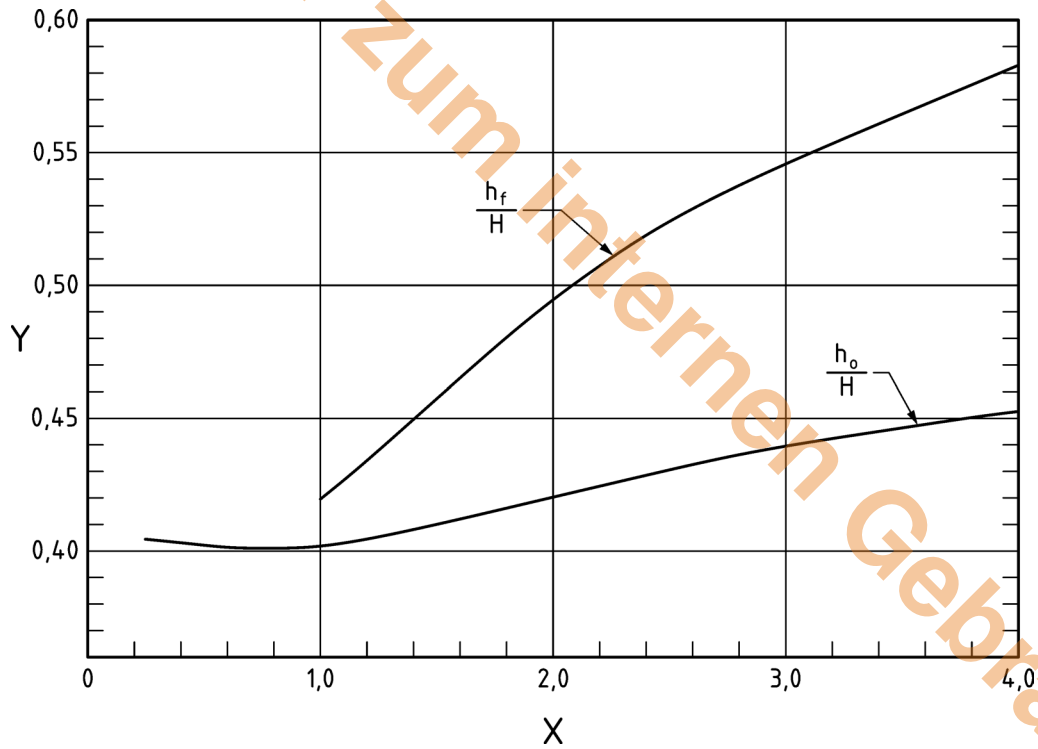
ANMERKUNG 6 Die flexible impulsive Masse m_f und die Höhen der flexiblen impulsiven Massen h_f und h'_f können ebenfalls nach [E] (Bilder C.3.17 bis C.3.19) berechnet werden.



Legende

- 1 Verhalten im flexiblen impulsiven Modus $m_r = m_o - m_f$
- X Verhältnis der Höhe zum Radius, H/R_m

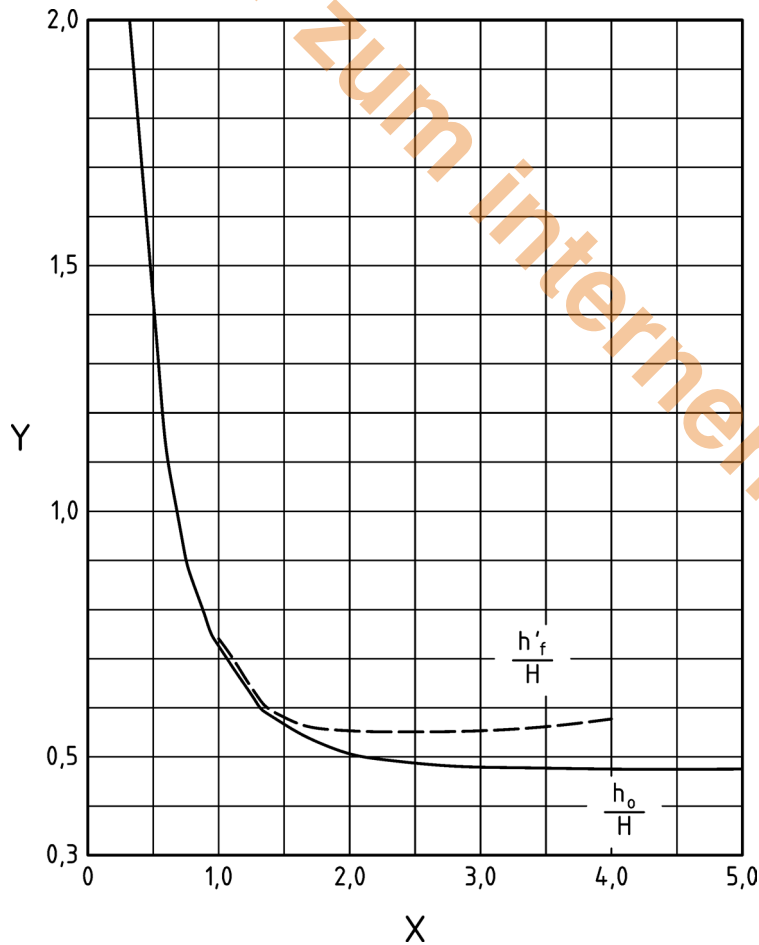
Bild G.5 — Komponenten der impulsiven Masse bei flexiblen Tanks



Legende

- X Verhältnis der Höhe zum Radius, H/R_m
- Y angezeigtes Höhenverhältnis

Bild G.6 — Höhen der impulsiven Massen für Wände von flexiblen Tanks



Legende

- X Verhältnis der Höhe zum Radius, H/R_m
- Y Angezeigtes dimensionloses Verhältnis

Bild G.7 — Höhen der impulsiven Massen bei flexiblen Tanks (einschließlich Druck auf die Basis)

ANMERKUNG 7 Der impulsive Druck kann auch nach [E] (C.3.3 und C.3.4 für starre Tanks und C.3.22 für flexible Tanks) oder nach [C] (CA1.3.4.1-1, CA1.3.4.1-2a und CA1.3.4.1-2b) berechnet werden.

Für Tanks mit $D/H > 4/3$

$$p_{imp,vi} = 1,5\gamma_{imp} \rho_{liq} D \lambda \left[\frac{h_{c,liq,vi}}{H} - 0,5 \left(\frac{h_{c,liq,vi}}{H} \right)^2 \right] \tag{CA1.3.4.1-1}$$

$$\lambda = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{H}{D} \tanh \left(\frac{\sqrt{3} D}{2 H} \right)$$

Für Tanks mit $D/H < 4/3$

$$h_{c,liq,vi} < 0,75 D$$

$$p_{imp,vi} = 1,5\gamma_{imp} \rho_{liq} D \lambda \left[\frac{h_{c,liq,vi}}{0,75D} - 0,5 \left(\frac{h_{c,liq,vi}}{0,75D} \right)^2 \right] \tag{CA1.3.4.1-2a}$$

$$h_{c,liq,vi} \geq 0,75 D$$

$$p_{imp,vi} = 0,75 \gamma_{imp} \rho_{liq} D \lambda \quad (CA1.3.4.1-2b)$$

Mit:

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}}{2} \tanh\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right) = 0,7095$$

Dabei ist

γ_{imp} die impulsive Spektralbeschleunigung;

ρ_{liq} die Dichte des Lagerguts;

D der Tankdurchmesser;

H der maximale Füllstand;

$h_{c,liq,vi}$ der Abstand zwischen dem Flüssigkeitsspiegel und der in der Berechnung angesetzten Höhe des Mantelschusses i .

ANMERKUNG 8 Die konvektive Masse m_c und die Höhen der konvektiven Masse h_c und h_c^* können auch nach [D] (Tabelle C.1) berechnet werden.

$$\frac{m_c}{m} = 0,23 \frac{\tanh\left(3,68 \frac{h}{D}\right)}{\frac{h}{D}}$$

$$\frac{h_c}{h} = 1 \frac{\cosh\left(3,68 \frac{h}{D}\right) - 1,0}{3,68 \frac{h}{D} \sinh\left(3,68 \frac{h}{D}\right)}$$

$$\frac{h_c^*}{h} = 1 - \frac{\cosh\left(3,68 \frac{h}{D}\right) - 2,01}{3,68 \frac{h}{D} \sinh\left(3,68 \frac{h}{D}\right)}$$

ANMERKUNG 9 Der konvektive Druck kann auch nach [E] (C.3.5 und C.3.6) oder [C] (CA1.3.4.1-3) berechnet werden.

$$p_{conv,vi} = \frac{5}{16} \gamma_{conv} \rho_{liq} D \frac{\cosh\left(\mu \frac{H - h_{c,liq,vi}}{H}\right)}{\cosh \mu} \quad (CA1.3.4.1-3)$$

$$\mu = \frac{3\sqrt{6} H}{2 D}$$

Dabei ist

γ_{conv} die konvektive Spektralbeschleunigung.

Praktisches Beispiel für die Berechnung der seismischen Auslegung eines unverankerten Lagertanks

Dieses Beispiel, das dem Französischen Technischen Leitfaden DT108 (Guide reservoirs de stockage, Partie A, 2104, UIC und SNCT) entnommen wurde, ist der Verifizierung der mechanischen Festigkeit und der Gesamtstabilität eines unverankerten Tanks unter seismischen Kippmomenten und seismischer Schubkraft am Fußpunkt gewidmet.

Daten - Tankmaße

Durchmesser $D = 28,100 \text{ m}$

Tankhöhe $H = 14,990 \text{ m}$

Füllstandshöhe des Lagergutes (maximale Höhe des Flüssigkeitsspiegel) $H_1 = 12,780 \text{ m}$

Mantelschussdicken und -höhen:

Schuss 7	Höhe	$h_7 = 1\,910 \text{ mm}$	Dicke e_7	$= 8,00 \text{ mm}$
Schuss 6	Höhe	$h_6 = 1\,910 \text{ mm}$	Dicke e_6	$= 8,00 \text{ mm}$
Schuss 5	Höhe	$h_5 = 1\,910 \text{ mm}$	Dicke e_5	$= 8,00 \text{ mm}$
Schuss 4	Höhe	$h_4 = 1\,910 \text{ mm}$	Dicke e_4	$= 8,30 \text{ mm}$
Schuss 3	Höhe	$h_3 = 2\,450 \text{ mm}$	Dicke e_3	$= 10,50 \text{ mm}$
Schuss 2	Höhe	$h_2 = 2\,450 \text{ mm}$	Dicke e_2	$= 13,80 \text{ mm}$
Schuss 1	Höhe	$h_1 = 2\,450 \text{ mm}$	Dicke e_1	$= 17,10 \text{ mm}$
Bodenrandblech			Dicke e_b	$= 13,00 \text{ mm}$

Daten - Werkstoffeigenschaften

Schuss 7	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 6	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 5	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 4	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 3	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 2	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Schuss 1	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 225 \text{ MPa}$
Bodenrandblech	S235J0, EN 10025-2	Streckgrenze: $R_{p0,2} = 235 \text{ MPa}$
Elastizitätsmodul des Stahls		$E = 210\,000 \text{ MPa}$
Poissonzahl des Stahls		$\nu = 0,3$

Daten - Dichte des Lagerguts und Auslegungsdruck

Dichte des Lagerguts	$w = 845 \text{ kg/m}^3$
Auslegungsdruck	$p = 30 \text{ mbar}$

Daten - Massen und Angriffspunkte

Masse der Tankwand (des Tankmantels)	m_w	= 112 320 kg
Angriffspunkt an der Tankwand	h_w	= 6,256 m
Masse des Tankdachs	m_r	= 42 660 kg
Angriffspunkt am Tankdach	h_r	= 15,870 m
Masse des Tankbodes (und der Bodenrandbleche)	m_b	= 29,020 kg
Masse des Lagerguts	m_{liq}	= 6,70 E + 06 kg

Daten - Seismische Daten

Spitzenwert der horizontalen Bodenbeschleunigung	0,74 m/s ²
Spitzenwert der vertikalen Bodenbeschleunigung	0,67 m/s ²
Bodenklasse	A

Für dieses Beispiel wurden die Beschleunigungen der Erdbebenkarte für Frankreich, Zone 1 entnommen.

Hypothese

In diesem Beispiel wird der Tank als starr angesehen und die Wechselwirkung zwischen Boden und Tank außer Acht gelassen.

Berechnung - Natürliche Intervalle

Impulsiver Modus	mit Gleichung (A.35) [2] und Tabelle A.2 [2]	$T_{imp} = 0,176$ s
Konvektiver Modus	mit Gleichung (A.36) [2] und Tabelle A.2 [2]	$T_{conv} = 5,724$ s
Achsensymmetrischer Modus	mit Gleichung (A.42) [2]	$T_{axi} = 0,168$ s

Spektralbeschleunigungen

Ohne Verhaltensfaktor ($q = 1$)

Impulsive Spektralbeschleunigung	Bei Bodenklasse A und einer Dämpfung von 5 %	$\gamma_{imp} = 1,850$ 0 m/s ²
Konvektive Spektralbeschleunigung	Bei Bodenklasse A und einer Dämpfung von 0,5 %	$\gamma_{conv} = 0,031$ 4 m/s ²
Vertikale Spektralbeschleunigung	Bei Bodenklasse A und einer Dämpfung von 5 %	$\gamma_{axi} = 2,010$ 0 m/s ²

Berechnung - Schubkraft am Fußpunkt und Kippmomente

Impulsive Masse	nach Tabelle A.2 [2]	$m_i = 3,40E + 06$ kg
Höhe von m_i (über dem Bodenblech)	nach Tabelle A.2 [2]	$h_i = 5,309$ m
Höhe von m_i (unter dem Bodenblech)	nach Tabelle A.2 [2]	$h'_i = 10,351$ m
Konvektive Masse	nach Tabelle A.2 [2]	$m_c = 3,29E + 06$ kg

Höhe von m_c (über dem Bodenblech)	nach Tabelle A.2 [2]	$h_c = 7,702 \text{ m}$
Höhe von m_c (unter dem Bodenblech)	nach Tabelle A.2 [2]	$h'_c = 9,298 \text{ m}$
Schubkraft am Fußpunkt	Mit Gleichung (A.37) [2]	$Q = 6,68E + 06 \text{ N}$
Kippmoment über dem Bodenblech	Mit Gleichung (A.38) [2]	$M = 3,67E + 07 \text{ N.m}$
Kippmoment unter dem Bodenblech	Mit Gleichung (A.39) [2]	$M = 6,86E + 07 \text{ N.m}$

Berechnung – Verifizierung der Werte für das Abheben und die Festigkeit des Bodens

Abhubhöhe	geschätzt aus	Bild A.12 [2]	$w_{\max} = 6 \text{ mm}$
Abhublänge	geschätzt aus	Bild A.13 [2]	$L = 375 \text{ mm}$
Radialspannung im Boden	Mit Gleichung (A.60) [2]		$\sigma_{rb} = 80,1 \text{ MPa}$
Zulässige Spannung im Boden			$0,6 \times 235 = 141 \text{ MPa}$

Schlussfolgerung: $80,1 < 141$ Der Grenzwert der Bodenradialspannungen wird eingehalten.

Berechnung – Verifizierung der plastischen Rotation des Bodenblechs

Plastische Rotation des Bodenblechs	Mit Gleichung (A.61) [2]	$\theta = 0,03 \text{ radians}$
Zulässige plastische Rotation		$0,2 \text{ radians}$
Schlussfolgerung:	$0,03 < 0,2$	Der Grenzwert der plastischen Rotation wird eingehalten.

Berechnung – Maximale Längsdruckspannung im Tankmantel

Für unverankerte Tanks lässt sich diese Spannung nach den New Zealand Recommendations [5] anhand eines Verfahrens berechnen, das im Folgenden ausgeführt wird.

$$\sigma_m = CF CW_s / (R\theta * t_{s1})$$

Dabei ist

CF der Kalibrierfaktor 2,5 (Vorschlagswert)

C der Steifigkeitsfaktor der Gründung 1

$C = 1$ für starre Gründungen

$C = 0,5$ für flexible Gründungen

$$W_s = W(1 + W_w/W - \tau^2)$$

Dabei ist

W das Gesamtgewicht des Fluids;

W_w das Gewicht von Mantel und Dach;

$$\tau = 1 - L/(2R)$$

$$\theta^* = \arctan (\tau/(1 - \tau))$$

Höchste axiale Druckspannung im Mantel $\sigma_m = 21,80 \text{ MPa}$

Berechnung - Verifizierung des elastischen Beulens im Mantel

Ideale kritische Beulspannung Mit Gleichung (A.63) [2] $\sigma_{cl} = 146,0 \text{ MPa}$

Mit Gleichung (A.64) [2] (mit einem Konstruktionsbeiwert $a = 1$)

$$\sigma_p = 99,8 \text{ MPa}$$

Daraus folgt: $\sigma_m / \sigma_{cl} = 0,149$

$$0,19 + 0,81 \sigma_p / \sigma_{cl} = 0,743$$

Schlussfolgerung: $0,149 < 0,743$ (A.62) Ungleichheit ist erfüllt, es tritt kein elastisches Beulen auf.

Berechnung - Verifizierung des elastisch-plastischen Versagens im Tankmantel (Elefantenfußbeulen)

Elastisch-plastische kritische Beulspannung

Mit Gleichung (A.69) [2] $84,3 \text{ MPa}$

Schlussfolgerung: $21,8 < 84,3$ (A.69) Ungleichheit ist erfüllt, es tritt kein elastisch-plastisches Beulen auf.

Berechnung - Verifizierung des Gleitens

Angenommener Reibungskoeffizient $0,4$

Widerstandslast $2,69E + 07 \text{ N}$

Seismische Schubkraft am Fußpunkt Q $6,68E + 06 \text{ N}$

Schlussfolgerung: $2,69E + 07 > 6,68E + 06$ **Es tritt kein Gleiten auf.**

Berechnung - Verifizierung des Freibords

Höhe der konvektiven Welle (Schwappen) mit Gleichung (A.15) [2] $d_{max} = 0,038 \text{ m}$

Freibord $2,210 \text{ m}$

Schlussfolgerung: $2,210 > 0,038$ **Es ist ausreichend Freibord gegeben.**

Anhang H (informativ)

Empfehlungen für spezielle Tankbodenausführungsarten

H.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Empfehlungen für spezielle Tankbodenausführungsarten, die sich entweder von den in Abschnitt 8 angegebenen unterscheiden oder in weiteren Konfigurationen verfügbar sind.

Bei Anwendung dieses Anhangs ist es notwendig, die Anforderungen von Abschnitt 8 ebenfalls zu berücksichtigen.

H.2 Nicht vollflächig unterstützte Böden

H.2.1 Tankböden, die nicht auf ihrer gesamten Fläche auf einer durchgehenden Gründung aufgelagert sind, können auf baulichen Auflagern aus Baustahlprofilen oder Stahlbetonträgern aufgelagert werden.

H.2.2 Bodenbleche müssen Abschnitt 6 entsprechen.

H.2.3 Bei der Auslegung sollten als Belastungen das Gewicht des Lagerguts, das Gewicht der Bodenbleche, der Auslegungsüberdruck, das Gewicht der Prüflüssigkeit und der Prüfdruck berücksichtigt werden.

H.2.4 Die Dicke $e_{b,nom}$ des Bodenblechs muss größer sein als:

$$e_b = L * \sqrt{\frac{g * H * W + p + \rho_b * e_{b,nom}}{2 * S * J}} + c \quad (H.1)$$

und

$$e_{bt} = L * \sqrt{\frac{g * H_t * W_t + p_t + \rho_b * e_{b,nom}}{2 * S_t * J}} \quad (H.2)$$

Dabei ist

- c der Korrosionszuschlag;
- e_b die geforderte Bodenblechdicke;
- $e_{b,nom}$ die verfügbare Nenn-Bodenblechdicke;
- g die Schwerebeschleunigung (9,81 m/s²);
- H die maximale Füllhöhe des Lagerguts;
- H_t die Füllhöhe der Prüflüssigkeit;
- L der Abstand zwischen den Mittellinien der Auflager;
- p der Auslegungsdruck;
- p_t der Prüfdruck;
- ρ_b die Wichte des Bodenwerkstoffs;

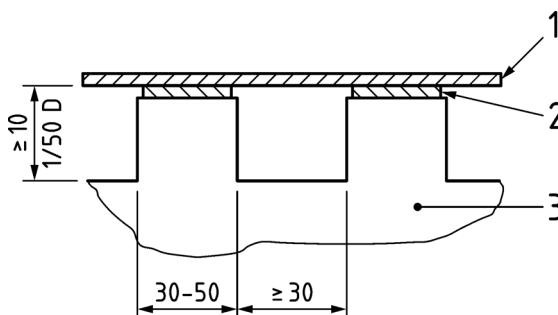
- S die zulässige Auslegungsspannung des Bodenblechwerkstoffs (siehe 9.1.1);
 - S_t die zulässige Prüfspannung des Bodenblechwerkstoffs (siehe 9.1.1);
 - J der Schweißnahtfaktor der Bodenbleche (siehe 10.3.6).
- Falls alle Bodenblechschweißnähte rechtwinklig zum baulichen Auflager sind, gilt: $J = 1,0$;
- W die maximale Auslegungsdichte des Lagerguts;
 - W_t die maximale Auslegungsdichte des Prümediums.

H.2.5 Die Verbindungen der Bodenbleche sollten als Stumpfnähte ausgeführt werden.

H.2.6 Die Breite von baulichen Linienauflagern aus Beton sollte 30 cm bis 50 cm betragen.

H.2.7 Falls das bauliche Auflager auf einem durchgehenden Auflager angeordnet wird oder Teil eines solchen ist, muss die Innenweite zwischen zwei baulichen Auflagern mindestens 30 cm und die Innenhöhe zwischen der Unterseite des unteren Bodens und der Unterseite des baulichen Auflagers mindestens 10 cm oder 1/50 des Tankdurchmessers betragen, je nachdem, welches der größere Wert ist. Der für Inspektionszwecke verfügbare Freiraum darf nicht durch Einbauteile (wie z. B. Rohre) versperrt werden.

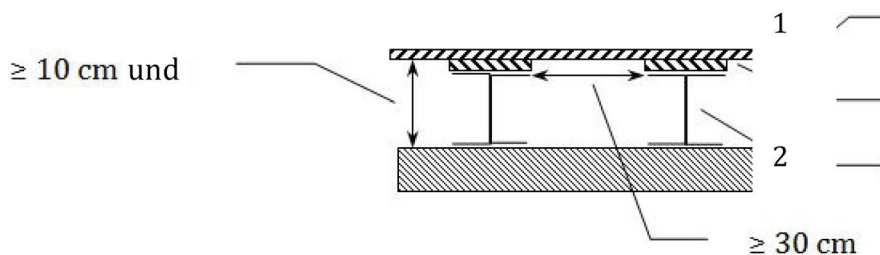
Falls für die Inspektion technische Ausrüstung (z. B. ein Endoskop) verwendet wird, können Hersteller und Besteller einen anderen Wert für den Abstand des baulichen Auflagers vereinbaren, als oben angegeben.



Legende

- 1 Bodenblech
- 2 elastische Auskleidung
- 3 Betonstütze

Bild H.1 — Bodenblech auf Linienauflager aus Beton



Legende

- 1 Bodenblech
- 2 elastische Auskleidung
- 3 Stahlaufleger

Bild H.2 — Bodenblech auf Stahlaufleger

H.2.8 Falls notwendig, muss zwischen Tankboden und baulichem Auflager eine elastische Auskleidung vorgesehen werden.

H.2.9 Falls eine Verankerung bei linienförmig aufgelagerten Bodenkonstruktionen notwendig ist, darf die Verankerung nicht an einem nicht aufgelagerten Teil des Bodenrandes angeordnet werden.

H.3 Doppelböden

H.3.1 Allgemeines

Der Zweck eines Doppelbodens ist einerseits, im Falle eines Lecks im oberen Boden, dem eigentlichen Lagergutbehälter, ein Einsickern des Lagerguts in die Gründung und das darunter liegende Erdreich zu verhindern, da eine gleichzeitige Leckage in beiden Böden unwahrscheinlich ist.

Andererseits können Doppelböden als Teil eines Leck- oder Leckageanzeigesystems genutzt werden, um die Dichtheit des oberen und des unteren Bodens kontinuierlich zu überwachen.

H.3.2 Begriffe

H.3.2.1 Doppelböden sind Teil eines Leckanzeigesystems nach EN 13160. Doppelböden eines Lagertanks mit ebenem Boden bestehen aus einem oberen und einem unteren Boden und dem Zwischenraum zwischen diesen beiden Böden.

H.3.2.2 Der obere Boden befindet sich am oberen Ende des Zwischenraums und besteht aus Bodenmantel und einer Verbindung zum Tankmantel (Verbindungsprofil). Der obere Boden wird auch als Hauptboden (en: primary bottom) oder Leckschutzauskleidung bezeichnet.

H.3.2.3 Der untere Boden befindet sich am unteren Ende des Zwischenraums und besteht aus den Bodenblechen und dem Bodenring. Der untere Boden wird auch als Auffangtasse (en: secondary bottom) bezeichnet.

H.3.2.4 Doppelböden als Teil eines Leckanzeigesystems können sowohl im oberen als auch im unteren Boden auftretende Lecks anzeigen.

H.3.2.5 Ein Leckanzeigesystem ist ein System der Lecks anzeigenden Ausrüstung. Es besteht aus dem zu überwachenden Raum (Zwischenraum), der Leckschutzauskleidung, einem Leckanzeigegerät, einem Leckerkennungsgerät, den Rohrleitungen, dem Leckerkennungsmedium und Messfühlern. Leckanzeigesysteme der Klasse I nach EN 13160-2 erfüllen die Anforderungen an „Leckanzeigesysteme“.

H.3.2.6 Doppelböden als Teil eines Leckanzeigesystems können anzeigen, ob der obere Boden ein Leck aufweist und Lagergut in den Zwischenraum gelangt.

H.3.2.7 Ein Leckageanzeigesystem ist ein System der Leckagen anzeigenden Ausrüstung. Es besteht aus dem zu überwachenden Raum (Zwischenraum), der Leckschutzauskleidung, einem Leckageanzeigegerät und Punktsensoren (für Flüssigkeiten oder Gase) oder Wegsensoren (Sensorikabeln). Leckageanzeigesysteme der Klasse III nach EN 13160-4 erfüllen die Anforderungen an „Leckageanzeigesysteme“.

H.3.2.8 Ein Leckdetektor ist ein Gerät zum Nachweis von Lecks.

H.3.2.9 Ein Leck- oder Leckageanzeiger ist ein Gerät, das den Betriebs- und Alarmzustand des angeschlossenen Leck-/Leckagedetektors anzeigt.

H.3.2.10 Die Rohrleitung eines Leckanzeigesystems besteht aus Saug-, Mess-, Abzugs- und Prüfrohren.

H.3.3 Allgemeine Anforderungen

H.3.3.1 Das Leck-/Leckageanzeigesystem muss die Überwachung des gesamten Tankbodens und der Leckschutzauskleidung ermöglichen. Diese Anforderung ist bei der Auswahl des Typs des Leckanzeigesystems in Abhängigkeit von der Ausführungsart des Tanks (z. B. Schwimmdachtanks mit Auflagern, Tanks mit Einbauten) zu berücksichtigen.

H.3.3.2 Während des Einbaus und des Betriebs muss eine ausreichende Maßstabilität der Rohrleitungen sichergestellt sein.

H.3.3.3 Das Abzugsrohr muss so enden, dass aus Lecks austretende Dämpfe und Flüssigkeiten zurückgehalten werden können (z. B. indem das Abzugsrohr in eine Schale mündet).

H.3.3.4 Das Leckanzeigergerät muss für alle Lastfälle (Druck, Flüssigkeitsbeständigkeit, Temperatur) geeignet sein. Falls erforderlich, muss es auf besondere Weise geschützt werden (z. B. Kühlstrecke).

H.3.3.5 Der Zwischenraum und die Leckschutzauskleidung müssen die in EN 13160-7 festgelegten Anforderungen erfüllen und das CE-Zeichen tragen, um ihre Konformität mit den anwendbaren EU-Richtlinien anzuzeigen.

H.3.3.6 Besteller und Hersteller können auch Inspektionen durch unabhängige Dritte miteinander vereinbaren. Ein unabhängiger Dritter muss eine Notifizierte Prüfstelle nach EN 13160-7 sein.

H.3.4 Ausführungsarten

H.3.4.1 Allgemeines

H.3.4.1.1 Leckschutzauskleidungen nach diesem Anhang müssen aus Stahl gefertigt sein.

H.3.4.1.2 Als Verbindungsprofile für den oberen Boden sind die folgenden Typen zu verwenden:

- a) aufrechte L-Profile, die im Innern des Tanks zwischen den Tankmantel und den oberen Boden der Leckschutzauskleidungen geschweißt werden;
- b) ebener Bodenring, der im Innern des Tanks zwischen den Tankmantel und die Leckschutzauskleidungen geschweißt werden.

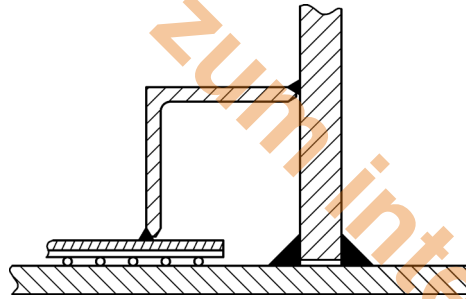
Bei abweichenden Bauweisen muss die Gebrauchstauglichkeit nachgewiesen werden.

H.3.4.2 Leckschutzauskleidung mit Hilfe von Tränenblechen (Typ A)

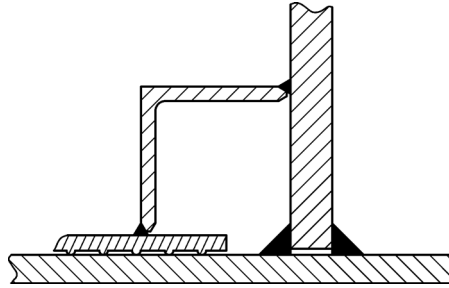
H.3.4.2.1 Bei Typ A1 besteht der eingebaute sekundäre Tankboden aus Tränenblechen (z. B. nach DIN 59220 [9]), die mit der profilierten Seite nach unten weisend eingebaut werden. Die Bleche werden überlappend stumpfgeschweißt. Für die stumpfgeschweißten Bleche werden Bänder aus Tränenblech als Schweißbadsicherung verwendet.

H.3.4.2.2 Bei Typ A2 besteht der untere Tankboden aus Tränenblechen (z. B. nach DIN 59220 [9]), die mit der profilierten Seite nach oben weisend eingebaut werden. Der obere Boden wird aus ebenen Stahlblechen gefertigt. Die Stahlbleche des oberen Bodens werden entweder überlappend oder stumpf geschweißt. Für die stumpfgeschweißten Bleche werden Bänder aus Stahlblech als Schweißbadsicherung verwendet.

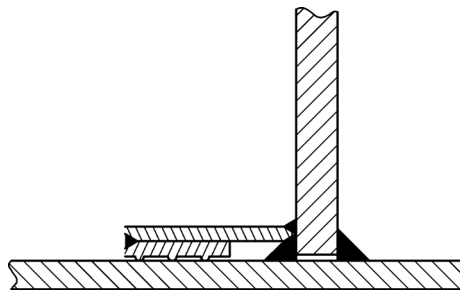
H.3.4.3 Leckschutzauskleidung mit Hilfe von Sieben (Typ B). Leckschutzauskleidungen mit Flachstahlblechen und Drahtgeflecht als Abstandshalter für obere und untere Böden vom Typ B werden aus Flachstahlblechen hergestellt. Zwischen den oberen und den unteren Boden werden Drahtgeflechte als Abstandshalter eingebaut. Die Bleche des oberen Bodens werden überlappend stumpfgeschweißt. Für die stumpfgeschweißten Bleche werden Bänder aus Stahlblech als Schweißbadsicherung verwendet.



a) Doppelboden mit L-Profil und Baustahlmatte



b) Doppelboden mit L-Profil und Tränenblechen



c) Doppelboden mit Blockflanschblech ohne Schellen

Bild H.3 — Annehmbare Möglichkeiten für die Verbindung des Zwischenraums mit dem Tankmantel

H.3.5 Planung

H.3.5.1 Der Hersteller dokumentiert den Typ des Zwischenraums zwischen den Tankböden mit Leckschutzauskleidung in einer technischen Spezifikation, einschließlich Auslegungszeichnungen und Detailzeichnungen.

H.3.5.2 Vor dem Einbau müssen als Mindestanforderung die folgenden Unterlagen erstellt und/oder angefordert werden:

- Auslegungszeichnungen des Zwischenraums, einschließlich Einzelheiten zu den Schweißnähten und Teileliste;
- statische Berechnungen des Zwischenraums, sofern erforderlich;
- Informationen zu den verwendeten Werkstoffen;
- Lageplan der Stahlbleche;
- Schweiß- und Prüfplan;
- von der notifizierten Stelle ausgestellte Eignungsnachweise, z. B. allgemeine technische Zulassung, für das Leckanzeigesystem und die verwendeten Bauprodukte;
- Einzelheiten und maßgebliche Eigenschaften des Lagergutes, einschließlich Eignung der Kombination aus Lagergut und Werkstoff und, sofern erforderlich, Viskosität des Lagerguts; und
- Informationen zu den Lagerbedingungen.

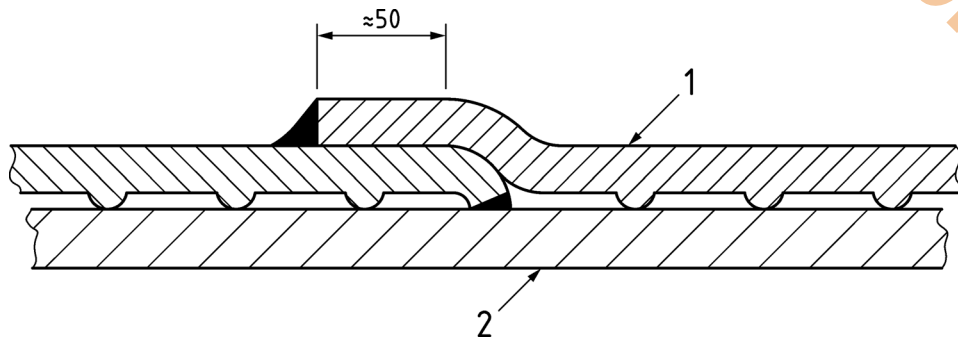
H.3.6 Auslegung

H.3.6.1 Die Auslegung der Leckschutzauskleidung muss die im Folgenden festgelegten Anforderungen erfüllen, wobei der Neigungswinkel der Tankböden zu berücksichtigen ist.

H.3.6.2 Zwischenräume dürfen keine Auflager oder Leitungen aufweisen, die ihre Doppelwandauslegung beeinträchtigen.

H.3.6.3 Die Funktion des Leckanzeigesystems kann nur dann sichergestellt werden, wenn das Lagergut, unter Berücksichtigung der Abstände zwischen oberem und unterem Boden und der vorgesehenen Betriebsbedingungen (z. B. Temperatur), im Zwischenraum fließen kann und sich keine Feststoffe absetzen.

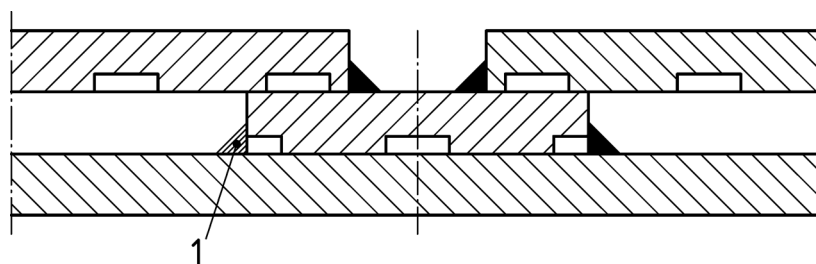
H.3.6.4 Die Art der Leckschutzauskleidung und die Anzahl an Zwischenräumen sind unter Berücksichtigung des Tankbodendurchmessers festzulegen. Das durch Berechnung ermittelte Volumen des Zwischenraums darf höchstens 8 m^3 betragen. Falls der Zwischenraum in einzelne Zonen unterteilt wird, müssen bei der Auslegung dieser Abteile und besonders ihrer Verbindungen mit dem Tankmantel die an den Übergängen zwischen Tankmantel und Tankboden entstehenden Spannungen durch die Aufnahme von Verstrebungen an der Trennwand berücksichtigt werden. Die Auslegung der Abteile und ihrer Verbindungen mit dem Tankmantel muss untersucht werden. Zu Beispielen für eine solche Unterteilung siehe Bild H.4.



Legende

- 1 Riffelblech
- 2 Bodenrandblech/Bodenblech

Bild H.4 — Trennverbindung zwischen zwei Überwachungsbereichen mit Riffelblechboden (ähnlich bei Drahtgeflecht und Blechen)



Legende

- 1 nur heftgeschweißt

Bild H.5 — XXXX

H.3.6.5 Für Leck-/Leckageanzeigesysteme der Typen A1 und B gilt: Falls keine detaillierte Auslegungsberechnung vorgenommen wird (siehe H.2.17.3), müssen umlaufende Eckprofile mit rechtwinklig zum Tankmantel und zum oberen Tankboden stehenden Stützen auf Längen zwischen 60 mm und 100 mm ausgelegt werden. Die Dicke der Stützen muss kleiner oder gleich $1/10$ der Stützenlänge sein und darf die Wanddicke des Tankmantels nicht überschreiten.

H.3.6.6 Für Leck-/Leckageanzeigesysteme der Typen A1 und B gilt: Die Dicke der Bleche des oberen Bodens darf die Wanddicke des umlaufenden Eckprofils nicht überschreiten.

H.3.6.7 Für Leck-/Leckageanzeigesysteme vom Typ B gilt: Bei Verwendung von Drahtgeflecht als Abstandhalter muss der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Boden mindestens 1,5 mm betragen.

H.3.6.8 Bei Verwendung von Drahtgeflecht mit einer maximalen Maschenweite von 100 mm ist im Falle von Typ B keine bauliche Analyse der Durchbiegung erforderlich, sofern die durch den Flüssigkeitsdruck bedingte Last bei Blechen mit einer Wanddicke von ≥ 5 mm höchstens 2,5 bar beträgt.

H.3.6.9 Für Leck-/Leckageanzeigesysteme vom Typ A1 gilt: Die Gesamtsumme der Flächenträgheitsmomente des bestehenden Bodenrings und des auf dem unteren Boden ruhenden oberen Bodens muss kleiner als das annehmbare Flächenträgheitsmoment des Bodenrings des unteren Bodens sein.

H.3.6.10 Die Saugrohr-, Mess-, Abzugs- und Prüflleitungen müssen Durchmesser von mindestens 6 mm haben.

H.3.6.11 Die Bohrlöcher für die Anschlussleitungen im oberen Boden müssen einen Durchmesser von mindestens 25 mm haben. Die Rohre werden durch Kehlnahtschweißen mit dem oberen Boden verbunden und so angeordnet, dass jegliche unannehmbare Einsänkungen oder mechanischen Spannungen vermieden werden. Die erforderlichen Dehnungsbögen müssen waagrecht angeordnet werden. Für Anschlussrohre, die von den Stützen aus durch die Tankwand geführt werden und im Freien enden, müssen mindestens DN 25-Stahlrohre PN 10 verwendet werden. Rohre, die durch die Tankwand geführt werden, müssen eine Wanddicke von mindestens 5 mm haben. Im Falle von Stahlrohren müssen die in Abschnitt 6 festgelegten Anforderungen berücksichtigt werden.

H.3.6.12 Die Rohrleitungen des Zwischenraums müssen so angeordnet werden, dass die Stützen im Tankmantel einen vertikalen Abstand zum Tankboden von mindestens 1 m haben.

H.3.6.13 Alle mit dem Zwischenraum verbundenen Rohre müssen mit einem Anstieg zur Tankwand von mindestens 1 % verlegt werden. Bögen müssen mit $R \geq 5 \times d$ ausgelegt werden.

H.3.6.14 Die Abzugsleitung muss in einen Bereich münden, an dem Dämpfe und Flüssigkeiten sicher und unter Vermeidung einer unkontrollierten Ausbreitung abgeführt werden können (z. B. indem sie in den Sammelbereich mündet).

H.3.7 Werkstoffe

H.3.7.1 Die für Leckschutzauskleidungen verwendeten Werkstoffe müssen für die Verbindung mit Strukturen von Tanks mit ebenem Boden durch Schweißen geeignet sein (siehe Abschnitt 6).

H.3.7.2 Die Korrosionsbeständigkeit des Doppelbodens und der Rohrleitungen muss grundsätzlich nachgewiesen werden. Falls für den Tank mit ebenem Boden eine Korrosionsschutzbeschichtung erforderlich ist, muss diese auch auf die Leckschutzauskleidung aufgebracht werden. Werkstoffkombinationen, die bei Kontakt mit Luft, Wasser oder dem Lagergut zu gefährlichen Reaktionen (z. B. zur Bildung von Wasserstoff wie im Falle von verzinkten Bauteilen) führen, dürfen nicht verwendet werden.

H.3.7.3 Die Eigenschaften der verwendeten Stahlwerkstoffe, mit Ausnahme der für die Drahtgeflechte verwendeten Werkstoffe, müssen durch Prüfbescheinigungen nach EN 10204 nachgewiesen werden.

H.3.8 Vorbereitung

H.3.8.1 Vor Einbau des Doppelbodens muss der untere Boden auf mögliche Abweichungen von den festgelegten Maßen inspiziert werden.

H.3.8.2 Auf Vereinbarung muss der untere Boden durch eine unabhängige Prüfstelle untersucht werden, bevor die Leckschutzauskleidung eingebaut werden kann, um festzustellen, ob die Bedingungen für den Einbau eines Leckanzeigesystems erfüllt sind. Die unabhängige Prüfstelle ist vom Hersteller des Leckanzeigesystems rechtzeitig über den Ort und die Zeit des Einbaus in Kenntnis zu setzen.

H.3.8.4 Bereiche örtlichen Abhebens des unteren Bodens dürfen 5 ‰ des Tankdurchmessers oder 100 mm nicht überschreiten, je nachdem, welches der kleinere Wert ist. Falls der Boden erhebliche Abweichungen von den festgelegten Maßen zeigt, sind seine Eignung für die Doppelbodenauslegung zu erörtern und/oder die notwendigen Maßnahmen (z. B. Entfernung von Stahlblechen und Verdichtung des Untergrundes, Aufbringung einer Ausgleichsschicht aus Beton oder Bitumen und Legen eines vollständig neuen Fundaments) mit einem Sachverständigen einer unabhängigen Prüfstelle abzustimmen.

H.3.8.5 Die festgestellten Abweichungen von den festgelegten Maßen sind aufzuzeichnen. Inhalt und Umfang dieser Aufzeichnungen sind zu vereinbaren.

H.3.8.6 Schmutzvermeidung

Schmutz und Wasser im Zwischenraum sind zu verhindern und, sofern zutreffend, zu beseitigen. Fest anhaftende Beschichtungen dürfen im Zwischenraum verbleiben.

H.3.9 Einbau

H.3.9.1 Schweißarbeiten sind unter Einhaltung eines Schweißplan so auszuführen, dass Spannungen im bestehenden Tank auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

H.3.9.2 Anpassungsarbeiten am Doppelboden dürfen nicht zu unannehmbaren Spannungen im Tank führen.

H.3.10 Annehmbare Abweichungen des oberen Bodens von den festgelegten Maßen

H.3.10.1 Nach dem Einbau muss der Doppelboden auf mögliche Abweichungen von den festgelegten Maßen inspiziert werden.

H.3.10.2 Bereiche örtlichen Abhebens des Bodenblechs dürfen bei der Messung ohne Sonneneinstrahlung bei Umgebungstemperatur und unter Anwendung eines Prüfunterdrucks 7 ‰ des Tankdurchmessers oder 100 mm nicht überschreiten, je nachdem, welches der kleinere Wert ist.

H.3.10.3 Die festgestellten Abweichungen von den festgelegten Maßen sind aufzuzeichnen. Inhalt und Umfang dieser Aufzeichnungen sind zu vereinbaren.

H.3.11 Schweißen

H.3.11.1 Beim Schweißen müssen die Anforderungen von Abschnitt 17 und Abschnitt 18 eingehalten werden.

H.3.11.2 Schweißgüte

H.3.11.2.1 Die Schweißgüte muss mindestens der in EN ISO 5817 festgelegten Schweißklasse C entsprechen.

H.3.11.2.2 Kehlnähte zur Verbindung von Teilen der Leckschutzauskleidung mit Tankmänteln aus ferritischem Stahl sind mindestens zweilagig auszuführen. Im Falle von Kehlnähten zur Verbindung von Teilen der Leckschutzauskleidung mit Tankmänteln aus ferritischem Stahl mit einer Mindeststreckgrenze von > 330 MPa darf die letzte Lage keinen Kontakt mit dem Tankmantel haben.

H.3.11.2.3 Einseitige Schweißungen von Bodenblechen aus ferritischem Stahl sind als Stumpfnähte auf Schweißbadsicherungen oder überlappend, in jedem Falle aber zweilagig auszuführen. Einseitige Schweißungen auf Bodenblechen aus nichtrostendem Stahl mit einer Wanddicke ≤ 4 mm können einlagig ausgeführt werden.

H.3.11.2.4 Unabhängig vom verwendeten Werkstoff ist die überlappende Schweißung zu bevorzugen, weil sie weniger anfällig für Formänderung ist.

H.3.11.2.5 Unabhängig vom verwendeten Werkstoff sind Stumpfnähte über den gesamten Querschnitt durchzuschweißen.

H.3.11.2.6 Im Falle von Stumpfschweißnähten in Bodenblechen müssen die Stumpfstöße von Schweißbadsicherungen vollständig geschweißt und die Nahtoberflächen durch Schleifen ausgeglichen werden. Die Positionen der Schweißbadsicherungsstöße müssen auf der Oberseite der Bodenbleche unauslöschlich gekennzeichnet werden.

H.3.11.2.7 Das Kreuzen von Schweißnähten ist zu vermeiden.

H.3.11.3 Wärmebehandlung

Die in den Werkstoffnormen, Datenblättern und Sachverständigenberichten für das Brennschneiden und das Schweißen festgelegten Vorwärm- und Arbeitstemperaturen sind einzuhalten. Dies gilt auch für alle ausgeführten Heftsweiß-, zusätzlichen Schweiß- und Reparaturschweißarbeiten.

H.3.11.4 Schweißnahtinspektion

H.3.11.4.1 Die Schweißgüte ist durch zerstörungsfreie Prüfungen zu überprüfen (VT: Sichtprüfung, PT: Eindringprüfung, MT: Magnetpulverprüfung, LT: Unterdruck-, Helium- oder Wasserstoffleckprüfung):

- Verbindungsring:
 - am Mantel: 100 % VT und 10 % PT/MT der fertiggestellten Schweißnaht je Schweißer,
 - stumpfgeschweißte Nähte: 100 % VT und 100 % PT/MT,
 - am Bodenblech: 100 % VT und 5 % PT/MT der fertiggestellten Schweißnaht je Schweißer;
 - am oberen Boden:
 - Stumpfnähte, Stumpfstöße, Schweißbadsicherung: 100 % VT,
 - überlappende Schweißungen (Kehlnähte): 100 % VT,
 - Rohrverbindungen, Schmutzschale: 100 % VT und 100 % PT/MT;
- Inspektion durch einen Sachverständigen einer unabhängigen Prüfstelle, darf Zeuge der Inspektion durch den Hersteller sein:
 - am Bodenring:
 - am Mantel: 100 % VT,
 - Verbindungsprofil: 100 % VT,
 - am Bodenblech: 10 % VT,
 - am oberen Boden:
 - Stumpfnähte, Stumpfstöße, Schweißbadsicherung: 10 % VT,
 - überlappende Schweißungen (Kehlnähte): 10 % VT,
- Rohrverbindungen, Schmutzschale: 100 % VT,
- Prüfbericht des Herstellers 100 % (siehe 0).

Reparaturschweißungen müssen erneut inspiziert werden. Art und Umfang der Inspektionen sind mit dem Sachverständigen der unabhängigen Prüfstelle zu vereinbaren.

H.3.11.4.2 Der Hersteller muss Art und Umfang der am Doppelboden auszuführenden Prüfungen und Inspektionen festlegen und in einem Prüfplan dokumentieren.

H.3.11.4.3 Das Inspektionsdatum muss so festgelegt werden, dass eventuelle Fehlerquellen oder Nichtkonformitäten rechtzeitig entdeckt und beseitigt werden können.

H.3.11.4.4 Die durchgeführten Prüfungen und Inspektionen müssen in Prüfberichten dokumentiert werden, die mindestens die folgenden Angaben enthalten müssen:

- a) den Namen der für Prüfung, Inspektion und Beurteilung zuständigen Person;
- b) die für die Prüfung, Inspektion und Beurteilung herangezogenen Normen und Richtlinien;
- c) die Inspektionsdaten und -parameter, die die Prüfung bzw. Inspektion durch den Sachverständigen kennzeichnen;
- d) die Prüfergebnisse, einschließlich der Lage der gefundenen Fehler, um sicherzustellen, dass alle Ergebnisse und die am Tankbauwerk vorgenommenen Reparaturen verifizierbar sind;
- e) die Namen der Schweißer, die die Schweißarbeiten an den inspizierten Schweißabschnitten vorgenommen haben.

H.3.12 Inspektion nach Einbau der Leckschutzauskleidung

H.3.12.1 Nach der Fertigstellung des Zwischenraums, der Verlegung der Verbindungsleitungen und dem Einbau von Absperrventilen müssen die abgeschlossenen Arbeiten auf ihre Konformität mit den technischen Spezifikationen beurteilt werden.

H.3.12.2 Im Rahmen der Endabnahme wird der Zwischenraum mit Hilfe einer Zusatzpumpe auf einen Prüfunterdruck von mindestens 600 mbar (relativ) evakuiert. Der Zwischenraum gilt als dicht, wenn der Unterdruck über einen Zeitraum von 24 h um nicht mehr als 10 mbar absinkt (d. h. wenn der Druck im Zwischenraum um höchstens 10 mbar steigt). Während des Prüfzeitraums auftretende Temperaturänderungen haben Einfluss auf das Messergebnis, und es kann unter Umständen erforderlich sein, sie zu berücksichtigen. Um einen unterbrechungsfreien Betrieb über einen Zeitraum von einem Jahr umzusetzen, müssen Leckdetektoren ohne integrierte Pumpe (Kontaktmanometer) strengere Anforderungen an die Dichtheit erfüllen:

- $(\text{Betriebsunterdruck} - \text{Alarmunterdruck})/365 = \text{höchster je Tag annehmbarer Unterdruckverlust (Druckanstieg)}$.
- Die Fehlergrenze der verwendeten Messgeräte muss mindestens Klasse 0,6 entsprechen, ihr Messbereich muss auf die betreffende Messaufgabe abgestimmt sein und sie müssen eine Skala von ausreichender Genauigkeit haben.

H.3.12.3 Auf Vereinbarung muss die Prüfung von einer unabhängigen Prüfstelle begleitet werden, die die Ergebnisse der Dichtheitsprüfung und die Qualität des Einbaus der Leckschutzauskleidung bestätigt.

H.3.13 Kennzeichnung

H.3.13.1 Der Tank muss ein für den Doppelboden geltendes CE-Zeichen nach EN 13160-7 tragen.

H.3.13.2 Um den Zwischenraum und die Anschlussstutzen am Tank und/oder der Schale zu kennzeichnen, müssen an einer sichtbaren Stelle in der Nähe der Saugrohr- und Messstutzen entsprechende Schilder dauerhaft angebracht werden.

H.3.13.3 Diese Schilder müssen mindestens die folgenden Angaben tragen:

Leckanzeigesystem des Tankbodens

Hersteller:

Herstellungsjahr:

Typ:

H.3.13.4 Über jedem Stutzen des Leckanzeigesystems sind Schilder anzubringen, die die folgenden Angaben tragen müssen:

„Saugrohrleitung“, „Messleitung“ oder „Prüfstutzen“.

H.3.13.5 Falls die Höchst- und/oder Tiefstwerte der Betriebstemperaturen der Leckschutzauskleidung von denen des Tanks abweichen, müssen die Höchst- bzw. Tiefstwerte der Lagerguttemperatur des Tanks auf die Höchst- bzw. Tiefstwerte der Betriebstemperatur der Leckschutzauskleidung begrenzt werden. Das Tankschild muss entsprechend aktualisiert werden.

H.3.14 Leckanzeigesystem

H.3.14.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt enthält weitere Anforderungen an Überflurtanks mit ebenem Boden aus Metall mit Leckanzeigesystemen der Klasse I nach EN 13160-2 zur Überwachung der Tankböden.

H.3.14.2 Auslegung

Zusätzlich zu den allgemeinen Auslegungskriterien müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

H.3.14.2.1 Die Leckschutzauskleidung muss mit Stutzen ausgerüstet sein, um Folgendes zu ermöglichen:

- den Anschluss des Leckdetektors (Saugrohr- und Messleitungen);
- die Funktionsprüfung des Leckanzeigergeräts;
- alle Fluide abzusaugen, die in den Zwischenraum gelangt sind (Zwischenraumverbindungen).

H.3.14.2.2 Im Falle von abgeflachten Tankböden muss der Stutzen für die Saugrohrleitung immer in der Bodenmitte angeordnet werden. Anderenfalls muss er am tiefsten Punkt des Tankbodens angeordnet werden (z. B. im Sumpfbecken oder im Falle von Tanks mit nach einer Seite hin abgechrägtem Boden). Am Außenrand des Zwischenraums und in annähernd gleichen Abständen über den äußeren Umfang verteilt müssen mindestens zwei weitere Stutzen vorgesehen werden. Einer der Stutzen im Zwischenraum wird zum Anschluss der Saugrohrleitung, der andere zum Anschluss der Messleitung verwendet. Alle anderen Stutzen im Zwischenraum sind Anschlüsse für Prüfzwecke. Schmutzschalen werden mit einem zusätzlichen Zwischenraumstutzen zum Anschluss einer Prüflleitung angebracht. Bei Tanks mit einem Durchmesser ≤ 5 m sind zwei Stutzen ausreichend – einer für den Anschluss der Messleitung und der andere für den Anschluss der Saugrohrleitung.

H.3.14.2.3 Im Falle von waagerechten Tankböden ohne Schmutzschale und im Falle von Tankböden mit Spitze befindet sich der Stutzen für den Anschluss der Messleitung in der Tankmitte. Die Saugrohrleitung beginnt immer nahe dem tiefsten Punkt des Zwischenraums, während die Messleitung am höchsten Punkt des Zwischenraums angeschlossen wird. Der Stutzen für die Messleitung muss in einem Abstand von mindestens $1/3$ des Tankdurchmessers zu dem für den Anschluss der Saugrohrleitung verwendeten Stutzen angeordnet werden. Die Höhe des Stutzens für die Messleitung muss immer mindestens 100 mm höher als die Höhe des für den Anschluss der Saugrohrleitung verwendeten Stutzens sein. Anderenfalls ist eine Messkammer mit einem Durchmesser von mindestens 100 mm und der zum Erreichen des notwendigen Höhenunterschieds erforderlichen Höhe vorzusehen.

H.3.14.2.4 Alle Verbindungsleitungen müssen mit Unterdruckabsperrentilen PN 10 (Größe: mindestens 1/4") ausgerüstet sein. Die Verbindungsleitungen sind wie für den Anschluss des dem Flansch/Gewindestutzen nachgeschalteten Absperrentils erforderlich zu reduzieren. In den Saugrohr- und Messleitungen müssen die Ventile so installiert werden, dass sie in einer geöffneten Stellung verplombt werden können. Im Betrieb sind die Ventile in den Prüflösungen geschlossen und werden außerdem verplombt und zusätzlich mit Blindstopfen verschlossen.

H.3.14.2.5 Falls brennbare Flüssigkeiten gelagert werden, müssen die im Zwischenraum befindlichen Stutzen für den Anschluss der Saugrohr- und der Messleitungen zusätzlich mit einer Detonationssicherung ausgerüstet sein, die für die Explosionsklasse des im Tank befindlichen Lagerguts und der sich im Zwischenraum bildenden Gase geeignet ist.

H.3.14.2.6 Der Abstand zwischen den Wänden des Zwischenraums muss einen angemessenen Durchfluss von Luft, Lagergut und Wasser ermöglichen. Der Durchfluss gilt als ausreichend, wenn der Strömungswiderstand zwischen dem Ansaugpunkt und einem Leck bei einem Luftvolumenstrom von 100 l/h den durch 2 geteilten Alarmauslösedruck nicht überschreitet.

H.3.14.3 Anforderungen an den Leckdetektor

H.3.14.3.1 Ein Vakuumleckdetektor, der dem Druck des Lagerguts standhalten kann, wird in Übereinstimmung mit den Einbau- und Betriebsanweisungen des Leckdetektorherstellers an die für den Leckdetektor vorgesehenen Verbindungsleitungen angeschlossen. Es dürfen nur zugelassene Leckdetektoren verwendet werden, die einen Alarmauslösedruck größer als 250 mbar im Zwischenraum erzeugen und für den Anschluss an Doppelwandböden von Tanks mit ebenem Boden geeignet sind.

H.3.14.3.2 Ein Leckdetektor ist grundsätzlich an folgenden Stellen zu installieren:

- falls der betreffende Tank in einem Sammelbecken steht:
 - an der Außenwand des Tanks oder über dem höchsten Füllstand des Sammelbeckens, oder
 - an der Außenwand des Sammelbeckens; und/oder
- falls der Tank in einer Schale steht, an der Außenwand der Schale.

H.3.14.3.3 Leckdetektoren und Leckanzeigergeräte müssen das CE-Zeichen tragen, um ihre Konformität mit den anwendbaren EU-Richtlinien nachzuweisen. Sofern anwendbar, muss die Eignung für den Einbau in explosionsgefährdeten Bereichen berücksichtigt werden.

H.3.14.4 Kennzeichnung

Bei Leckdetektoren ohne eigene Vakuumpumpe muss die folgende Angabe hinzugefügt werden:

„Betriebsdruck des Zwischenraums: ...,

Alarmschwelle: ...“

H.3.15 Leckageanzeigesystem

H.3.15.1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt enthält weitere Anforderungen an Überflurtanks mit ebenem Boden aus Metall mit Leckageanzeigesystemen zur Überwachung der Tankböden.

H.3.15.2 Auslegung

Zusätzlich zu den allgemeinen Auslegungskriterien müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

H.3.15.2.1 Jeder Zwischenraum muss über Anschlüsse für diskontinuierliche Leckprüfungen und zur Bestimmung der Durchlässigkeit verfügen. Der Stutzen für die Saugrohrleitung muss immer am tiefsten Punkt (z. B. im Sumpfbecken oder in Tanks mit nach einer Seite geneigten Böden) angeordnet sein. Am Außenrand des Zwischenraums und in annähernd gleichen Abständen über den äußeren Umfang verteilt müssen mindestens zwei weitere Stutzen vorgesehen werden.

H.3.15.2.2 Die Anschlüsse dürfen auch als Kanäle zum Einführen von Sensoren genutzt werden.

H.3.15.2.3 Die Betriebstemperatur des Tanks muss auf die höchste Betriebstemperatur des Leckanzeigesystems abgestimmt und auf dem Typenschild angegeben werden.

H.3.15.2.4 Der Zwischenraum muss so ausgelegt sein, dass Lecksensoren installiert werden können. Der Abstand zwischen den Wänden des Zwischenraums muss einen angemessenen Durchgang von Luft und Lagergut ermöglichen. Der Durchgang gilt als ausreichend, wenn der Strömungswiderstand zwischen dem Ansaugpunkt und einer Prüföffnung bei einem Luftvolumenstrom von 85 l/h höchstens 150 mbar beträgt.

H.3.15.2.5 Falls sich die Lecksensoren nicht zurücksetzen lassen, muss der Zwischenraum so ausgelegt sein, dass ein Austausch der Lecksensoren möglich ist.

H.3.15.2.6 Falls für Fluide, die bei Kontakt mit Wasser giftig sind, Punktsensoren zu verwenden sind, muss der Zwischenraum ein angemessenes Gefälle zu einem oder mehreren tiefer gelegenen Punkten hin haben und ist an jedem dieser Punkte ein Punktsensor anzuordnen.

H.3.15.2.7 Durch die Anordnung der Anschlüsse im Zwischenraum ist sicherzustellen, dass der Abstand zwischen den Schweißnähten der Anschlussstutzen des Sensorensystems und den Schweißnähten des Tankmantels/Tankbodens größer als 50 mm ist.

H.3.15.2.8 Beim Einbau von Wegsensoren müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Am tiefsten Punkt des unteren Bodens muss ein Punkt- oder Wegsensor angeordnet werden.
- In Tanks mit Durchmessern D größer als 30 m müssen zwei Wegsensoren ringförmig angeordnet werden, der eine mit einem Abstand zur Tankwand von 50 mm bis 250 mm und der andere bei $\frac{1}{2} D$. Um der Regel, dass der Abstand zwischen 2 Wegsensoren höchstens 15 m betragen darf, zu entsprechen, kann die Installation weiterer Wegsensoren erforderlich sein.
- In Tanks mit einem Durchmesser D kleiner als 30 m muss der Wegsensor so durch den Tankmittelpunkt verlegt werden, dass durch den Tankmittelpunkt und den tiefen Punkt eine imaginäre Linie in einem Winkel von 90° zum Wegsensor verläuft.

H.3.15.2.9 Falls Leckanzeigesysteme ausschließlich mit Punktsensoren für Fluide ausgerüstet werden, müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Die ausschließliche Verwendung von Punktsensoren ist nur in Tanks mit einem Gefälle größer als 1 % zulässig.
- Am tiefsten Punkt des unteren Bodens muss ein Punktsensor installiert werden.
- Der Abstand zwischen zwei Punktsensoren darf nicht größer als 15 m sein.
- Im Falle von Tanks mit einem Durchmesser D größer als 15 m müssen Punktsensoren in Abständen von höchstens 15 m über den Tankumfang verteilt installiert werden.

H.3.15.2.10 Bei der Installation von Punktsensoren für Gase müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Punktsensoren für Gase sind auch bei Tanks mit abgeflachten Böden annehmbar.
- Der Punktsensor muss für die vorherrschenden Gase des Lagergutes geeignet sein.
- Es müssen Belege für die Anzahl und, sofern angemessen, die Position der Sensoren und ihre Nachweisgrenzen vorgelegt werden.

H.3.15.2.11 Alle Verbindungsleitungen ohne Kabelkanäle müssen mit Unterdruckabsperrentilen PN 10 (Größe: mindestens 1/4") ausgerüstet sein, um deren flüssigkeitsdichtes Schließen von außerhalb des Tanks zu ermöglichen. Die Verbindungsleitungen sind wie für den Anschluss an das dem Flansch/Gewindestutzen nachgeschaltete Absperrentil erforderlich zu reduzieren.

H.3.15.2.12 Kabelkanäle müssen flüssigkeitsdicht sein und für die Unterdruckprüfung ein unterdruckdichtes Absperren ermöglichen.

H.3.15.3 Prüfung nach Einbau des Sensorsystems

H.3.15.3.1 Nach Einbau des Sensorsystems wird das Resultat unter Berücksichtigung der Bedingungen der von der notifizierten Stelle ausgestellten Eignungsbescheinigung auf Konformität mit den technischen Spezifikationen und Übereinstimmung mit den Auslegungs- und Detailzeichnungen beurteilt.

H.3.15.3.2 Die Dichtheit des Zwischenraums wird vor der Inbetriebnahme des Tanks und danach in jährlichem Abstand vom Eigentümer des Tanks bei einem Prüfdruck von -600 mbar geprüft. Bei diesen Prüfungen darf die Leckrate höchstens $0,2$ mbar l/s betragen. Entsprechend dauert die Prüfung bei einem Zwischenraum mit einem Volumen von 4 m³ und einem messbaren Druckabfall von 5 mbar 24 h und bei einem Zwischenraum mit einem Volumen von 8 m³ 48 h. Nach Abschluss der Leckprüfung muss die Angemessenheit der Permeation durch Öffnen der Prüfstutzen verifiziert werden.

H.3.15.3.3 Wegsensoren sind vom Eigentümer des Tanks durch Simulation eines Fühlerbruchs zu prüfen.

H.3.15.3.4 Punktsensoren sind vom Eigentümer des Tanks nach von ihrem Wirkprinzip abhängigen Verfahren unter Einhaltung der Anforderungen zu prüfen, die in der von der notifizierten Stelle ausgestellten Eignungsbescheinigung festgelegt sind. Bei Sensoren mit mechanischen Elementen gilt als Mindestanforderung, dass sie zu entfernen und in ein Fluid einzutauchen sind.

H.3.15.4 Anforderungen an den Einbau von Leckanzeigesystemen

Bei Wegsensoren muss ein Auffangbehälter unmittelbar neben dem Tank vorgesehen werden, in dem Segmente der Wegsensoren, die denselben Losen entnommen wurden, denen auch die im Tank verwendeten Sensoren entstammen, unter ähnlichen Bedingungen gelagert werden, wie sie im Zwischenraum gegeben sind.

H.3.15.5 Wiederkehrende Prüfungen

H.3.15.5.1 Für die Prüfung von Wegsensoren sind Teile der im Auffangbehälter gelagerten Wegsensorenproben an den Wegsensor anzuschließen und mit Fluid zu bespritzen. Außerdem ist ein Kabelbruch zu simulieren und ist der Wegsensor einer Sichtprüfung und einer Inspektion seiner wichtigsten elektrischen Kennwerte zu unterziehen.

H.3.15.5.2 Punktsensoren sind für die Prüfung in ein Fluid einzutauchen. Außerdem ist ein Kabelbruch zu simulieren und ist der Sensor einer Sichtprüfung zu unterziehen.

H.3.15.6 Bezeichnung

Alle Anschlusspunkte des Leckanzeigesystems (z. B. Stellen zur Einführung von Sensoren, Verbindungen zum Zwischenraum) müssen mit ihren Funktionen bezeichnet werden.

H.3.16 Weitere Leck-/Leckageanzeigesysteme

H.3.16.1 Abweichend von den oben genannten Leckanzeigesystemen können auch nach anderen Verfahren arbeitende Leck-/Leckageanzeigesysteme verwendet werden, wie z. B. die folgenden:

- Überdrucküberwachung, z. B. mit Stickstoff;
- Stickstoffspülung;
- Schallspülung;

- Schallemission;
- elektronische Leckerfassung.

H.3.16.2 Die Anwendbarkeit der alternativen Verfahren muss nachgewiesen werden, EN 13160 ist zu befolgen.

H.3.17 Berechnungsanforderungen

H.3.17.1 Doppelböden sind für alle maßgeblichen Lastfälle auszulegen.

H.3.17.2 Doppelbodensysteme reagieren sehr empfindlich auf thermische Lasten. Für die Berechnung von Doppelböden mit hohen oder tiefen Temperaturen (Temperatur des Lagerguts oder des Untergrundes) muss eine thermische Analyse durchgeführt werden, und die entsprechenden Spannungen müssen innerhalb des zulässigen Bereiches liegen.

H.3.17.3 Bei üblichen Konstruktionen von Doppelböden, die nach den Anforderungen dieses Anhangs ausgelegt wurden und bei denen die Differenz zwischen der Umgebungstemperatur beim Einbau und den Höchst-/Tiefsttemperaturen des Lagergutes und/oder des Untergrundes kleiner als 30 K ist, kann von einer ausreichenden Festigkeitsauslegung ausgegangen werden.

H.3.17.4 Bei Doppelbodentanks muss jede Erwärmung und/oder Abkühlung mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorgenommen werden, um die Temperaturdifferenz zwischen unterem und oberem Boden auf ein Mindestmaß zu verringern.

H.3.17.5 FE-Berechnungen für den Doppelboden müssen Einzelheiten der Schweißung des Verbindungsprofils explizit darstellen (volumetrisches Modell).

H.4 Hochbehälter oder balkenaufgelagerte Tanks

H.3.1 Kleine werksinterne Tanks mit Durchmessern bis etwa 4 m können auf einer Balkenkonstruktion montiert werden, die üblicherweise auf einem Betonsockel errichtet wird, um die visuelle Erkennung von Lecks zu ermöglichen.

H.3.2 Tankböden, die nicht vollflächig auf einer durchgehenden Gründung aufgelagert sind, müssen H.1 entsprechen.

Anhang I (informativ)

Empfehlungen für Tankgründungen

I.1 Allgemeines

Es wird auf 16.2.1 verwiesen.

Die nachstehenden Empfehlungen sollen dazu dienen, eine solide Basis für die Auslegung und den Bau von Gründungen unter Lagertanks festzulegen, um sicherzustellen, dass diese den auf sie einwirkenden Lasten standhalten und die Stabilität des Tanks nicht gefährdet wird. Die Empfehlungen sind als Richtlinie für eine angemessene Ausführung anzusehen und enthalten einige Vorsichtsmaßnahmen, die bei Auslegung und Bau von Tankgründungen beachtet werden sollten.

Wegen der Vielfalt von möglichen Bodenoberflächen und Untergründen, klimatischen Bedingungen und Auslegungen von Lagertanks ist eine Festlegung von Auslegungsdaten, die alle Situationen abdecken, in diesem Anhang unmöglich. Über die für den Boden zulässigen Lasten (seiner Tragfähigkeit), die erwarteten Setzungen und das jeweilige Gründungssystem sind Einzelfallentscheidungen erforderlich.

Die Auslegung von Gründungen für Lagertanks stellt aus folgenden Gründen einen Sonderfall dar:

- a) Tankgründungen sind Nutzlasten ausgesetzt, die zum überwiegenden Teil der gesamten Schwerkraftbelastung entsprechen;
- b) der Inhalt eines Lagertanks stellt eine hohe Konzentration potentiell schädlicher Stoffe dar.

I.2 Bodenuntersuchung

I.2.1 Allgemeines

Wenn möglich, sollten Lagertanks an Standorten errichtet werden, an denen der Untergrund homogen ist und gute Eigenschaften hinsichtlich Tragfähigkeit und Setzung aufweist. Vor der Auslegung und dem Bau der Gründung sollten in einer gründlichen geotechnischen Untersuchung Formation und physikalische Eigenschaften des Untergrundes ermittelt werden. Außerdem muss der dabei erstellte Prüfbericht die für den Boden zulässigen Auflagerdrücke, die erwarteten kurzfristigen und langfristigen Setzungen und Empfehlungen für die kontrollierte Flüssigkeitsdruckprüfung enthalten. Darüber hinaus sollten der spezifische Widerstand und die spezifische Leitfähigkeit sowie die thermischen Eigenschaften des Bodens ermittelt werden.

Weitere nützliche Information können einer Betrachtung des Untergrundes und den Aufzeichnungen über vergleichbare Bauten in der Nähe entnommen werden.

I.2.2 Grundwasserspiegel

Für den vorgesehenen Lagerstandort sollten detaillierte Informationen, einschließlich jahreszeitlicher Schwankungen des Grundwasserspiegels, schwebender Grundwasserspiegel und möglicherweise vorhandener unterirdischer Wasserläufe sowie Angaben über die Durchlässigkeit der Erdschichten und die Möglichkeit von Frostaufbrüchen eingeholt werden. Dabei ist es auch notwendig, die Möglichkeit zu berücksichtigen, dass sich die genannten Eigenschaften durch die Bauarbeiten verändern. Dies sollte in den Bodenuntersuchungsbericht einbezogen werden.

I.2.3 Seismische Untersuchungen

Der Umfang der Untersuchung hängt von der Bewertung der seismischen Aktivität am Standort und den Wiederholungsintervallen sowie den Risikoannahmen der Auslegung ab.

Weitere Angaben sind den Anhängen G und V zu entnehmen.

I.2.4 Zu vermeidende Standorte

Im Folgenden sind einige der möglichen Standortbedingungen beschrieben, die hinsichtlich der Auslegung einer Gründung besondere Aufmerksamkeit erfordern und die vermieden werden sollten, wenn die Wahl alternativer Standorte unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte möglich ist:

- a) Standorte, an denen der Tank teils auf Felsen oder anderem stabilen Untergrund und teils auf aufgeschüttetem Boden errichtet werden kann, die Höhe der Anschüttung variiert oder der Untergrund unter dem Tank teilweise verfestigt wurde;
- b) Standorte mit sumpfigem Untergrund oder mit unter der Oberfläche liegenden stark komprimierbaren Bodenschichten;
- c) Standorte, an denen die Stabilität des Untergrundes fraglich ist, z. B. in der Nähe großer Wasserläufe, Bergwerke, Ausschachtungen oder steil abfallender Hügel, in Karstgebieten oder Gebieten mit gipshaltigem Boden mit möglichen Einschlüssen, an denen es zu Bodenabsenkungen kommen könnte;
- d) Standorte, an denen Überflutungen auftreten können, die ein Abheben oder Versetzen des Tanks oder Auswaschungen zur Folge haben können, oder an denen eine mögliche Absenkung des Grundwasserspiegels zusätzliche Setzungsunterschiede auslösen könnte;
- e) Standorte im Bereich aktiver Verwerfungen oder auf Böden, die zur Verflüssigung in erdbebengefährdeten Gebieten neigen.

I.3 Gründungsauslegung

I.3.1 Allgemeines

Die Gründung sollte so ausgelegt sein, dass alle Lasten auf geeignete tragfähige Bodenschichten übertragen und die zu erwartenden Setzungsunterschiede und die Gesamtsetzung ohne Schaden aufgenommen werden.

I.3.2 Lastbedingungen

Bei der Auslegung der Gründung sollten die unterschiedlichen Lebensphasen des Bauwerks, d. h. Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung, in Betracht gezogen werden. Es ist auch notwendig, außergewöhnliche Ereignisse zu berücksichtigen. Die normalen Betriebslasten und außergewöhnlichen Lasten, die berücksichtigt werden sollten, sind in Abschnitt 7 angegeben.

I.3.3 Für den Boden zulässige Auflagerdrücke

Die Tragfähigkeit des Bodens sollte anhand der geotechnischen Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Genauigkeit der Vorhersagen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit und der Setzung ermittelt werden.

I.3.4 Setzungsschätzungen oder -vorhersagen

Im Bodenuntersuchungsbericht werden die erwartete größtmögliche Gesamtsetzung sowie Setzungsunterschiede über die Lebensdauer der Tankgründung angegeben.

Diese können Kombinationen der Folgenden sein:

- a) Schiefstellung des Tanks;
- b) Setzung des Tankbodens entlang einer radialen Linie vom Rand zum Mittelpunkt des Tanks;
- c) Setzung des Bodenrandes;
- d) Kantensetzung.

Faktoren, die die Grenzwerte der zulässigen Setzung beeinflussen sind unter anderen:

- 1) Maße und Schlankheitsverhältnis des Tanks und Steifigkeit seiner Gründung;
- 2) Steifigkeit des Tanks und seiner Bauteile;
- 3) Zuverlässigkeit der Untersuchung;
- 4) Möglichkeit der Beeinflussung durch benachbarte Tanks oder Bauwerke und Erdumwallungen.

Tankgründungen sollten unter Berücksichtigung von angemessenen Sicherheitszugaben ausgelegt werden. Für den Fall, dass eine erhebliche Setzung vorhergesagt wird, wird empfohlen, die tatsächliche Setzung über die gesamte Lebensdauer des Tanks einschließlich Errichtung, Flüssigkeitsdruckprüfung, Inbetriebnahme und Betrieb zu überwachen. Die Überwachungsintervalle sollten auf die vorhergesagte zeit- und lastabhängige Geschwindigkeit der Setzungsveränderung abgestimmt werden.

Alternativ ist es auch möglich, eine höhere Tankgründung zu erwägen, z. B. mit einer Konfiguration in Form eines aufwärts zeigenden Kegels, die es ermöglicht, dass die Mittensetzung (üblicherweise 30 % stärker als am Rand) über einen längeren Zeitraum erfolgt, ohne den Tank außer Betrieb setzen zu müssen und eine Endkonfiguration in Form eines abwärts zeigenden Kegels akzeptierend.

1.3.5 Bodenverbesserung und Pfahlgründung

Für den Fall, dass der Untergrund der Gründung schwach ist und der Belastung durch den gefüllten Tank nicht standhalten kann, dürfen die nachstehenden Verfahren zur Bodenverbesserung in Betracht gezogen werden.

- a) Aushub des ungeeigneten Erdreichs und Verfüllung mit geeignetem, verdichtetem, frostunempfindlichen Kiesmaterial;
- b) Verfestigung von weichem oder losem Erdreich mit Rüttelgerät oder durch dynamische Verdichtung;
- c) Vorbelastung mit temporärer Überlast;
- d) oder ein langer Flüssigkeitsdruckprüfungs(Vorlast-)zeitraum und Aufbocken des Tanks nach der Vorbelastung, um den endgültigen Tank bzw. die endgültige Tankgründung wiederherzustellen oder zu errichten;
- e) verbesserte Entwässerung des Untergrundes mit oder ohne Vorbelastung (potentielle Verschmutzungsquelle im Falle späterer Tanklecks und daher nicht empfohlen);
- f) Stabilisierung durch Mörtelinspritzverfahren;
- g) Pfahlgründung.

I.3.6 Widerstand gegen Abheben

Durch Verankerungen ist das Abheben und Kippen des Tankmantels aufgrund des Dampfdrucks im Innern des Tanks (und aufgrund von Windlast oder Erdbeben, falls zutreffend) zu verhindern. Verankerungen sind in Abschnitt 12 festgelegt.

I.3.7 Sperrmembran, Leckerkennung

Bild I.1 zeigt eine Tankgründung, die mit einer flüssigkeitsdichten Sperrmembran (Folie) ausgerüstet ist (für ein Beispiel siehe auch EN xxxxx). Die Sperrmembran sollte unter und um das Tankauflagermaterial angeordnet werden. Bei der Auswahl der Membran sollten die Temperaturen und Spannungen berücksichtigt werden, die im Betrieb und unter außergewöhnlichen Bedingungen auftreten können.

Es sollten nur Materialien verwendet werden, deren Undurchlässigkeit für diese Bedingungen nachgewiesen ist. Wird als Sperrmembran eine Beschichtung auf die Betonplatte aufgetragen, so sollte ihr Wärmeausdehnungs-/kontraktionsbeiwert über den maßgeblichen Temperaturbereich mit dem des Betons kompatibel sein.

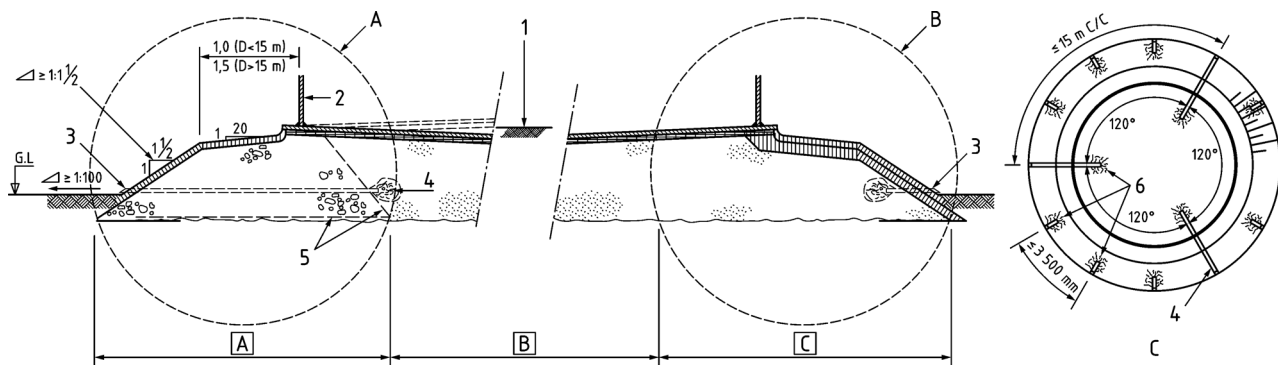
I.4 Ausführungsarten von Gründungen

I.4.1 Allgemeines

Eine der vier folgenden Ausführungsarten von Gründungen sollte für Lagertanks verwendet werden:

- Standard-Plattenfundament (siehe Bild I.1 und I.1 a) und 2);
- Betonplattenfundament (siehe Bild I.3);
- Stahlbetonfundament mit Pfahlgründung (siehe Bild I.3);
- Betonringanker (siehe Bild I.4).

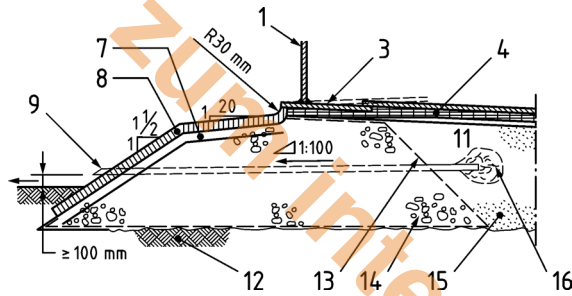
I.4.2 Reguläre Tank-Plattenfundamente



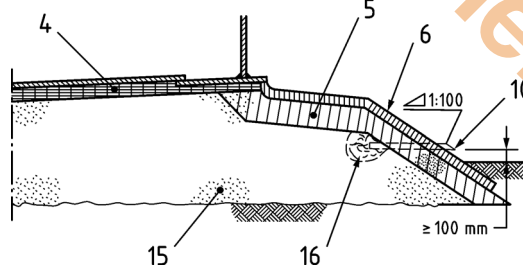
Legende

- 1 Oberseite der Tank-Fundamentplatte 600 + GL (nach der Flüssigkeitsdruckprüfung)
 - 2 Tankwand
 - 3 Kontrollrohr
 - 4 siehe Anmerkung 4
 - 5 Geotextil
- A Tank-Fundamentplattenflanke
B Tank-Fundamentplattenkorpus
C Tank-Fundamentplattenflanke

a) Typische Tank-Plattenfundamente ohne und mit Leckanzeigesystem



b) Einzelheit 1 der Tank-Fundamentplattenflanke



c) Einzelheit 2 der Tank-Fundamentplattenflanke

Legende

1 Tankwand	9 typisches Kontrollrohr $L = 2,5 \text{ m}$
2 ???	10 Kontrollrohr $L = 500 \text{ mm}$
3 Bodenrandblech	11 siehe Anmerkung 4
4 Sand-Bitumen-Gemisch oder Öl-Sand-Gemisch, Dicke 50 mm bis 75 mm	12 Untergrund
5 150 mm Grobsand	13 geotextile Sperrmembran, gewebte/ausgefaserter Ausführungsart
6 Nasssand- oder gleichwertiges Gemisch, Dicke mindestens 50 mm	14 verdichtetes gebrochenes Gestein 20/40
7 verdichtetes gebrochenes Gestein 2/6	15 verdichteter Sand
8 Nasssand- oder gleichwertiges Gemisch, Dicke mindestens 50 mm	16 Kiesfilter mit Geotextil

ANMERKUNG 1 Zur Auslegung von Tankgründungen, siehe DEP 34, 18.5.10 Abschnitt 6.

ANMERKUNG 2 Zur konzeptionellen Tankgründung mit Tankleckererkennung und Leckmanagementsystem siehe S 12.003.

ANMERKUNG 3 Zu den Maßen von aufwärts/abwärts gerichteten Kegeln wird auf DEP 34.51.01.34-Gen und S 51.067 verwiesen.

ANMERKUNG 4 Falls für die Tank-Fundamentplattenflanke wenig durchlässige Gesteinsverfüllung verwendet wird, sind spezielle Maßnahmen erforderlich, damit Kontroll-Entwässerungseinrichtungen außerhalb des Korpus der Tank-Fundamentplatte vorschriftsmäßig funktionieren können.

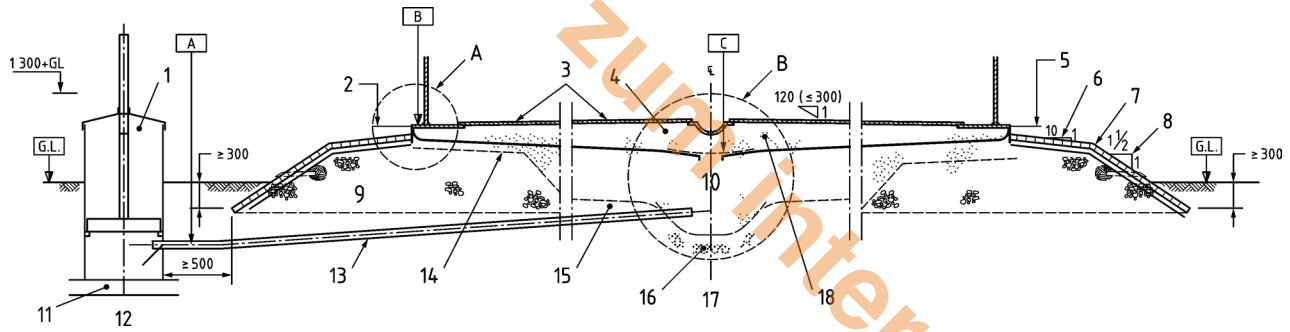
ANMERKUNG 5 Zur Zusammensetzung des Nasssandgemischs und des Trockensand-Bitumen-Gemischs wird auf DEP 34.18.51.10-Gen. Appendix 3 und Appendix 4 verwiesen.

ANMERKUNG 6 Unterseite von Kontroll-Entwässerungseinrichtungen mindestens 100 mm über der Höhe des Bodens.

ANMERKUNG 7 Gilt nur für Tanks für Lagergüter der niedrigsten Gefahrenstufe, wie z. B.:

- Wassertanks;
- Heißlagertanks, bei denen sich das Lagergut außerhalb verfestigt, wie z.B. Bitumentanks, Wachstanks, Schwefeltanks.

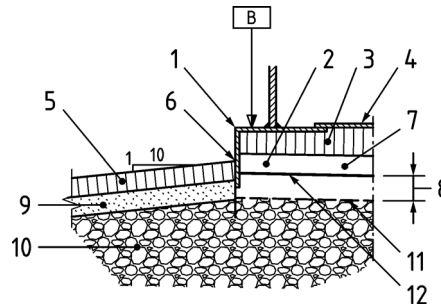
Bild I.1 — Reguläre Tank-Plattenfundamente



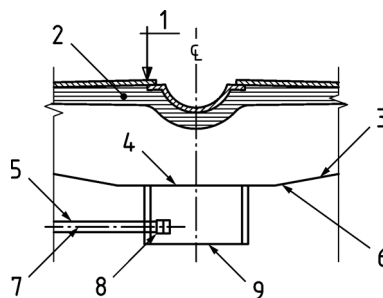
a)

Legende

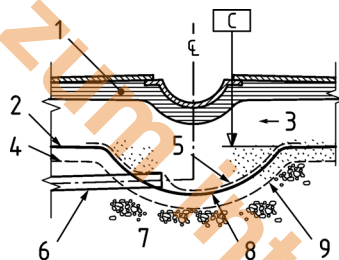
- | | |
|---|---|
| 1 Prüfrohr, siehe Anmerkung 5 | 10 zum Dränsumpf siehe Einzelheit 3 |
| 2 mindestens 900 + GL | 11 Leckerkennung/Inspektionssumpf |
| 3 Tankbodenblech | Durchmesser 500 mm Hel. 1 000 mm |
| 4 50 mm bis 75 mm Sand-Bitumen-Gemisch | 12 Inspektionssumpf |
| 5 mindestens 900 + GL (nach der Flüssigkeitsdruckprüfung) | 13 PE-HD-Abflaurohr (125 mm) |
| 6 Neigung mindestens 1 : 10 | 14 Geotextilmembran gewebt/ausgefaserst vom Typ Nicolon Nr. 66339 oder gleichwertig |
| 7 Nasssand- oder gleichwertiges Gemisch, Dicke mindestens 50 mm | 15 siehe Anmerkung 3 |
| 8 Neigungsverhältnis 1 : 1,5 | 16 für die Tankgründung verwendeter Baustoff |
| 9 verdichtetes gebrochenes Gestein | 17 Dränsumpf |
| | 18 sauberer verdichteter Sand |



b) Einzelheit 2



c) Einzelheit 3



d) Einzelheit 3 (alternativ)

Legende

1 Tropfblech aus nicht-rostendem Stahl	7 50 mm Sand	1 veränderlich	7 Mittelablaufrohr GL - 50	1 50 mm bis 75 mm Sand-Bitumen-Gemisch	7 für die Tankgründung verwendeter Baustoff
2 sauberer verdichteter Sand	8 Mindestens 50 mm Sand	2 50 mm bis 75 mm Sand-Bitumen-Gemisch	8 Nicolon-Textil	2 HDPE 2 mm, siehe Anmerkung 4	8 HDPE-Entwässerungsumpf, am Standort gefertigt
3 50 mm bis 70 mm Sand-Bitumen-Gemisch	9 verdichtetes gebrochenes Gestein 2/6	3 HDPE 2 mm, siehe Anmerkung 4	9 Standard-Entwässerungsumpf	3 verdichteter Sand	9 siehe Anmerkung 3
4 Kegel aufwärtsgerichtet oder Kegel abwärtsgerichtet	10 verdichtetes gebrochenes Gestein 20/40	4 Rost		4 Geotextil (sofern zutreffend)	
5 Mikroasphalt	11 Geotextil	5 HDPE-Entwässerungsrohr 50 mm		5 Geotextil	
6 flexibler Dichtstoff	12 HDPE 2 mm	6 GL + 230		6 HDPE-Entwässerungsrohr	

ANMERKUNG 1 Zur Auslegung von Tankgründungen und zu allgemeinen Anmerkungen siehe DRWG S 12.001 Blatt 1 von 2.
 ANMERKUNG 2 Zu den Höhen von PE-HD-Auskleidungen, -Sümpfen und -Rohren siehe Tabelle I.1.
 ANMERKUNG 3 Mindestens 50 mm sauberer verdichteter Sand zwischen dem für die Tankgründung verwendeten Baustoff und PE-HD-Auskleidungen/Entwässerungsumpf. Falls der Korpus der Tankfundamentplatte aus groben gebrochenem Gestein besteht, ist eine Lage Geotextil zwischen dem gebrochenen Gestein und der Schicht aus verdichtetem Sand erforderlich.
 Der Einbau der PE-HD-Folien muss mit einer Überlappung von 6 Zoll (150 mm) in Richtung des Gefälles erfolgen.
 ANMERKUNG 5 Prüfrohr für die jährlich einmal erfolgende Überprüfung der Funktion des Entwässerungsumpfes und des Entwässerungsrohrs mit Wasser (Farbstoffspur).

Bild I.2 — Standard-Plattenfundament für Tanks (mit Ring aus gebrochenem Gestein und Leckanzeigesystem)

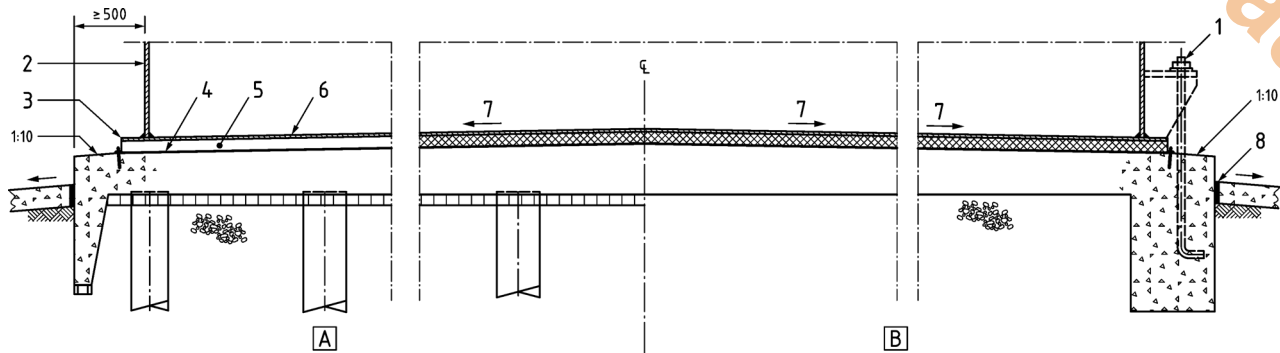
Tabelle I.1 — XXX

Konstruktionseinzelheiten für die Höhe und die Neigung von PE-HD-Auskleidungen um das Entwässerungsrohr, den Entwässerungssumpf und den Anzeige-/Inspektionssumpf

	Tankdurchmesser ^a	Inspektionssumpf	Höhe der Auskleidung am Bodenrandblech	Neigung der PE-HD-Auskleidung	Höhe am Entwässerungsrohr	Gefälle des Entwässerungsrohrs
		A	B	—	C	—
	15	-400	+400	1 : 40	+200	1 : 35
	25	-570	+400	1 : 60	+200	1 : 35
	36	-750	+400	1 : 100	+220	1 : 30
	45	-900	+400	1 : 125	+220	1 : 30
	60	-1 000	+400	1 : 150	+200	1 : 40
	78	-1 100	+400	1 : 150	+150	1 : 45

Zur maximal zulässigen Setzung am Rand oder in der Mitte des Tanks und die Neigung des Dachs wird auf das Dokument EEWLA 159 verwiesen.

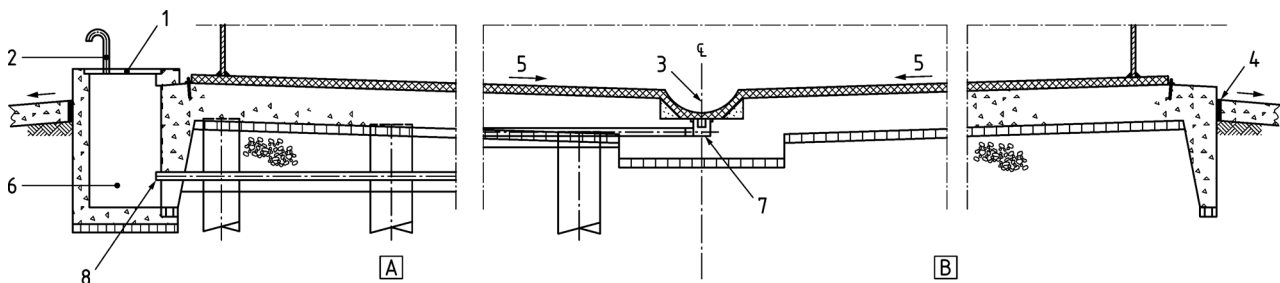
^a Die Höhen für Zwischenwerte des Tankdurchmessers können durch lineare Interpolation berechnet werden.



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Ankerschrauben, sofern gefordert, siehe Aufriss S 51.046 | 5 50 mm Sand-Bitumen-Gemisch |
| 2 Tankmantel | 6 Tankboden |
| 3 siehe Einzelheit 1 | 7 Neigung |
| 4 Entwässerungsschicht vom Typ Labutect X8 | 8 kohlenwasserstoffbeständige Dichtung |

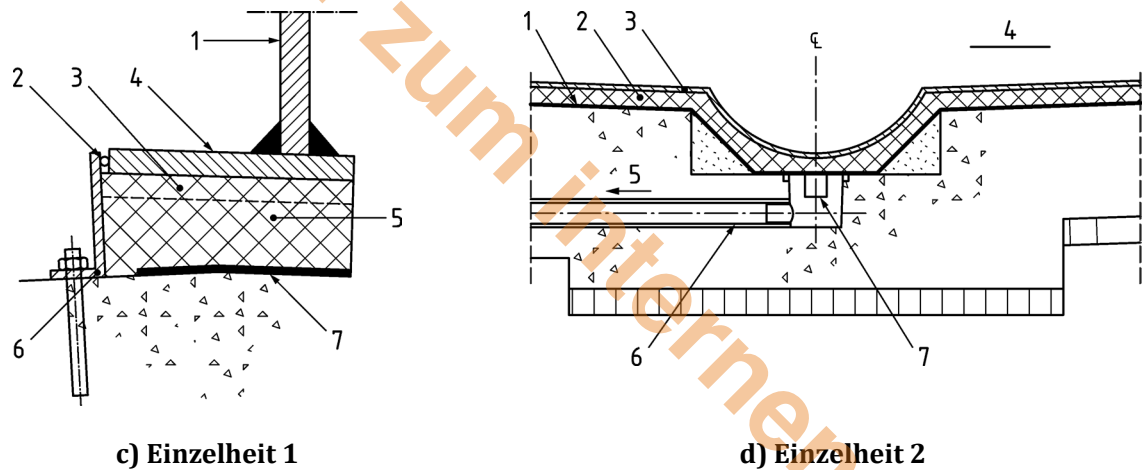
a)



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Abdeckung | 5 Neigung |
| 2 belüfteter Regenschutz | 6 Leckanzeige/Inspektionssumpf |
| 3 Tankbodensumpf | 7 siehe Einzelheit 2 |
| 4 kohlenwasserstoffbeständige Dichtung | 8 PE-HD-Entwässerungsrohr (75 mm × 6,9 mm) |

b)

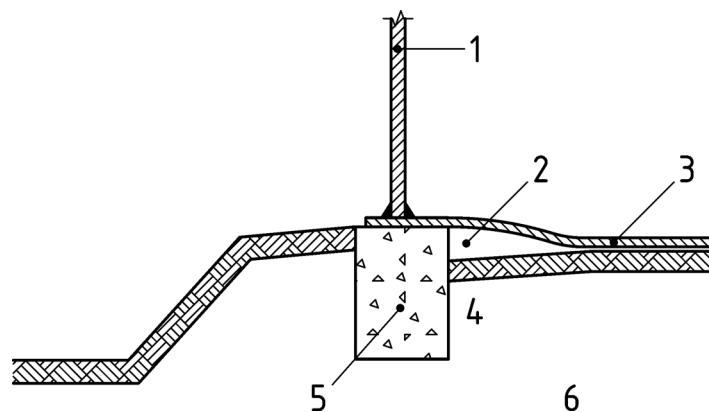


Legende

- | | |
|------------------------|--|
| 1 Tankmantel | 5 50 mm Sand-Bitumen-Gemisch |
| 2 flexibler Dichtstoff | 6 um die Sand-Bitumen-Schicht zu halten. Ausschnitt, erforderlich für die Bodenrandblech-Schweißbadsicherung, um die Verdichtung der aus dem Sand-Bitumen-Gemisch bestehenden Schicht zu ermöglichen |
| 3 Schweißbadsicherung | 7 Entwässerungsschicht vom Typ Labutect XB |
| 4 Bodenrandblech | |

Bild I.3 — Betonplattenfundament und Fundament mit Pfahlgründung (einschließlich Leckanzeigesystem) Ringankergründungen (ohne Anker oder mit Anker)

Um ein Abheben und Kippen der Tanks zu verhindern und gegen große Tankmantellasten abzusichern, kann ein Betonringanker erforderlich sein. Der Ringanker sollte so ausgelegt sein, dass er dem vom umschlossenen Erdhügel verursachten waagerechten Druck einschließlich aller Oberflächenwirkungen des Tanks und seines Inhalts standhält. Es ist ratsam, zwischen dem Innern des Ringankers und dem verdichteten Erdhügel ein Übergangsaufleger vorzusehen, um plötzliche Änderungen in der Setzung auszugleichen.



Legende

- | |
|--|
| 1 Mantel |
| 2 Spalt aufgrund mangelhafter Verbindung des Bodens nahe dem Betonring |
| 3 Tankboden |
| 4 mangelhafte Verdichtung |
| 5 Betonring |
| 6 Tankfundamentplatte |

Bild I.4 — Betonringanker

I.4.3 Plattenfundamente

Falls das als Baugrund vorgesehene Erdreich aufgrund seiner Eigenschaften geeignet ist, alle möglicherweise auftretenden Lasten zu tragen, kann ein Erdaufleger-Betonplattenfundament geeignet sein. Ein derartiges Plattenfundament bzw. die Bodenplatte weist in der Regel im Bereich unter dem Tankmantel eine größere und von den geltenden Eigenlasten (Beton, Stahl usw.) und den aufgetragenen Lasten (einschließlich außergewöhnlicher Lasten) abhängige Dicke auf.

Bei der Auslegung der Bodenplatte sollten Vorkehrungen zur Berücksichtigung der Auswirkungen von örtlich unterschiedlichen Setzungen, Trocknungsschrumpfung, Kriechen und thermischen Dehnungen getroffen werden, die im Betrieb oder unter Stauchungsbedingungen auftreten können.

I.4.4 Fundament mit Pfahlgründung

I.4.5.1 Wenn der Zustand des Untergrundes keine Erdauflegergründung zulässt, darf die Bodenplatte auf eine Pfahlgründung aufgelagert werden.

Die Erstellung von großen Betonplattenfundamenten/-gründungen erfordert, das Fundament abschnitts- bzw. plattensegmentweise zu gießen, was Arbeits- und/oder Dehnungsfugen einschließt. Dehnungsfugen müssen geeignete Barrieren enthalten, um jeglichen Durchfluss von Flüssigkeiten zu verhindern.

Alle Tankgründungen aus Stahlbeton müssen in Übereinstimmung mit EN 1992-1-1:2005 und EN 206 (1):2005 ausgelegt und ausgeführt werden.

I.5 Dränage, Tankbodendränage und Tankverbunddränage

Im Bereich um jeden Lagertank sollte eine vorschriftsmäßige Dränage fort von der Tankgründung erfolgen, um Ansammlungen von Regenwasser sowie von Löschwasser zu verhindern.

Anhang J (informativ)

Berechnungsbeispiele für Versteifungsringe (Windverbände)

J.1 Allgemeines

Versteifungsringe (Windverbände) können aus Standard-Stahlwinkeln nach EN 10056-1) oder U-Profilstahl (nach EN 10279) oder aus gebogenen Blechen aus einem Werkstoff gefertigt werden, der dem des Tankmantels, an dem sie befestigt werden, gleichwertig ist.

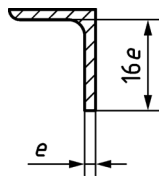
J.2 Widerstandsmomente

Bei der Berechnung des Widerstandsmomentes eines Windverbands kann der Bereich des Mantels bis zu einer Höhe von maximal $16e$ oberhalb und unterhalb des Befestigungspunktes als zum Gesamtwiderstandsmoment beitragend mit berücksichtigt werden (siehe Bild J.1), sofern der Versteifungsring vollständig (in Form von Kehlnähten) mit dem Tankmantel verbunden ist und die beitragende Mantelfläche nicht größer als die Fläche des Versteifungsringes selbst ist. Versteifungsringe dürfen keine anderen Öffnungen als die für Treppen/Leitern, Rohrleitungsdurchführungen, Abflüsse und die Kühlwasserverteilung erforderlichen Öffnungen aufweisen.

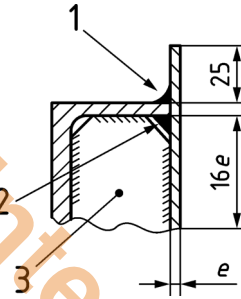
Falls derartige Öffnungen vorhanden sind, muss für einen angemessenen Ausgleich im Versteifungsring gesorgt werden, um sicherzustellen, dass das Widerstandsmoment in jedem Schnitt durch die Öffnung die in 9.3.3 festgelegten Anforderungen erfüllt. An diesen Schnitten kann kein Beitrag des Mantelblechs angesetzt werden.

J.3 Praktische Beispiele für die Auslegung von zusätzlichen Versteifungsringen (Windverbände)

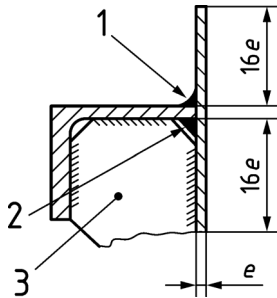
Aus den beiden nachstehenden praktischen Beispielen wird deutlich, wie die Anforderungen von 9.3.3 bei der Auslegung berücksichtigt werden.



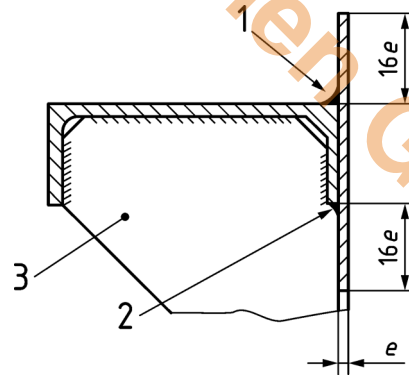
a) Dacheckring



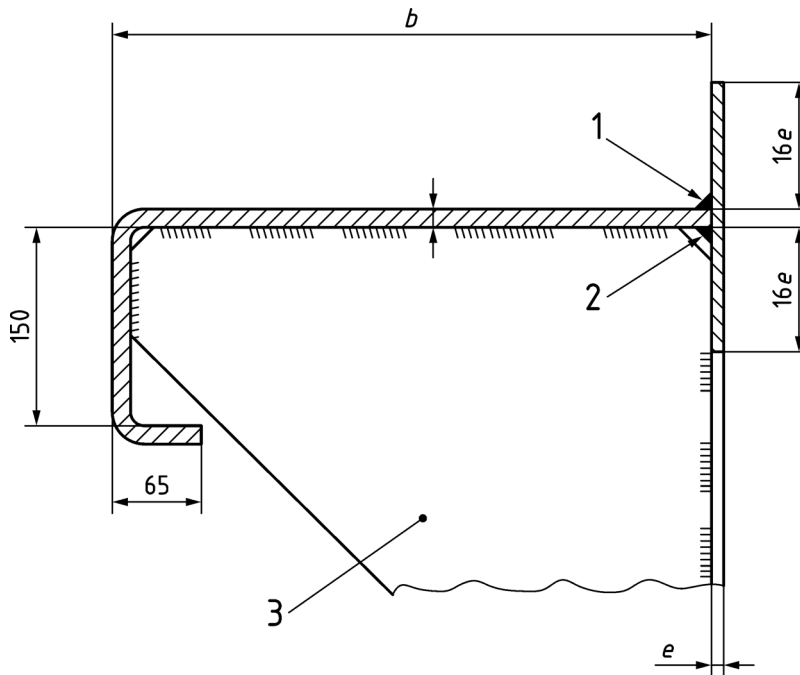
b) Dacheckring



c) einfacher Winkel



d) Profil



e) gebogenes Blech

Legende

- 1 nicht unterbrochene Kehlnaht
- 2 unterbrochene Schweißnaht
- 3 Schelle

Bild J.1 — Schnittansichten von Versteifungsringen (Windverbänden)

J.4 Beispiel 1

Ein Schwimmdachtank, Durchmesser: 95 m, Höhe: 20 m, mit acht Schüssen von je 2,5 m Höhe mit Wanddicken von 12,0 mm, 12,0 mm, 14,2 mm, 19,7 mm, 24,7 mm, 29,8 mm, 34,9 mm und 39,9 mm soll für eine Windgeschwindigkeit von 60 m/s ausgelegt werden. Der Primärversteifungsring ist 1,0 m unterhalb der Tankoberkante angeordnet. Wie viele zusätzliche Versteifungsringe mit welchen Maßen müssen in welcher Höhe angebracht werden?

Schuss	h m	e mm	H_e m
8	1,5	12,0	1,500
7	2,5	12,0	2,500
6	2,5	14,2	1,641
5	2,5	19,7	0,724
4	2,5	24,7	0,411
3	2,5	29,8	0,257
2	2,5	34,9	0,173
1	2,5	39,9	0,124
	$\Sigma h = 19$ m		$H_E = \Sigma H_e = 7,33$ m

H_E wird für jeden Manteschuss nach folgender Gleichung berechnet:

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Abschnitt 9.3.36-2}).$$

$$H_e = 2,5 \left(\frac{12}{34,9} \right)^{\frac{5}{2}} = 0,173 \text{ m}$$

So gilt z. B. für Manteschuss 2:

$$P_v = 5 \text{ mbar}$$

$$K = \frac{95\,000}{3,563 V_W^2 + 580 p_v} = \frac{95\,000}{3,563 * 60^2 + 580 * 5} = 6,040 \text{ 6}$$

Der größte für zusätzliche Versteifungsringe zulässige Abstand am Mantel beträgt:

$$H_p = K \sqrt{\frac{e_{\min}^5}{D^3}} = 6,040 \text{ 6} \sqrt{\frac{12^5}{95^3}} = 3,254 \text{ m}$$

Die erforderliche Mindestanzahl an zusätzlichen Versteifungsringen:

$$N = \frac{H_E}{H_p} - 1 = \frac{7,33}{3,254} - 1 = 1,25 \rightarrow N = 2$$

Der Abstand zwischen den Versteifungsringen an einem Mantel mit der äquivalenten Höhe H_E beträgt:

$$L = \frac{H_E}{N + 1} = \frac{7,33}{3} = 2,443 \text{ m}$$

Diese befinden sich idealerweise 2,442 m und $2 * 2,443 = 4,89$ m über dem Tankboden an einem Mantel mit der äquivalenten Höhe H_E .

Der obere Ring liegt demnach auf einem Mantelschuss mit Mindestblechdicke, sodass keine Begründung erforderlich ist. Der obere Ring befindet sich 2,443 m über dem Tankboden am Mantelschuss 7.

Der untere Ring liegt nicht auf einem Mantelschuss mit Mindestblechdicke, sodass eine Anpassung erforderlich ist, und seine Position über dem Tankboden wird zu:

$$\{2,443 - (H_{e,1} + H_{e,2} + H_{e,3} + H_{e,4} + H_{e,5})\} \sqrt{\frac{(14,2)^5}{12,0}} + (5 \times 2,5) = 14,647 \text{ m}$$

Die zusätzlichen Ringe liegen somit 16,557 m und 14,647 m über dem Tankboden auf Mantelschuss 6. Die Abstände zu den waagerechten Mantelfugen betragen $(14,647 - 5 \times 2,5) = 0,943$ m und $(16,557 - 6 \times 2,5) - 2,5 = 1,353$ m.

Die Winkel betragen $L200 \times 100 \times 12$ nach Tabelle 17.

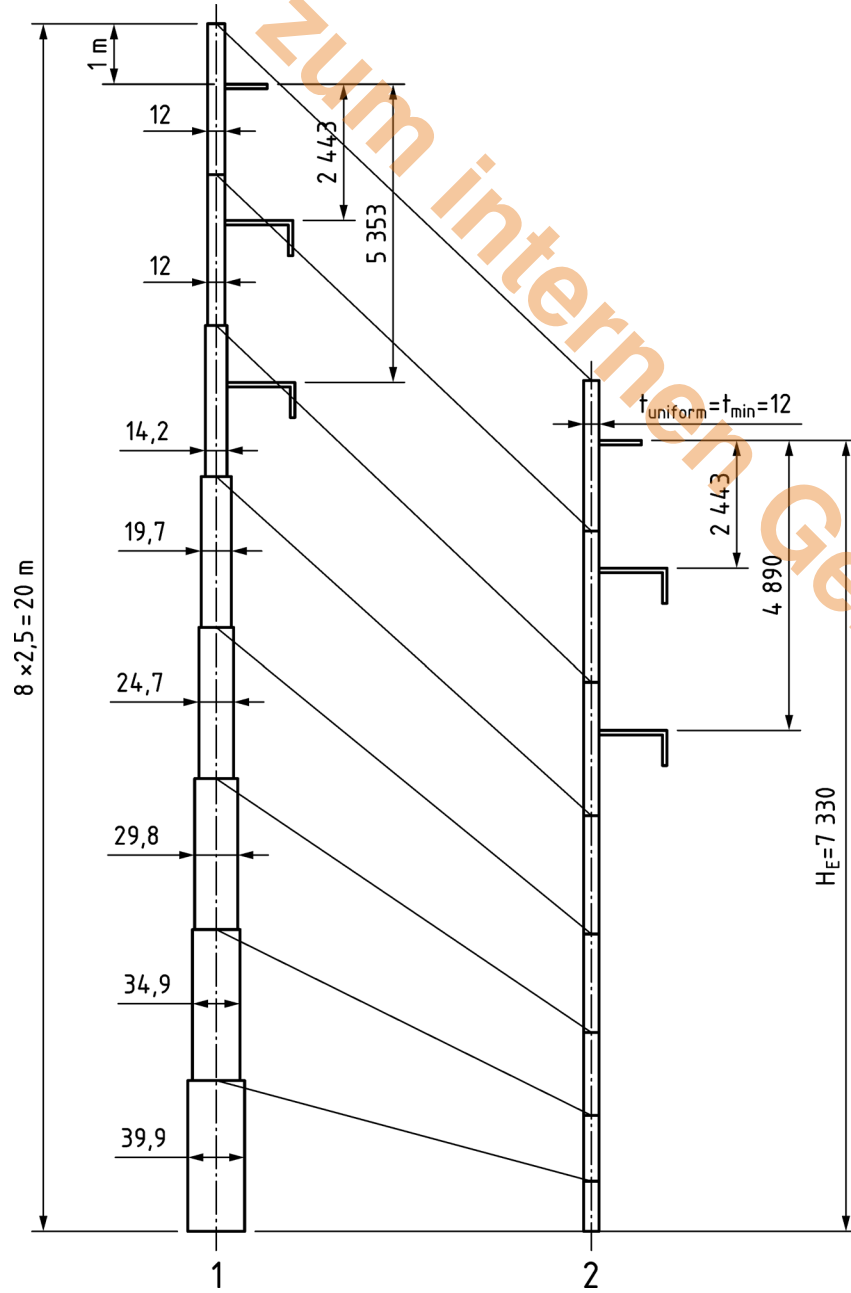


Bild J.2 — Detailzeichnung für Beispiel 1

J.5 Beispiel 2

Ein druckloser Festdachtank, Durchmesser: 48 m, Höhe: 22,5 m, mit neun Schüssen von je 2,5 m Höhe mit Wanddicken von 8,0 mm, 8,0 mm, 10,6 mm, 14,3 mm, 17,9 mm, 21,6 mm, 25,3 mm, 29 mm und 32,6 mm soll für eine Windgeschwindigkeit von 55 m/s ausgelegt werden. Wie viele zusätzliche Versteifungsringe mit welchen Maßen müssen in welcher Höhe angebracht werden?

Schuss	h [m]	e [mm]	H_e [m]
9	2,5	8,0	2,500
8	2,5	8,0	2,500
7	2,5	10,6	1,237
6	2,5	14,3	0,585
5	2,5	17,9	0,334
4	2,5	21,6	0,209
3	2,5	25,3	0,141
2	2,5	29,0	0,100
1	2,5	32,6	0,075
	$\Sigma h = 22,5$ m		$H_E = \Sigma H_e = 7,681$ m

H_E wird für jeden Manteschuss nach folgender Gleichung berechnet:

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Abschnitt 9.3.36-2}).$$

So gilt z. B. für Manteschuss 4:

$$H_e = 2,5 \left(\frac{8}{21,6} \right)^{\frac{5}{2}} = 0,209 \text{ m}$$

$$p_v = 5 \text{ mbar}$$

$$K = \frac{95\,000}{3,563 V_W^2 + 580 p_v} = \frac{95\,000}{3,563 * 55^2 + 580 * 5} = 6,945$$

Der größte für zusätzliche Versteifungsringe zulässige Abstand am Mantel beträgt:

$$H_p = K \sqrt{\frac{e_{\min}^5}{D^4}} = 6,945 \sqrt{\frac{8^5}{48^4}} = 3,781 \text{ m}$$

Die erforderliche Mindestanzahl an zusätzlichen Versteifungsringen:

$$N = \frac{H_E}{H_p} - 1 = \frac{7,680}{3,781} - 1 = 1,03 \rightarrow N = 2$$

Der Abstand zwischen den Versteifungsringen an einem Mantel mit der äquivalenten Höhe H_E beträgt:

$$L = \frac{H_E}{N + 1} = \frac{7,680}{3} = 2,560 \text{ m}$$

Diese befinden sich idealerweise 2,560 m und $2 * 2,560 = 5,121$ m über dem Tankboden an einem Mantel mit der äquivalenten Höhe H_E .

Der obere Ring liegt demnach auf einem Mantelschuss mit Mindestblechdicke, sodass keine Begründung erforderlich ist. Der obere Ring befindet sich 19,94 m über dem Tankboden am Mantelschuss 8.

$$\{5,121 - (H_{e;1} + H_{e;2} + H_{e;3} + H_{e;4} + H_{e;5} + H_{e;6} + H_{e;7})\} + (7 \times 2,5) = 19,94 \text{ m}$$

Es ist zu beachten, dass der Abstand dieser Höhe zu der waagerechten Schweißnaht zwischen den Mantelschüssen 8 und 9 nur $(8 * 2,5) - 19,94 = 0,06$ m beträgt. Dieser Abstand sollte jedoch mindestens 150 mm (0,15 m) betragen. Daher ist es erforderlich, diesen Ring in einer Höhe von $(8 * 2,5) - 0,15 = 19,85$ m über dem Tankboden auf Mantelschuss 8 anzuordnen.

Es ist zu überprüfen, ob der Abstand zwischen diesem Ring und dem oberen Rand des Mantels $0,15 + (1 * 2,5) = 2,65$ m beträgt. Dies überschreitet das Maß von L (2,56 m) um 0,09 m. Da jedoch gilt $2,65 \text{ m} < H_p$, sind keine weiteren Untersuchungen bezüglich einer möglichen zusätzlichen Verstärkung des Mantels über dem 2. zusätzlichen Ringverband erforderlich.

Der untere Verstärkungsring liegt nicht auf einem Mantelschuss mit Mindestblechdicke, sodass eine Anpassung erforderlich ist, und seine Position über dem Tankboden wird zu:

$$\{2,560 - (H_{e;1} + H_{e;2} + H_{e;3} + H_{e;4} + H_{e;5} + H_{e;6})\} \sqrt{\left(\frac{10,6}{8,0}\right)^5} + (6 \times 2,5) = 17,257 \text{ m}$$

Die Abstände zwischen diesem Verstärkungsring und den waagerechten Schweißnähten zwischen den Schüssen 6 und 7 bzw. den Schüssen 7 und 8 betragen:

$17,257 - (6 * 2,5) = 2,2357$ m zur waagerechten Schweißnaht zwischen den Schüssen 6 und 7, d. h. $> 0,15$ m und somit die Anforderung erfüllend.

$(7 * 2,5) - 17,257 = 0,243$ m zur waagerechten Schweißnaht zwischen den Schüssen 7 und 8, d. h. $> 0,15$ m und somit die Anforderung erfüllend.

Die Winkel betragen in Übereinstimmung mit Tabelle 17 $L150 \times 90 \times 10$.

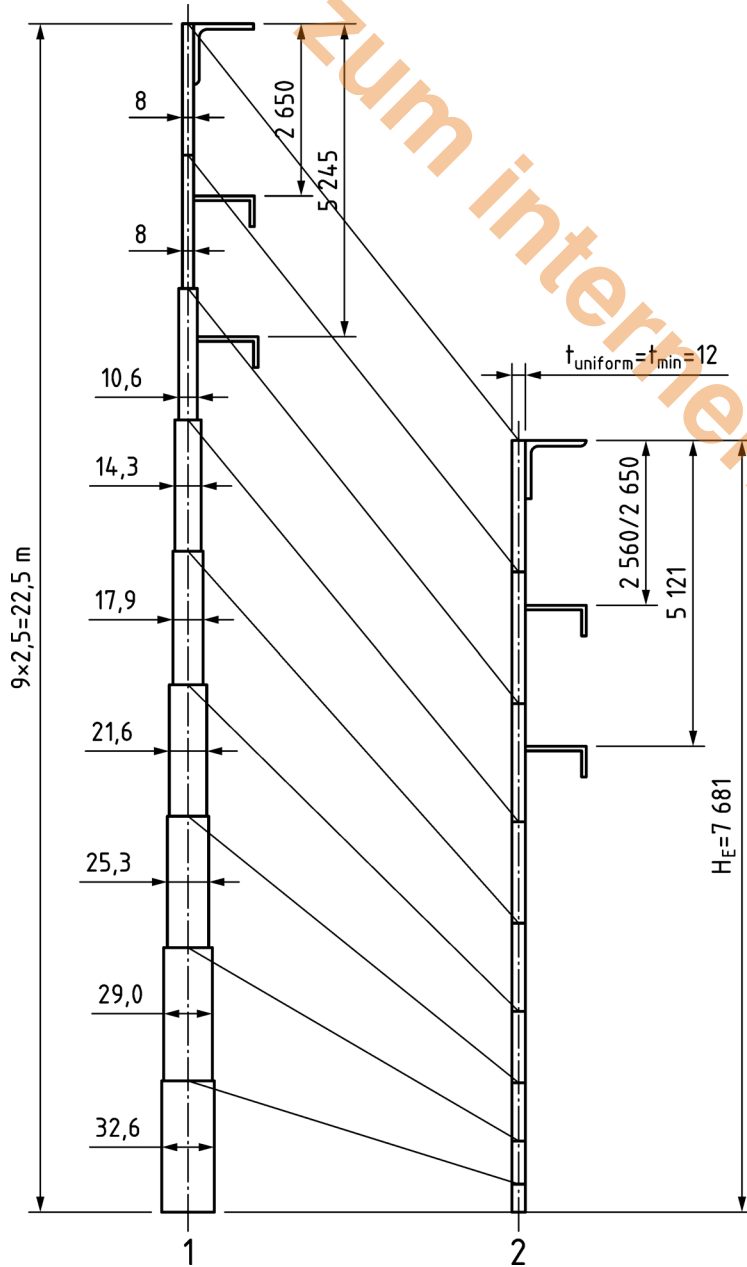


Bild J.3 — Detailzeichnung für Beispiel 2

Anhang K (normativ)

Auslegungsregeln für Tanks mit Reißnähten in der Dach-Mantel- Verbindung

K.1 Allgemeines

Um die Reißfähigkeit, d. h. Sollbruchstellen (vorherbestimmte Bereiche in Schweißnähten der Dach-Mantel-Verbindung) von unverankerten Festdach-Lagertanks bewerten zu können, gilt Folgendes für:

- freitragende Kegel- oder Kugelsegmentdächer mit Dachstützenkonstruktion;
- säulengestützte Kegeldächer.

Diese Dächer müssen Tabelle K.1 und den Abschnitten K.2 bis K.4 entsprechen.

Tabelle K.1 — Eigenschaften von Kegel- oder Kugelsegmentdächern

Symbol	Beschreibung		Wert
D_F	Innendurchmesser des Tanks mit Reißnaht in der Dach-Mantel-Verbindung		$\geq 5\,000\text{ mm}$
D_r	Wirksamer Durchmesser für Berechnungszwecke		
e_a	Bodenrandblechdicke	(im korrodierten Zustand)	$\geq 5\text{ mm}$
e_{cyl}	Dicke des obersten Schusses	(im nicht korrodierten Zustand)	$\geq 5\text{ mm}$
e_{zylb}	Dicke des unteren Schusses	(im korrodierten Zustand)	$\geq 5\text{ mm}$
e_{Ring}	Dicke des Verstärkungsringes	(im nicht korrodierten Zustand)	$\geq 5\text{ mm}$
e_{Dach}	Dicke des Dachs	(im nicht korrodierten Zustand)	$\geq 5\text{ mm}$
R_1	Radius des Kugelsegmentdachs (siehe Bild K.2)		
$\tan \theta$	Neigung eines Kugelsegmentdachs (siehe Bild K.1)		1/16 bis 1/5
	oder		
	Neigung der Tangente am Meridian an der Dach-Mantel-Verbindungspunkt im Falle eines Kugelsegmentdachs (siehe Bild K.2), wobei gilt: $0,8 D_r \leq R \leq 1,5 D_F$		
ANMERKUNG Für die in den Bildern K.3 a) und b) sowie in den Bildern K.4 a) bis d) dargestellten Anordnungen gilt: $D_r = D_F$.			

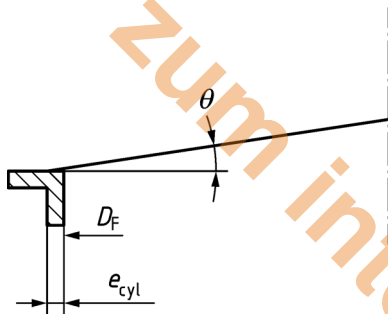


Bild K.1 — Kegeldach

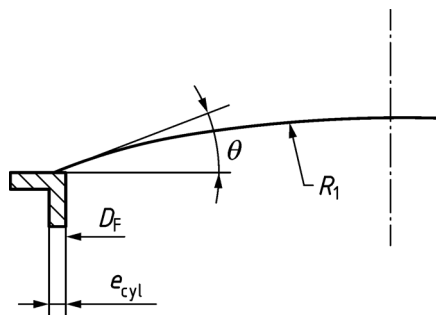


Bild K.2 — Kugelsegmentdach

K.2 Ausführung

Dachbleche dürfen nicht an der inneren Dachstützenkonstruktion befestigt sein.

Ein als Halterung der Dämmung oder anderer Anbauteile mit dem Dacheckring verschweißter Bordwinkel ist zulässig, wenn der Querschnitt dieses Winkels höchstens 15 % des Querschnitts des Dacheckrings beträgt.

Die in K.4 festgelegten Anforderungen gelten für Tanks mit stumpfverschweißten Bodenrandblechen. Bei Tanks ohne Bodenrandbleche muss die in 8.4.3 festgelegte Mindestlänge der Bodenblechnaht von 150 mm auf 500 mm erhöht werden, damit der Tank mit einem Dach mit Reißnaht ausgestattet werden kann.

Wenn diese Auslegungsregeln nicht eingehalten werden, ist das Verfahren zur Bewertung der Eignung des Tanks für ein Dach mit Reißnaht zu vereinbaren (siehe A.2).

ANMERKUNG Der nachstehend berechnete Druck dient lediglich zur Prüfung der Reißfestigkeit des Tanks.

K.3 Werkstoffe

Für den oberen Mantelschuss, Versteifungsringe und das Dach müssen unlegierte Stähle mit einer zulässigen Auslegungsspannung $\leq 260 \text{ N/mm}^2$ verwendet werden.

Die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe des unteren Mantelschusses und der Bodenrand- oder Bodenbleche müssen mindestens denen des oberen Schusses und der Dachbleche entsprechen.

K.4 Auslegungsregeln

Die unversteiften Längen l_{cyl} und l_{cylb} des oberen und des unteren Schusses, in Meter, müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

$$l_{cyl} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D_F e_{cyl}}{2\,000}} \quad \text{für den oberen Schuss} \quad (K.1)$$

$$l_{cylb} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D_F e_{cylb}}{2\,000}} \quad \text{für den unteren Schuss} \quad (K.2)$$

Damit die Mantel-Dach-Verbindung eines unverankerten Tanks als Reißverbindung betrachtet werden kann, müssen folgende Auslegungsberechnungen durchgeführt werden:

a) Der Auslegungsversagensdruck des Dachs, p_r , in mbar, muss wie folgt berechnet werden:

1) für Ausführungen nach Bild K.3:

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{ring}; e_{roof})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{cyl}}{D_F} \right\}^{\alpha_4} \quad (K.3)$$

für Ausführungen nach Bild K.4:

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{cyl}; e_{roof})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{cyl}}{D_F} \right\}^{\alpha_4} \quad (K.4)$$

Dabei ist

$$\alpha_1 = 2,175 \times 10^7$$

$$\alpha_2 = 1,253$$

$$\alpha_3 = 0,18$$

$$\alpha_4 = 0,14$$

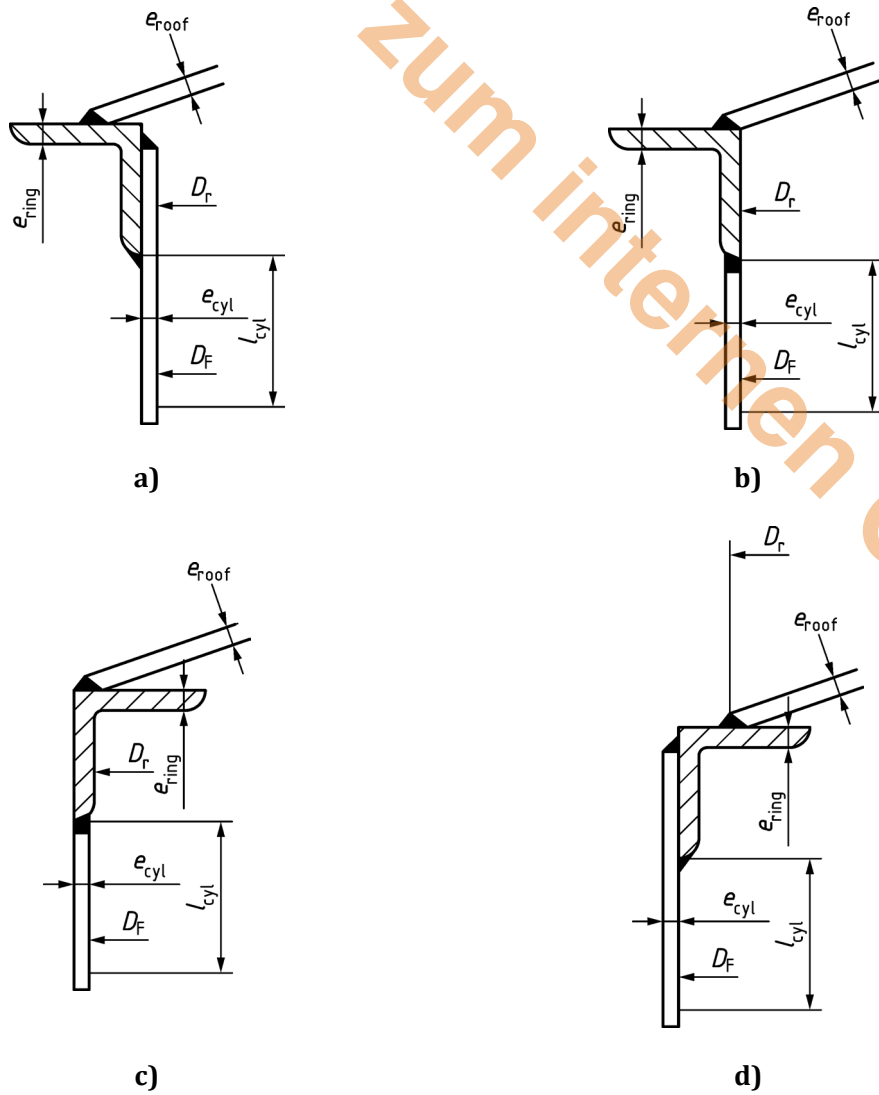


Bild K.3 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss: Dach am Dacheckring angeschweißt

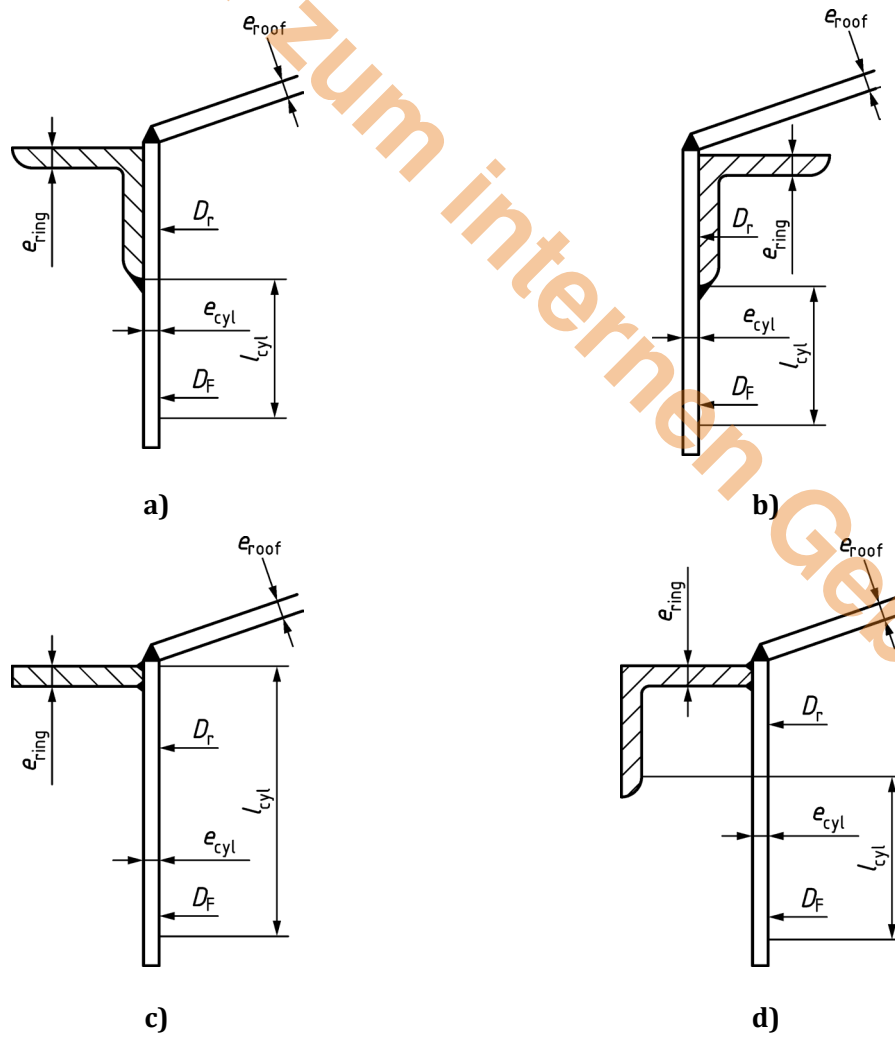


Bild K.4 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss: Dach am oberen Mantelschuss angeschweißt

b) Der Auslegungsversagensdruck des Bodens, p_b , in mbar, muss wie folgt berechnet werden:

$$p_b = (\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2) \varepsilon \quad (\text{K.5})$$

Dabei ist

$$\varepsilon = \min [\{(242,64 X + 0,45) + 0,65 Y^{10}\}; 1] \quad (\text{K.6})$$

$$X = \frac{\min(e_{cylb}; e_a)}{D_F} \quad (\text{K.7})$$

$$Y = \frac{\min(e_{cylb}; e_a)}{\max(e_{cylb}; e_a)} \quad (\text{K.8})$$

$$\beta_0 = 37,40 \quad (\text{K.9})$$

$$\beta_1 = 7,56 \times 10^5 \quad (\text{K.10})$$

$$\beta_2 = 1,48 \times 10^8 \quad (\text{K.11})$$

c) Bei diesen Auslegungsdrücken muss die folgende Gleichung erfüllt sein:

$$p_b \geq 2 \gamma p_r \quad (\text{K.12})$$

Dabei ist

γ der vereinbarte Sicherheitsbeiwert ($1 < \gamma \leq 1,5$) (siehe A.2).

ANMERKUNG Die Dicke und/oder die Länge des Bodenrandblechs sollten auf Einhaltung der Anforderungen in 8.3.2 und 8.4.1 überprüft werden, wenn die Dicke des unteren Schusses und/oder der Bodenrandbleche erhöht wird, um die Kriterien für Dächer mit Reißnaht zu erfüllen.

Dieser Anhang, der in der ersten Ausgabe des vorliegenden Dokuments enthalten war, wurde gestrichen; für weitere Informationen zu den Anforderungen an die Be- und Entlüftung siehe 10.6.

**Anhang L
Be- und Entlüftung**

Dieser Anhang wurde gestrichen.

Nur zum internen Gebrauch

Anhang M
(informativ)

Tankverankerung

M.1 Allgemeines

Bei Lagertanks nach dem vorliegenden Dokument sind verschiedene Ausführungsarten der Verankerung möglich. Die für eine bestimmte Anwendung am besten geeignete Ausführung sollte vom Hersteller bewertet und vereinbart werden (siehe A.2). Die nachstehend beschriebenen Beispiele schließen andere Ausführungen nicht aus, sofern eine entsprechende Vereinbarung zwischen Besteller und Auftragnehmer getroffen wird.

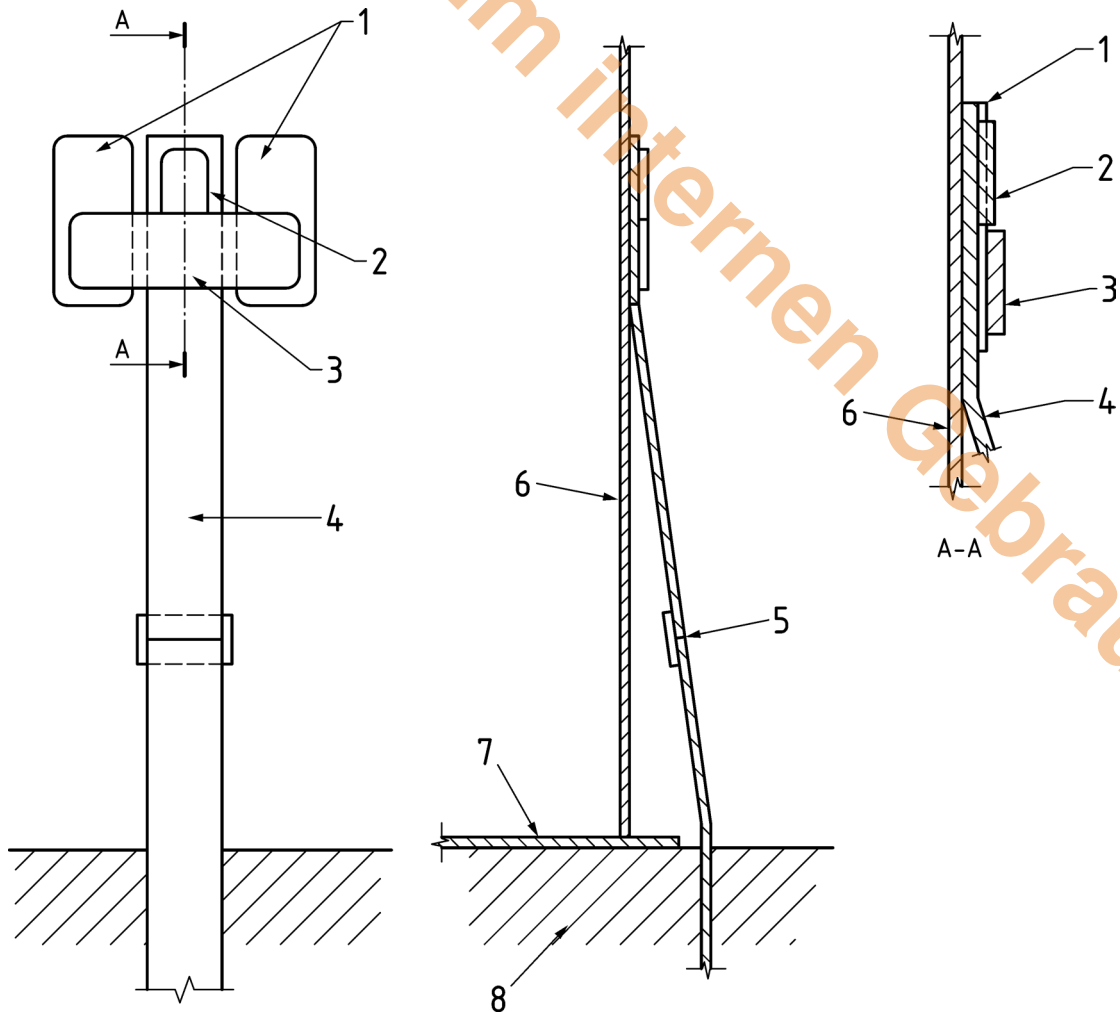
M.2 Ankerband

Eine typische Ausführung eines Ankerbands ist in Bild M.1 dargestellt.

M.3 Ankerschraube mit individueller Ankerstütze

Eine typische Ausführung einer Ankerschraube mit individuellen Ankerstützen ist in Bild M.2 dargestellt.

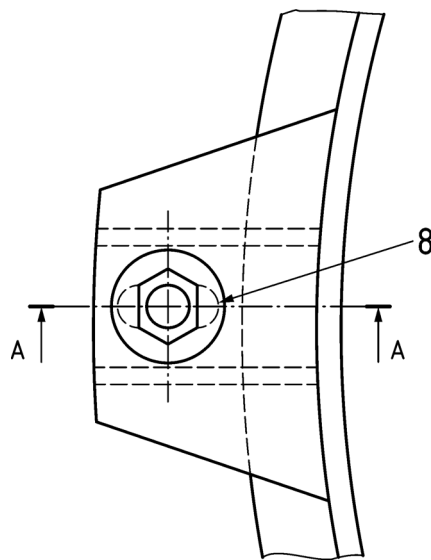
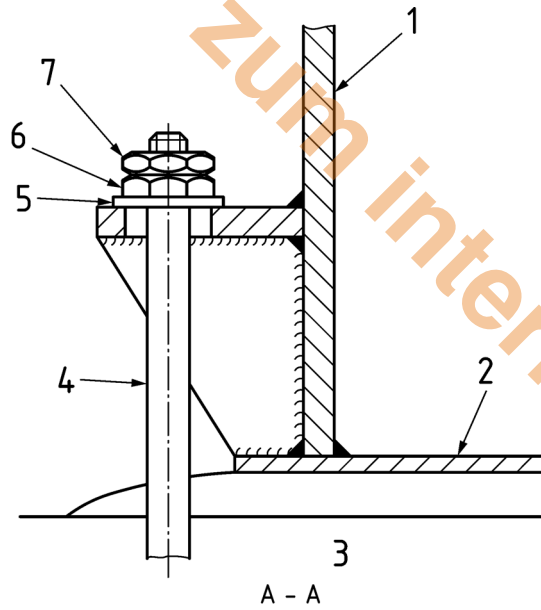
M.4 Praktisches Beispiel einer Ankerstützenberechnung nach AISI E-1, Volume II, Part VIII



Legende

- 1 Stützbleche am Mantel
- 2 Anschlagblech
- 3 Querblech
- 4 Ankerband
- 5 Stumpfstoß
- 6 Tankmantel
- 7 Tankboden
- 8 Gründung

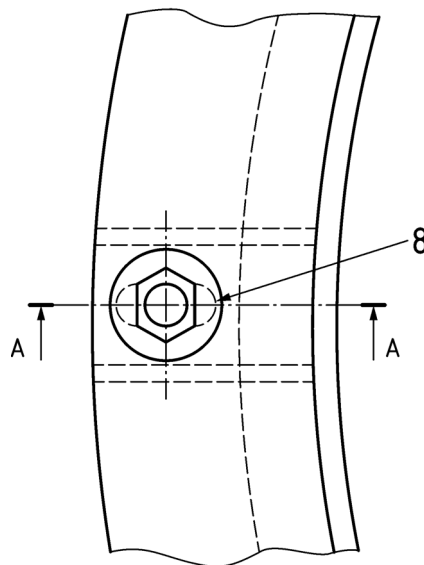
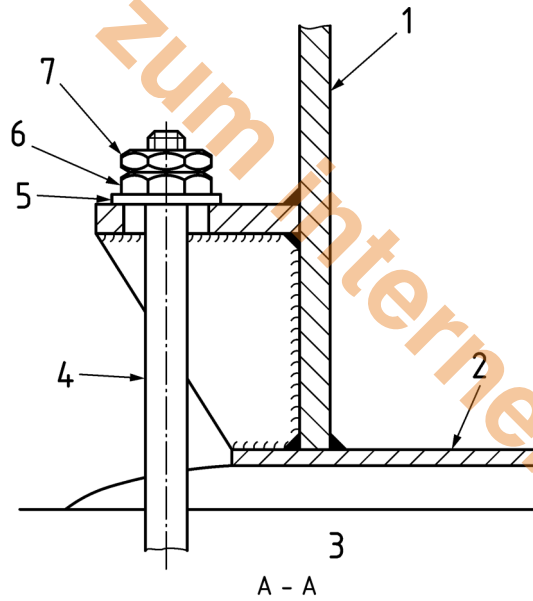
Bild M.1 — Typische Ausführung eines Ankerbands



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden
- 3 Gründung
- 4 Ankerschraube
- 5 Spreizscheibe
- 6 Mutter
- 7 Sicherungsmutter
- 8 Langloch in der Schelle

Bild M.2 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit individueller Ankerstütze



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden
- 3 Gründung
- 4 Ankerschraube
- 5 Spreizscheibe
- 6 Mutter
- 7 Sicherungsmutter
- 8 Langloch in der Schelle

Bild M.3 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit durchgehendem Stützring

Anker überprüfen

Ankerkraft, F_a	= 9 920,0 kg = 97 315,2 N
Ankerdurchmesser, d	= 42 mm (ohne Korrosionszuschlag)
Querschnittsfläche der Schraube, A_c	= 1 121 mm ²
Güte der Ankerschraube	= 4,6
Streckgrenze, $R_{e,a}$	= 240,0 N/mm ²
Zugfestigkeit, $R_{m,a}$	= 400,0 N/mm ²
Ausnutzungsnachweis: $F_a/A_c < 0,5 * R_e$	= 86,8 N/mm ² < 120,0 N/mm ² OK

Ankerstütze

Bodenblechdicke, m	= 12,5 mm
Tankradius, R	= 13 500 mm
Streckgrenze des untersten Mantelschusses, Re, e_1	= 355 N/mm ²
Mantelschussdicke, e_1	= 24,6 N/mm ²
Auslegungslast, P	= 13 713 kg, mit P = mindestens $[0,5 * (Re/9,81) * A_c; F_a * 1,5]$
Radius des Schraubenkreises, R_a	= 13 620 mm

Ankerstützen-Deckblech überprüfen

Deckblechlänge, a	= 290 mm
Deckblechbreite, b	= 150 mm
Deckblechdicke, c	= 25 mm, mit $c_{\min} = 20,5$ mm OK, mit

$$c_{\min} = \sqrt{\left(\frac{9,8067 * P}{\frac{2}{3} * Re, e_1 * f}\right) * (0,375 * g - 0,22 * d)}$$

Spannung im Deckblech, $S_t = 159,2$ N/mm², mit

$$S_t = \left(\frac{9,8067 * P}{f * c^2}\right) * (0,375 * g - 0,22 * d)$$

Ankerstützenhöhe überprüfen

Lochdurchmesser, d_h	= 48 mm
Exzentrizität, e	= 95 mm und $e_{\min} = 0,886 * d + 14,53 = 51,78$ mm
Länge, a_1	= 150 mm $a_1 = g + 2 * j + 2 * 12,5$
Kantenabstand, f	= 31 mm, mit
$f = b - e - 0,5 * d_h > f_{\min} = \frac{d}{2} + 25,4/8$	= 24,2 mm
Ankerstützenhöhe, h	= 200 mm

Mit: $h_{\min} = \text{MAX}[m; 152,5] = 152,5$ mm und $h_{\max} = 3 * e = 450$ mm ;

Minderungsfaktor, $z = 0,99$, mit

$$z = \frac{1,0}{\frac{0,0069 * a * m}{\sqrt{R * e_1}} * \left(\frac{m}{e_1}\right)^2 + 1,0}$$

Maximale Spannung im Mantel, $Se_1 = 68,5$ N/mm² mit

$$Se_1 = \frac{P * e}{e_1^2} * \left(\frac{z}{\frac{1,0827 * a * h^2}{R * e_1} + 1,202 * (a * h^2)^{0,333}} + \frac{0,031}{\sqrt{R * e_1}} \right) < \frac{2}{3} * Re, e_1$$

Vertikale Ankerstützen-Seitenbleche überprüfen

Knotenblechdicke, $j = 20$ mm mit

$j_{\min} = \text{MAX}[12,5; 0,04 * (h - c)]$	= 12,5 mm; OK
Abstand zwischen den Knotenblechen, g	= 85 mm
Breite der Knotenbleche am Boden, w	= 55 mm
Breite der Knotenbleche am oberen Rand, x	= 144 mm, mit $x = b - 6$
Durchschnittliche Breite der Knotenbleche, k	= 99,5 mm, mit $k = (w + x)/2$
Überprüfe: $j * k \geq P/17,5766$	= 1990 \geq 780 OK

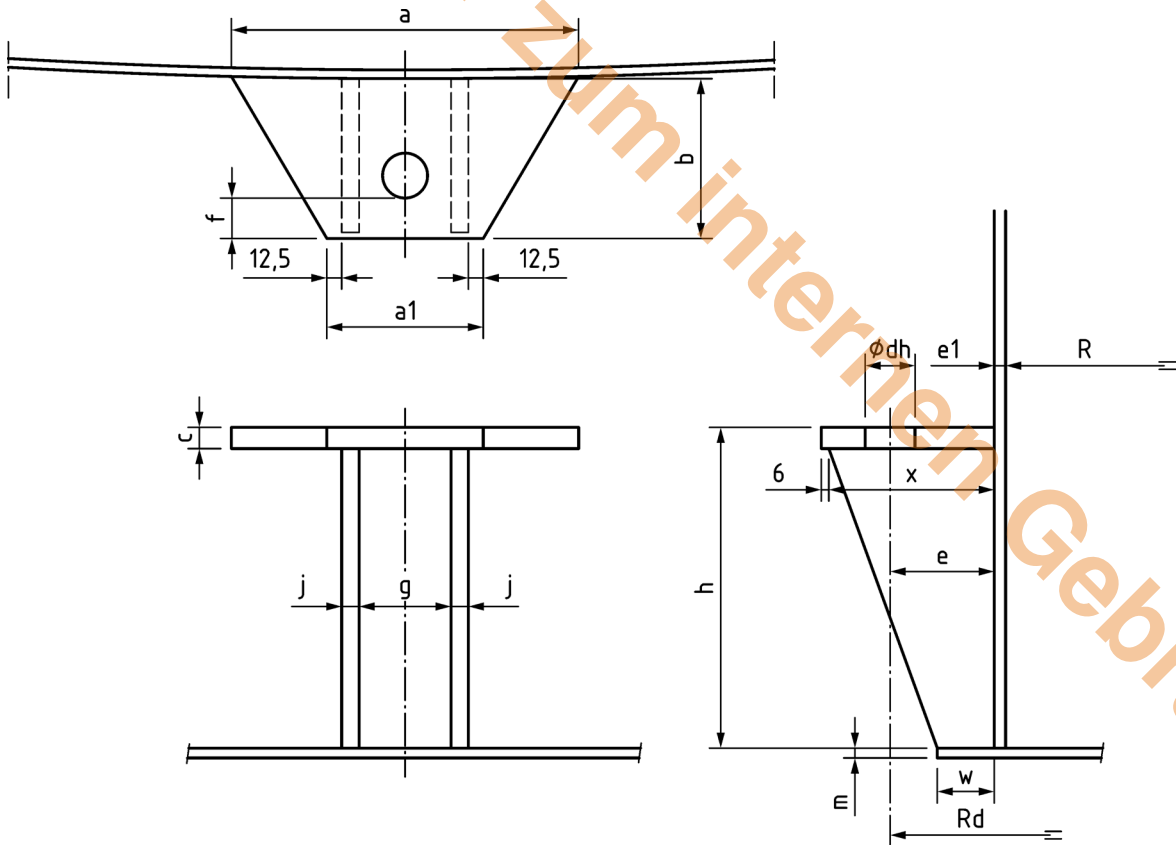


Bild M.4 — Praktisches Beispiel einer Ankerstützenberechnung, einschließlich Zeichnung mit Angabe der Auslegungsparameter

Anhang N (informativ)

Angaben für das Schweißen von Anbauteilen

N.1 Eingeschweißte Anbauteile

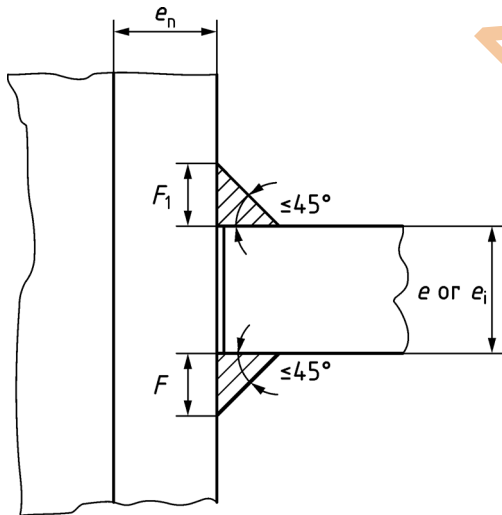
Eingeschweißte Anbauteile sollten einem der Beispiele in Tabelle N.1 und Bild N.1 entsprechen.

Tabelle N.1 — Schweißnahtmaße von eingeschweißten Anbauteilen

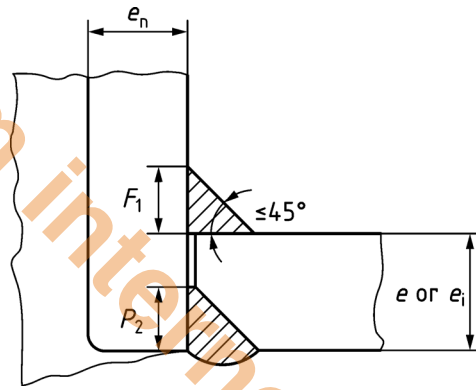
Maße in Millimeter

Bild	e oder e_1	e_n	e_r	F_1	F_2	P_1	P_2	P_3
a 1)	≤ 20	$\leq 12,5$	—	kleinerer Wert von $0,707 * e$ oder $0,707 * e_n$	kleinerer Wert von $0,707 * e$ oder $0,707 * e_n$	—	—	—
a 2)	≤ 20	$\leq 12,5$	—	kleinerer Wert von $0,707 * e$ oder $0,707 * e_n$	—	—	kleinerer Wert von $0,707 * e$ oder $0,707 * e_n$	—
b 1)	≤ 20	—	—	kleinerer Wert von $\frac{e}{2}$ oder $\frac{e_n}{2}$	kleinerer Wert von $\frac{e}{2}$ oder $\frac{e_n}{2}$	$P_1 + P_2 \geq e - 3$		—
b 2)	≤ 20	—	—	kleinerer Wert von e oder e_n	—	$P_1 + P_2 \geq e - 3$		—
b 1)	$> 20 \leq 40$	$\leq 12,5$	—	≤ 13	≤ 13	$F_1 + P_1 \geq e_n$	$F_2 + P_2 \geq e_n$	—
b 2)	$> 20 \leq 40$	$\leq 12,5$	—	≤ 13	—	$F_1 + P_1 \geq e_n$	$\geq e_n$	—
b 1)	$> 20 \leq 40$	—	—	$\leq \frac{e}{4}$	$\leq \frac{e}{4}$	$P_1 + P_2 = e - 5$		—
b 2)	$> 20 \leq 40$	—	—	$\leq \frac{e}{4}$	—	$P_1 + P_2 = e - 5$		—
c	—	—	—	kleinerer Wert von e_n oder e_r	$\leq \frac{e_n}{3}$	kleinerer Wert von $F_1 + P_1 \geq e_n$ oder e_r	e	—
d	—	—	—	$\leq \frac{e_n}{3}$	$\leq \frac{e_n}{3}$	e_r	$P_2 + P_3 \geq e - 3$	
e	—	—	—	≤ 6	≤ 6	$F_1 + P_1 \geq$ kleinerer Wert von e_n oder e_r	$F_2 + P_2 \geq$ kleinerer Wert von e_n oder e_r	$P_1 + P_3 \geq$ $e_r - 3$
ANMERKUNG F_1 und F_2 mindestens 6 mm.								

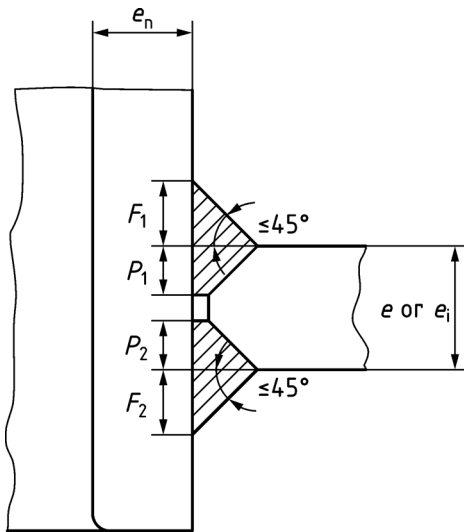
Nur zum internen Gebrauch



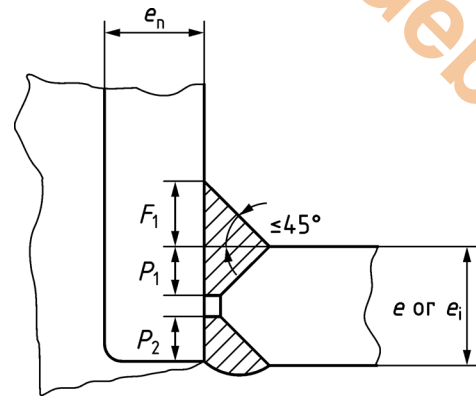
a) 1



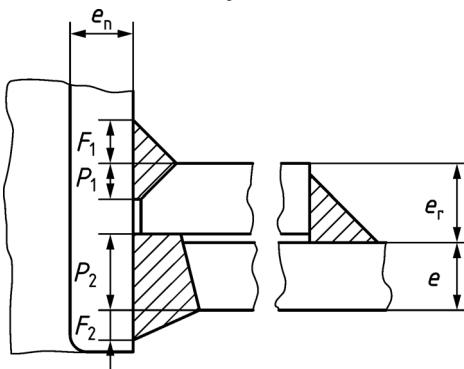
a) 2



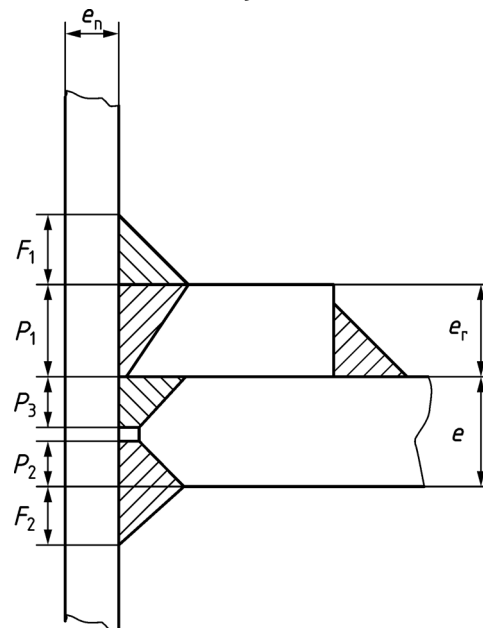
b) 1



b) 2



c)



d)

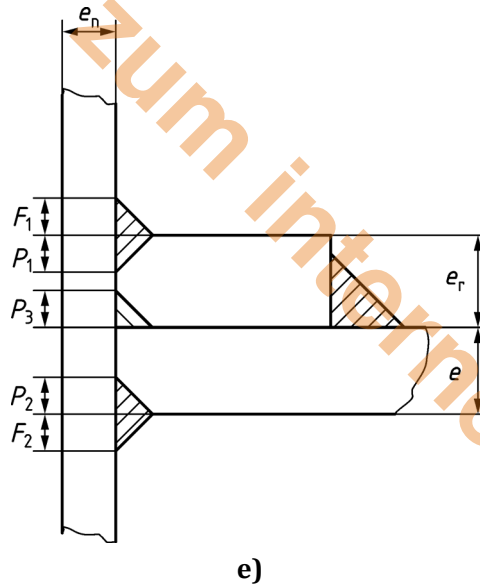


Bild N.1 — Typische Ausführungen von eingeschweißten Anbauteilen

N.2 Aufgeschweißte Anbauteile

Bei Außendurchmessern der Mantelstützen < 80 mm können aufgeschweißte Anbauteile verwendet werden (siehe Bild N.2).

Maße in Millimeter

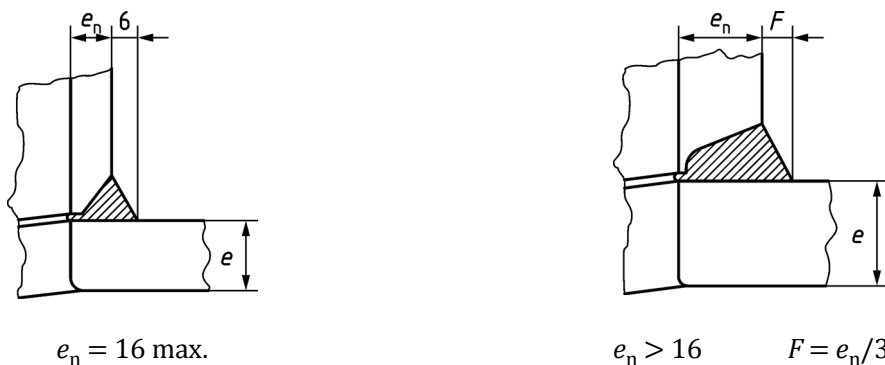


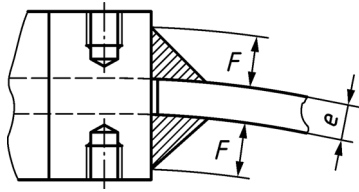
Bild N.2 — Typische Ausführungen von aufgeschweißten Anbauteilen

Es wird darauf hingewiesen, dass es bei Verwendung von Aufschweißstützen erforderlich ist, das Mantelblech im Bereich um den Ausschnitt auf Dopplungen zu prüfen (siehe 13.2).

Ist durch das Schweißverfahren keine gleichmäßige und volle Durchschweißung der Nahtwurzel sichergestellt, so sollten diese Nähte ausgemeißelt und mit Gegennaht geschweißt werden. Die innenseitig erste Lage einseitig geschweißter Nähte muss glatt und mit der Innenfläche der Bohrung bündig geschliffen werden.

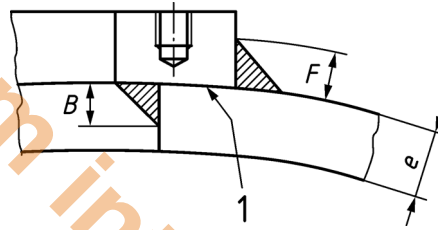
N.3 Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben

Typische Ausführungen von Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben sind in Bild N.3 dargestellt.



$F > e$ oder höchstens 6 mm

a)



$B < e$ oder höchstens 6 mm

b)

Legende

1 Der Ring sollte eng am Mantel oder Dachblech anliegen.

ANMERKUNG Der Spalt sollte an keinem Punkt größer sein als 3 mm.

Bild N.3 — Typische Ausführungen von Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben

Anhang O
(informativ)

Bündige Tanktüren und Entwässerungssümpfe

0.1 Bündige Tanktüren

0.1.1 Allgemeines

Typische Ausführungen bündiger Reinigungsöffnungen nach den Anforderungen in 13.6.2 beruhen auf Erfahrungen und sollten sich als zufrieden stellend erwiesen haben.

0.1.2 Bündige Tanktüren mit Einschweißblechverstärkung

0.1.2.1 Bild 0.1 zeigt Einzelheiten einer typischen Einschweißblechverstärkung einer 915 mm × 1 230 mm großen Öffnung, wobei folgende Einschränkungen gelten:

Streckgrenze des Werkstoffs des unteren Mantelschusses $\leq 275 \text{ N/mm}^2$

Wanddicke des unteren Mantelschusses (e_1) $\leq 18,5 \text{ mm}$

Dicke des Einschweißblechs (e_i) $= 2e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$

Dicke des Bodenverstärkungsblechs (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Dicke von Deckel und Flansch (e_f) $= 0,78 H + 11$

Dabei ist

H die Höhe des Tanks, in Meter.

0.1.2.2 Bild 0.2 zeigt Einzelheiten einer typischen Einschweißblechverstärkung einer 300 mm × 1 230 mm großen Öffnung, wobei folgende Einschränkungen gelten:

Unterer Mantelschuss aus einem der in Abschnitt 6 angeführten Werkstoffe gefertigt

Wanddicke des unteren Mantelschusses (e_1) $\leq 18,5 \text{ mm}$

Dicke des Einschweißblechs (e_i) $= 2e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$

Dicke des Bodenverstärkungsblechs (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Dicke von Deckel und Flansch (e_f) $= 0,52 H + 6$

Dabei ist

H die Höhe des Tanks, in Meter.

0.1.3 Bündige Tanktüren mit Verstärkungsblech

0.1.3.1 Bild 0.3 zeigt Einzelheiten eines typischen Verstärkungsblechs einer 915 mm × 1 230 mm großen Öffnung, wobei folgende Einschränkungen gelten:

Streckgrenze des Werkstoffs des unteren Mantelschusses $\leq 275 \text{ N/mm}^2$

Wanddicke des unteren Mantelschusses (e_1) $\leq 37 \text{ mm}$

Werkstoff des Verstärkungsblechs = Werkstoff des unteren Mantelschusses

Dicke des Verstärkungsblechs (e_r) $= e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$ Werkstoff

Dicke des Bodenverstärkungsblechs (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Dicke von Deckel und Flansch (e_f) $= 0,78 H + 11$

Dabei ist

H die Höhe des Tanks, in Meter.

0.1.3.2 Bild 0.4 zeigt Einzelheiten eines typischen Verstärkungsblechs einer 300 mm × 1 230 mm großen Öffnung, wobei folgende Einschränkungen gelten:

Unterer Mantelschuss aus einem der in Abschnitt 6 angeführten Werkstoffe gefertigt

Wanddicke des unteren Mantelschusses (e_1) $< 40 \text{ mm}$ Werkstoff

Werkstoff des Verstärkungsblechs = Werkstoff des unteren Mantelschusses

Dicke des Verstärkungsblechs (e_r) $= e_1 \leq 40$

Dicke des Bodenverstärkungsblechs (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Dicke von Deckel und Flansch (e_f) $= 0,52 H + 6$

Dabei ist

H die Höhe des Tanks, in Meter.

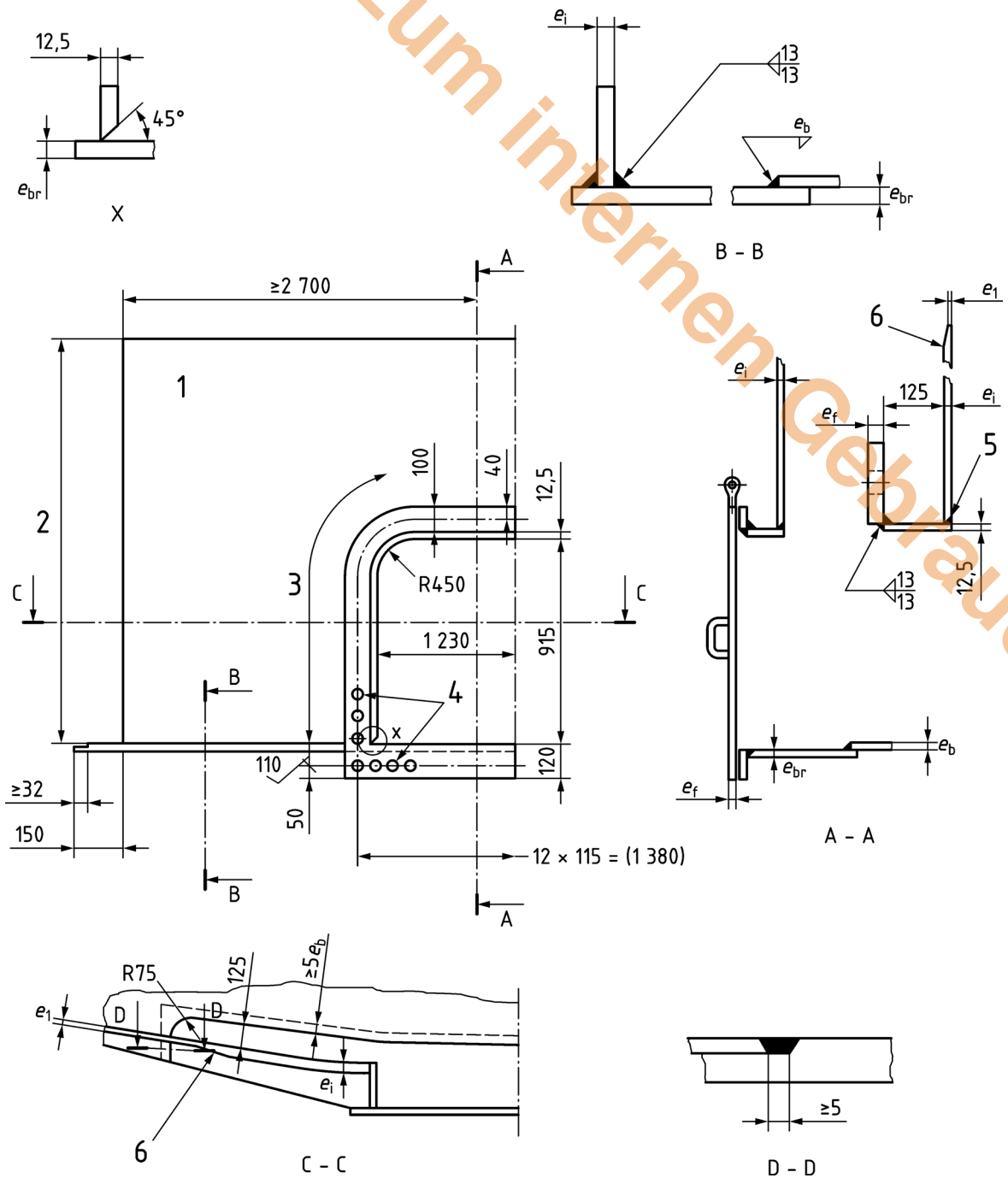
0.2 Entwässerungssümpfe

Typische Einzelheiten für die Auslegung von Entwässerungssümpfen nach 13.6.3 sind in Bild 0.5 dargestellt.

0.3 Kombiniertes Entwässerungs- und Reinigungsumpf

Typische Einzelheiten für die Auslegung von kombinierten Entwässerungs- und Reinigungsümpfen nach 13.6.4 sind in Bild 0.6 dargestellt.

Maße in Millimeter



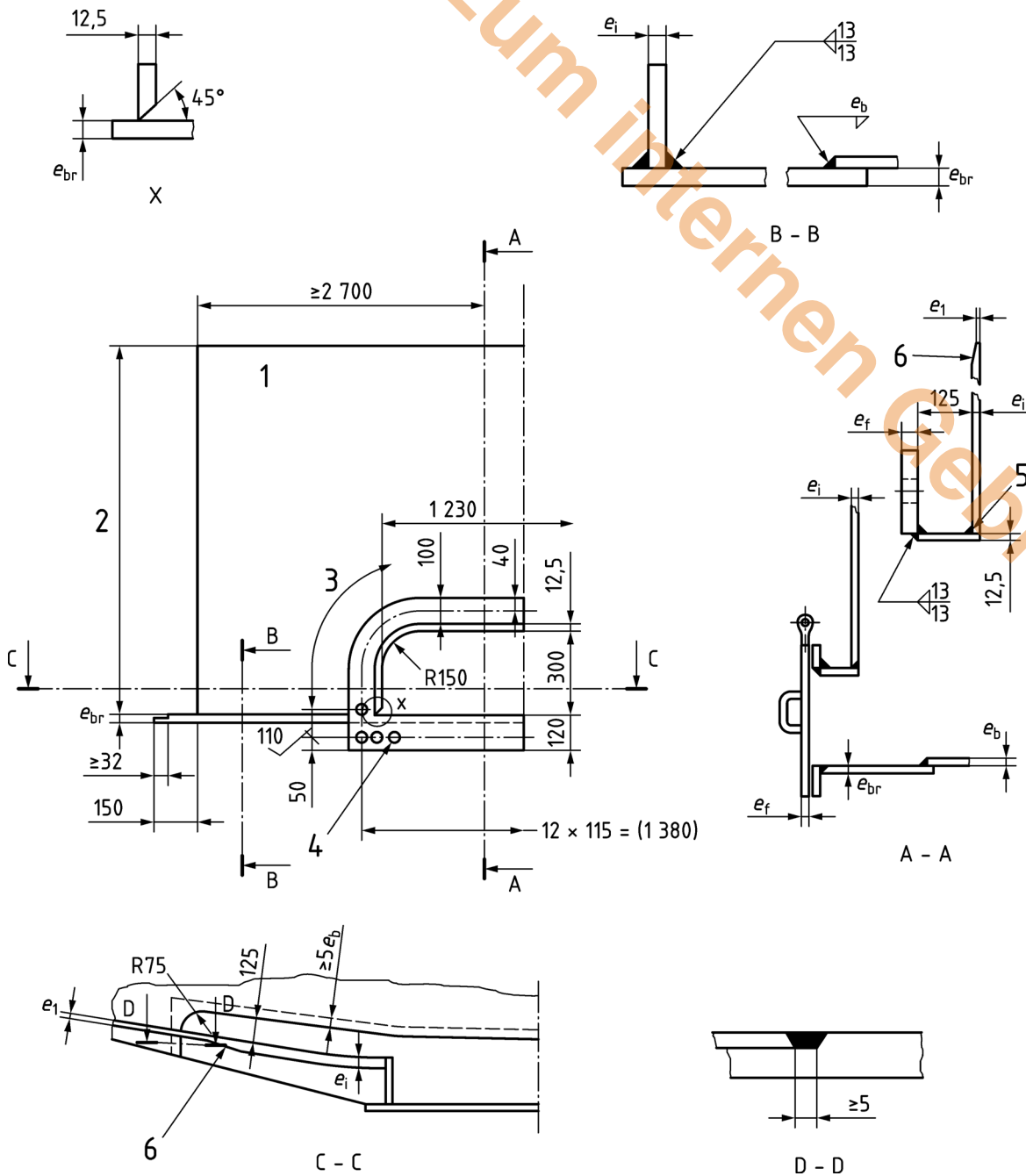
Legende

e_1	Wanddicke des unteren Mantelschusses	e_{br}	Dicke des Bodenverstärkungsblechs
e_i	Dicke des Einschweißblechs	e_b	Dicke des Tankbodenblechs
e_f	Dicke von Deckel und Flansch		
1	Einschweißblech	3	46 Bohrungen, \varnothing 28 mm, für Schrauben M24
2	Breite des Blechs	4	Schweißnaht (siehe Bild 11 c))
3	32 gleiche Teilungen	5	Kantenabschrägung 1 : 5

Bild O.1 — Typische bündige Tür mit Einschweißblechverstärkung für eine 915 mm x 1 230 mm große Öffnung

Nur zum internen Gebrauch

Maße in Millimeter

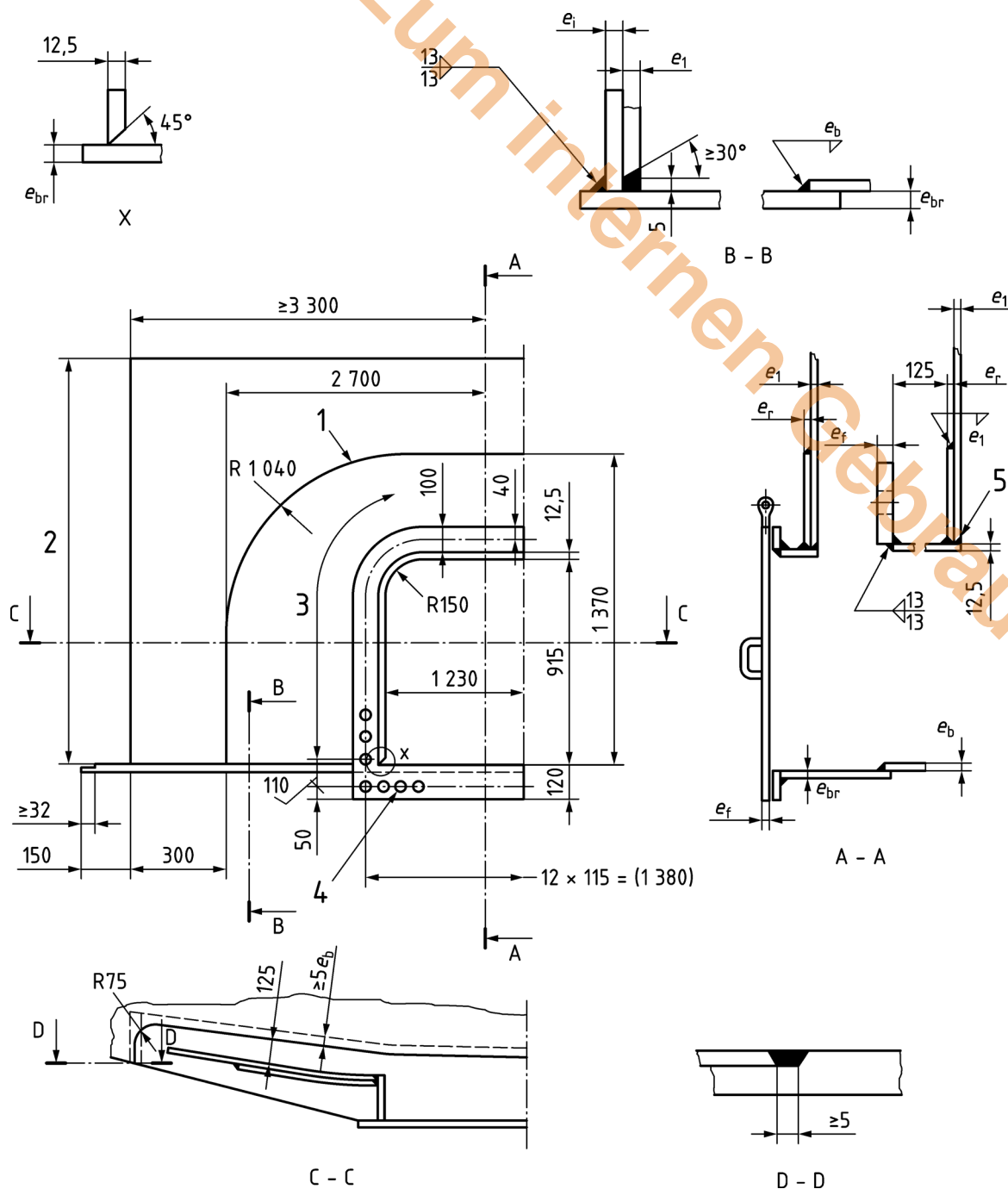


Legende

- | | |
|--|--|
| e_1 Wanddicke des unteren Mantelschusses | e_{br} Dicke des Bodenverstärkungsblechs |
| e_i Dicke des Einschweißblechs | e_b Dicke des Tankbodenblechs |
| e_f Dicke von Deckel und Flansch | |
| 1 Einschweißblech | 4 34 Bohrungen, \varnothing 28 mm, für Schrauben M24 |
| 2 Breite des Blechs | 5 Schweißnaht (siehe Bild 11 c)) |
| 3 20 gleiche Teilungen | 6 Kantenabschrägung 1 : 5 |

Bild 0.2 — Typische bündige Tür mit Einschweißblechverstärkung für eine 300 mm x 1230 mm große Öffnung

Maße in Millimeter

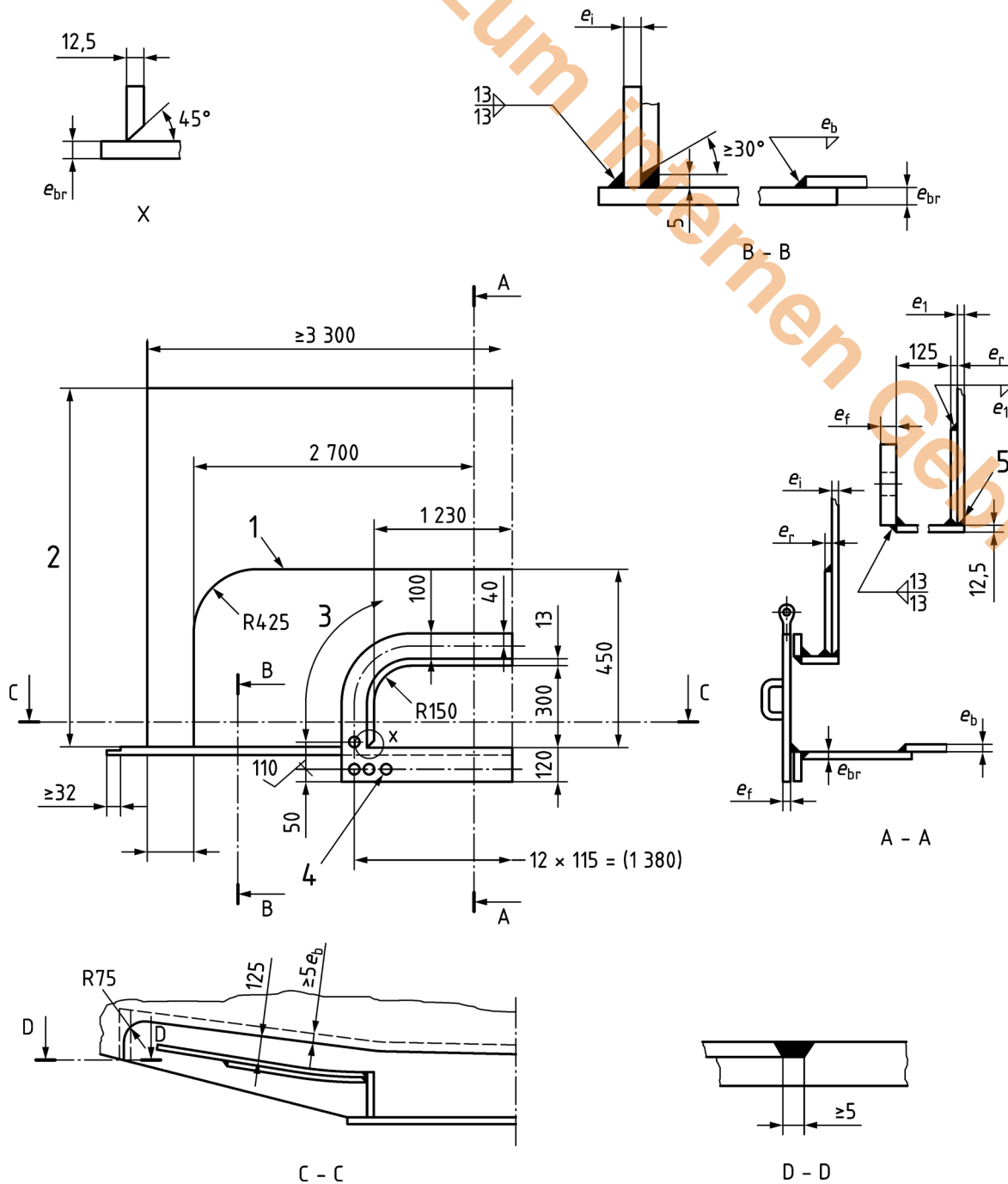


Legende

- | | |
|--|--|
| e_1 Wanddicke des unteren Mantelschusses | e_{br} Dicke des Bodenverstärkungsblechs |
| e_i Dicke des Einschweißblechs | e_b Dicke des Tankbodenblechs |
| e_f Dicke von Deckel und Flansch | |
| 1 Verstärkungsblech | 4 46 Bohrungen, \varnothing 28 mm, für Schrauben M24 |
| 2 Breite des Blechs | 5 Schweißnaht (siehe Bild 11 b)) |
| 3 32 gleiche Teilungen | |

Bild O.3 — Typische bündige Tür mit Verstärkungsblech für eine 915 mm x 1230 mm große Öffnung

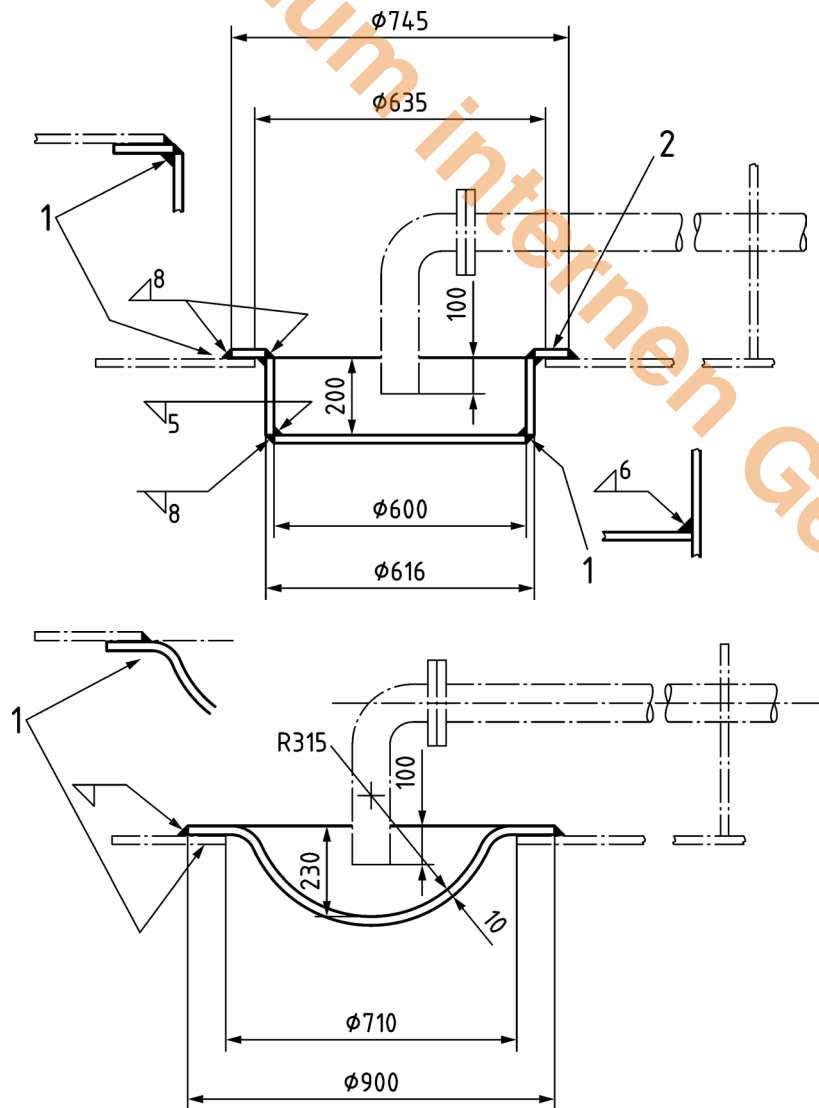
Maße in Millimeter



Legende

- | | | | |
|-------|--------------------------------------|----------|--|
| e_1 | Wanddicke des unteren Mantelschusses | e_{br} | Dicke des Bodenverstärkungsblechs |
| e_i | Dicke des Einschweißblechs | e_b | Dicke des Tankbodenblechs |
| e_f | Dicke von Deckel und Flansch | | |
| 1 | Verstärkungsblech | 4 | 34 Bohrungen, \varnothing 28 mm, für Schrauben M24 |
| 2 | Breite des Blechs | 5 | Schweißnaht (siehe Bild 11b)) |
| 3 | 20 gleiche Teilungen | | |

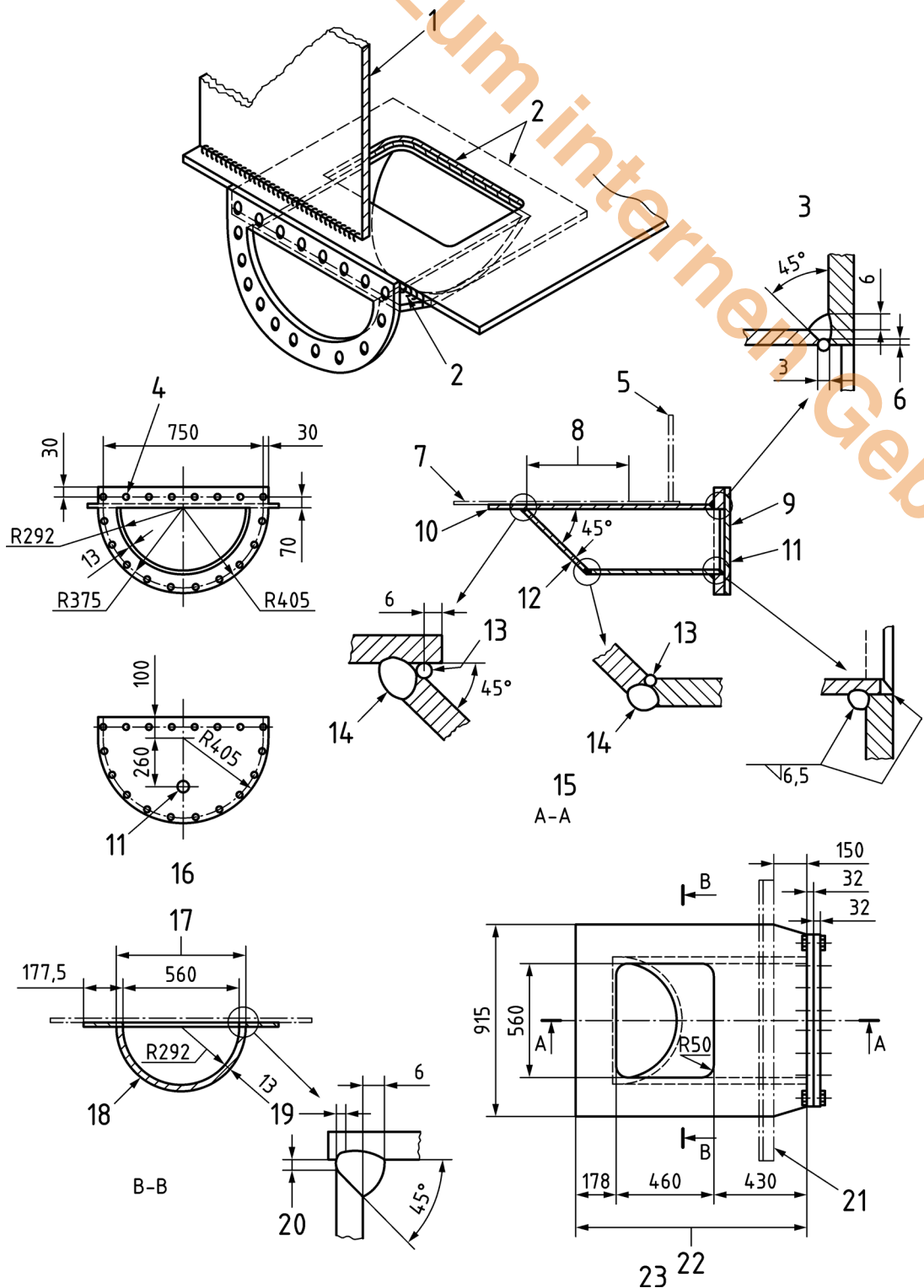
Bild 0.4 — Typische bündige Tür mit Verstärkungsblech für eine 300 mm x 1 230 mm große Öffnung



Legende

- 1 alternative Ausführung
- 2 alternativ kann der Flansch auch eingezogen sein

Bild 0.5 — Typische Ausführung von Entwässerungssümpfen



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 auf der Baustelle geschweißt

ANMERKUNG Zur Sicherheit kann der Sumpf mit einem Rost abgedeckt werden.

Bild 0.6 — Typische Ausführung eines kombinierten Entwässerungs- und Reinigungsumpfes

Anhang P (informativ)

Heiz- und/oder Kühlsysteme

P.1 Allgemeines

Das Lagergut kann mittels Durchfluss eines Wärmeübertragungsmittels geheizt oder gekühlt werden.

ANMERKUNG Dieser Anhang gilt nicht für elektrisch betriebene Heizungen.

P.2 Wärmeübertragungsmittel

Gewöhnlich werden folgende Wärmeübertragungsmittel verwendet:

- Wasser;
- glykolhaltiges Wasser;
- entmineralisiertes Wasser;
- Heißdampf;
- gesättigter Dampf;
- Spezialöle.

Die Auswahl des Mittels wird durch die Sicherheitsvorkehrungen gegen die folgenden wesentlichen Risiken bestimmt:

- Risiko einer Verunreinigung durch das Lagergut;
- Risiko einer exothermen Reaktion;
- Explosionsrisiko.

P.3 Arten von Heiz- oder Kühleinrichtungen

Folgende Heiz- und Kühleinrichtungen können verwendet werden.

Im oder auf dem Tankboden installiert:

- waagerechte Rohrschlangen;
- durch Sammler miteinander verbundene waagerechte oder senkrechte Standardgeräte;
- geschweißte Platten (mit unterschiedlichen Oberflächen).

Am Tankmantel installiert:

- senkrechte Rohrschlangen an der Tankinnen- oder -außenseite;
- geschweißte Platten (mit unterschiedlichen Oberflächen).

Auf dem Tankdach installiert:

- Plattenwärmetauscher mit geschweißten oder abnehmbaren Platten;

- Rohrschlangen.

Außerhalb des Tanks installiert:

- externe Wärmetauscher.

P.4 Einbau

Art, Ausführung, Maße und Einbauort der Heiz- oder Kühleinrichtung sollten von einer entsprechend qualifizierten Person festgelegt werden.

Abnehmbare oder teilweise abnehmbare Systeme werden im Allgemeinen über dem Tankboden installiert. Sie dürfen jedoch auch an Tankmantel oder -dach angebracht werden, sollten aber in ausreichend großem Abstand von Mantel oder Dach angeordnet werden, damit keine heißen Stellen und in der Folge unzulässige Ausdehnungsspannungen für Wände und Tragwerke erzeugt werden.

Über dem Tankboden installierte Heizungen sollten in einer Höhe von mindestens 80 mm, bei sedimenthaltigen Produkten noch höher angebracht werden, wobei die Einbauhöhe auch von den Reinigungszyklen des Tanks abhängen kann.

Die Verwendung innen- oder außengeschweißter Heiz-/Kühlflächen sollte in einer gesonderten Studie untersucht werden.

Da ein Heiz- oder Kühlkreislauf für das Lagergut in einem Tank als Druckgerät nach den Regeln der Druckgeräterichtlinie betrachtet werden kann, sollte er nach EN 13445 bzw. EN 13480-1 ausgelegt, hergestellt, eingebaut und geprüft werden. Eine Druckprüfung sollte ebenfalls durchgeführt werden, wenn die für das verwendete Wärmeübertragungsmittel geltenden Regeln dies erfordern.

Der Heiz-/Kühlkreislauf sollte aus geraden Rohren, U-förmigen Rohrbögen oder spiralförmigen Glatt- oder Rippenrohren hergestellt werden. Diese Teile können:

- Sonderanfertigungen oder Standardteile sein;
- je nach erforderlicher Heiz-/Kühlleistung in einer oder mehreren Lagen von Rohrschlangen angeordnet werden; oder
- über einen oder mehrere Einlässe verfügen.

Die für den Kreislauf oder die Kreisläufe verwendeten Rohre sollten aus einem mit dem Lagergut kompatiblen Metall hergestellt sein, und je nach Wärmeaustauschkoeffizient und Reinigungsanforderungen sollten glatte oder gerippte Rohre verwendet werden.

Abhängig vom Lagergut und aus Sicherheitsgründen können Verstrebungen an Heizkreisläufen unzulässig sein.

Die Halterungen für die Heiz- oder Kühleinrichtung sollten so ausgelegt und an einer solchen Stelle angebracht werden, dass durch das Anschweißen der Halterungen an Blechen, die wiederum mit den Mantelblechen verschweißt sind, keine Spannungen im Mantel verursacht werden.

Die Heiz-/Kühlrohre sollten sich relativ zu den Halterungen frei bewegen können, und wenn häufige Temperaturwechsel zu erwarten sind, sollte der Hersteller geeignete Vorkehrungen gegen übermäßigen Verschleiß der Rohre treffen.

Die Zu- und Ableitung des Wärmeübertragungsmittels kann über einen oder mehrere Stützen durch den Tankmantel erfolgen.

Die Rohrdurchführungen durch den Tankmantel sollten als Stützen mit Verstärkung ausgeführt werden, da der Tankmantel im Allgemeinen als Festpunkt angesehen wird.

Anhang Q (informativ)

Empfehlungen für die Auslegung und Anbringung der Dämmung

Q.1 Allgemeines

Zweck dieses Anhangs ist es nicht, Einzelheiten der Dämmsysteme selbst festzulegen, sondern vielmehr eine Grundlage zu vermitteln, auf der diese Festlegungen getroffen werden können, und die Bereitstellung von geeigneten mechanischen Befestigungen für das Isoliermaterial erleichtern, die fester Bestandteil der Tankherstellung sind. Die Empfehlungen gelten für Lagertanks, in denen Produkte bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen gelagert werden und die so groß sind, dass das Wickeln der Dämmung keinen zuverlässigen Halt ergibt und eine direkte Befestigung am Tank erforderlich ist.

Um geeignete Ausführungsarten und Verfahren zur Befestigung der Dämmung auswählen zu können, wird darauf hingewiesen, dass es im Fall von neu zu errichtenden Tanks entscheidend ist, die Notwendigkeit der Dämmung frühzeitig in Betracht zu ziehen, damit die erforderlichen Vorkehrungen bereits bei der Auslegung und Errichtung des Tanks berücksichtigt werden können. In diese Überlegungen sollte auch eine möglicherweise erforderliche Dämmung des Tankdachs einbezogen werden.

Bei kleinen Tanks ist die sichere Befestigung der Dämmung kein Problem, bei Tanks mit Durchmessern von 10 m bis 15 m ergeben sich jedoch beträchtliche Probleme durch Windlasten, Unterdruckeffekte, unterschiedliche Wärmeausdehnung und Ausdehnung durch den Flüssigkeitsdruck. Mehr als 12 m lange Matten werden nicht empfohlen; werden sie verwendet, so sind besondere Auslegungserfordernisse zu beachten.

Die Dämmung sollte möglichst direkt am Tank angebracht werden. Möglichkeiten dafür sind das Aufsprühen der Dämmung, Aufschäumen am Standort oder die mechanische Befestigung am Tank. Während das Anschweißen von Stehbolzen oder Halterungen aus Stahl bei kleinen Tanks zufriedenstellend sein kann, können Auslegung und Integrität der Konstruktion bei großen Tanks durch Schweißarbeiten wesentlich beeinträchtigt werden; das Schweißen an großen Tanks ist dennoch zulässig, wenn es bei der Tankauslegung berücksichtigt wird. In Fällen, in denen Schweißen unzulässig ist, ist Kleben ein alternatives Befestigungsverfahren, das jedoch Einschränkungen hinsichtlich der Temperatur unterliegt und nur von sachkundigem Personal angewendet werden sollte.

Grundsätzlich sollten durch geschweißte Anbauteile am gesamten Umfang und über die Höhe des Tanks verteilt Befestigungspunkte geschaffen werden, an denen senkrechte oder waagerechte Glieder angebracht werden können. Die tragende Konstruktion und geschweißte Anbauteile sollten so ausgelegt werden, dass die Eigenlasten und die für den Standort erwarteten überlagerten Windlasten auf den Tank übertragen werden.

Aspekte der Auslegung, die in diesem Anhang nicht behandelt werden, sollten den Anforderungen des vorliegenden Dokuments entsprechen.

Im Folgenden werden grundlegende Erwägungen zu den Verfahren, mit denen annehmbare Dämmsysteme erreicht werden, dargelegt. Zu den für große Tanks geeigneten Dämmsystemen gehören:

- a) handgefertigte Mineralfasermatten oder vorgeformte Schaumstoffblöcke mit Verkleidung;
- b) Einbringen von Schaum hinter die Verkleidung am Standort;
- c) Laminatplatten aus Schaumstoff und Verkleidung; und
- d) Sprühschaum.

Für bestimmte Anwendungsfälle kann ein eigenes Dämmsystem mit Befestigung und Witterungsschutz geeignet sein. Der Einsatz eines solchen eigenen Systems sollte vereinbart werden (siehe A.2). Das Element des Systems, das zur mechanischen Befestigung dient und Bestandteil des Tanks ist, sollte eindeutig bezeichnet werden.

In diesem Anhang werden gesonderte Hinweise für den Konstrukteur und den Errichter des Tanks gegeben.

ANMERKUNG Dieser Anhang kann auch in Bezug auf den Einbau einer Dämmung an bestehenden Tanks angewendet werden.

Q.2 Auslegungserwägungen

Q.2.1 Allgemeines

Bei der Auslegung eines Dämmsystems, das aus dem eigentlichen Isoliermaterial, der Befestigung am Tank und dem Schutz der Dämmung vor Witterungseinflüssen besteht, sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- a) das Lagergut im Tank unter Betriebsbedingungen;
- b) der Lagertank selbst;
- c) die Dämmstoffe;
- d) das mechanische Befestigungssystem der Dämmung; und
- e) die Vorkehrungen zum Schutz der Dämmung und ihrer Befestigung vor Witterungseinflüssen.

Das zu verwendende Dämmsystem sollte zwischen dem Tankkonstrukteur, dem Auftragnehmer für die Dämmung und dem Besteller vereinbart werden.

Das Dämmsystem einschließlich der mechanischen Halterungen und Befestigungsmittel sollte so ausgelegt sein, dass es den mechanischen und thermischen Spannungen standhält, die aus allen bekannten Einflussgrößen, einschließlich der in Q.2.2 bis Q.2.5 aufgeführten Lastfaktoren, resultieren. Diese Einflussgrößen sollten als gleichzeitig einwirkend angenommen werden.

Wegen der verhältnismäßig großen Kräfte könnten sehr umfangreiche Vorkehrungen für die mechanische Befestigung erforderlich sein, die häufig direkt an der Tankaußenseite erfolgen könnte. Bei der Auslegung der Befestigung sollte der Konstrukteur des Tanks bestrebt sein, die Anzahl von Befestigungspunkten am Tank möglichst gering zu halten.

Häufig sind Vorgespräche mit den Auftragnehmern für die Dämmung bei der Ermittlung geeigneter Systeme und der wahrscheinlich notwendigen Befestigungsart hilfreich.

Q.2.2 Eigenlast

Eigenlasten resultieren aus dem Gewicht aller Teile des Dämmsystems.

Q.2.3 Windlasten

Bei der Auslegung des Dämmsystems sollten die Wirkungen der Windlasten berücksichtigt werden (siehe 7.2.10).

Die Grundlagen der Windlastberechnungen sollten vereinbart werden (siehe A.2).

Q.2.4 Wärmeausdehnung

Die Möglichkeit relativer Bewegungen zwischen Tank und Dämmsystem aufgrund thermischer Einflüsse sollte bei der Auslegung berücksichtigt werden. Der Bereich der Betriebstemperaturen sollte angegeben werden (siehe A.1).

Q.2.5 Bewegung durch Flüssigkeitsdruck

Der Druck des Tankinhalts bewirkt eine geringfügige Ausbauchung, die zu einer Zunahme des Tankdurchmessers um etwa 0,1 % führen kann. Es kann erforderlich sein, dies bei der Auslegung des Dämmsystems zu berücksichtigen, und der genaue Wert sollte vom Tankkonstrukteur angegeben werden.

Q.3 Mechanische Befestigung

Q.3.1 Allgemeines

Bei den mechanischen Befestigungen werden folgende Typen unterschieden.

- a) *Primäre mechanische Halterungen*, deren Glieder als Bestandteile des mechanischen Befestigungssystems unmittelbar an der Tankoberfläche angebracht werden;
- b) *Sekundäre mechanische Halterungen*, deren Glieder als Bestandteile des mechanischen Befestigungssystems nicht unmittelbar an der Tankoberfläche, sondern an primären oder anderen sekundären Stützgliedern angebracht werden.

Geeignete mechanische Befestigungen für das Dämmsystem sollten nach einem der folgenden Verfahren oder Kombinationen daraus ausgeführt oder angebracht werden:

- 1) an den Tank geschweißte primäre Halterungen, an denen das Dämmsystem direkt oder mit sekundären Halterungen befestigt wird;
- 2) an den Tank geklebte primäre Halterungen, an denen das Dämmsystem befestigt wird; oder
- 3) ein im Wesentlichen freitragender Tragrahmen.

Schweißen ist das vorzugsweise anzuwendende Befestigungsverfahren, ist aber nicht immer möglich. Wenn auch in jedem Fall alle Beteiligten dem gewählten System zustimmen sollten, sind die Verantwortlichkeiten im Einzelnen wie folgt verteilt, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht.

- i) In den Fällen 1) und 2) sollte der Auftragnehmer für die Dämmung mit dem Tankkonstrukteur die Anbringungsstellen der Halterungen für das Dämmsystem, die in den Tankmantel übertragenen Lasten sowie die Grundlage für die Berechnungen oder andere verwendete Bezugsdaten abstimmen. Falls gefordert, sollte der Auftragnehmer für die Dämmung dem Tankkonstrukteur Einzelheiten der Berechnung zur Genehmigung vorlegen.
- ii) Im Fall 3) sollte das außen angebrachte Tragwerk oder die Rahmenkonstruktion als Bestandteil des Dämmsystems angesehen werden, das vom Auftragnehmer für die Dämmung zu liefern ist. Die bei Auslegung und Errichtung anzuwendenden Verfahren sollten mit dem Tankkonstrukteur abgestimmt werden.

Die Maße der mechanischen Halterungen senkrecht zur Oberfläche, an der die Dämmung befestigt wird, sollten auf die Dicke der Dämmung abgestimmt werden.

Q.3.2 Angeschweißte Halterungen

Der Tankkonstrukteur sollte verantwortlich sein für die Zulassung der Werkstoffe und Schweißverfahren für die primären mechanischen Halterungen, die Bestandteil des Tanks sind. Der Tankerrichter sollte verantwortlich sein für die Anbringung der primären Halterungen an der Tankmanteloberfläche. Das Anschweißen der primären Halterungen an den Tank sollte vor Durchführung der Flüssigkeitsdruckprüfung abgeschlossen sein. Die Anzahl der an Stahl mit einer festgelegten Streckgrenze $\geq 275 \text{ N/mm}^2$ durch Mehrfachschweißen angebrachten Dämmungshalterungen sollte auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Der von Mitte zu Mitte gemessene Abstand zwischen benachbarten Halterungen sollte mindestens 3 m betragen. Sämtliche Schweißnähte sollten glatt geschliffen und einer Magnetpulverprüfung unterzogen werden (siehe 19.6). Die Halterungen sollten wie folgt ausgeführt sein:

- a) Als Halterungsplatten (mit Maßen von mindestens $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$), deren Ecken mit einem Radius von mindestens 12 mm abzurunden sind, deren Abstand zur nächstgelegenen Schweißnaht mindestens 150 mm beträgt und die nur an ihren waagerechten Kanten geschweißt werden (siehe Bild Q.1);
- b) Winkel oder an ihrer Kante angeschweißte Bleche mit einer am Tankumfang gemessenen Länge von mindestens 100 mm, deren Abstand zur nächstgelegenen Schweißnaht mindestens 150 mm beträgt und die nur an ihren waagerechten Kanten geschweißt werden (siehe Bild Q.2).

ANMERKUNG Wasseransammlungen oder stehendes Wasser auf der Oberseite der Stützen und/oder Windverbände können übermäßige Korrosion unter der Dämmung (en: corrosion under insulation, CUI) zur Folge haben. Der nachstehende Punkt c) ist zu berücksichtigen.

- c) Falls senkrechte Halterungen festgelegt sind, sollte berücksichtigt werden, dass durch den Innendruck verursachte radiale Ausdehnungen im unteren Teil des Tankmantels zu allzu hohen Spannungen in den Verbindungsschweißungen dieser Halterungen am Tankmantel führen können. In diesen Fällen sollten auch die geforderten Abstände zu bestehenden Schweißnähten berücksichtigt werden.

Die Werkstoffe der primären Halterungen sollten nach den in Abschnitt 6 des vorliegenden Dokuments festgelegten Anforderungen ausgewählt werden. In den Fällen a) und b) dürfen sekundäre Halterungen an den Halterungsplatten, Blechen oder Leisten angeschweißt oder befestigt werden. Bei am Tankumfang angebrachten Halterungswinkeln sollte der Abstand ihrer Schweißnähte von der nächstgelegenen Horizontalnaht mindestens 150 mm betragen. Die Schweißarbeiten sollten von zugelassenen Schweißern ausgeführt und die Schweißverfahren und zerstörungsfreien Prüfverfahren zwischen Tankkonstrukteur und Besteller vereinbart werden.

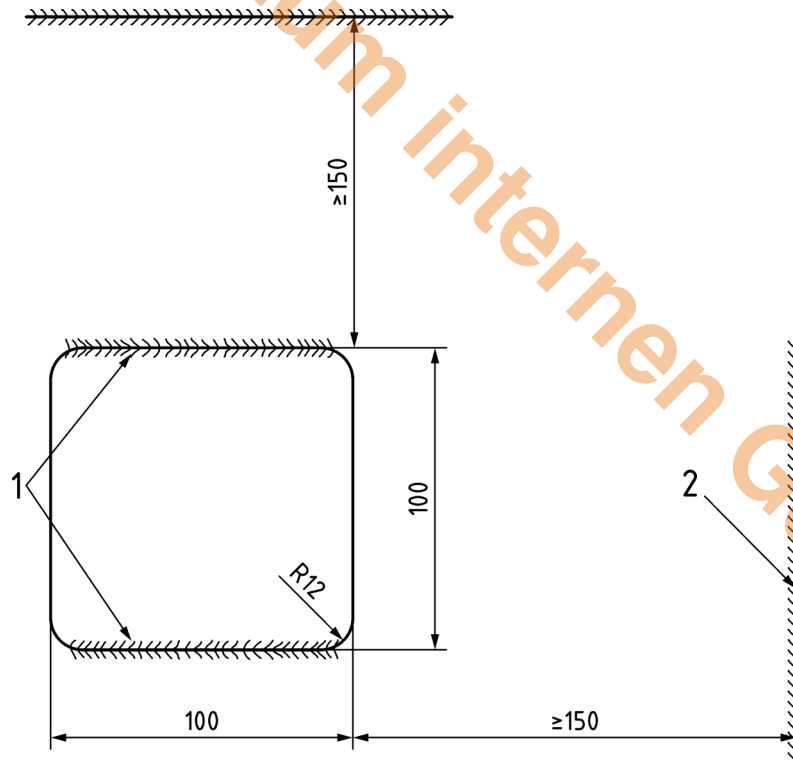
An ihrer Kante angeschweißte Bleche oder Halterungsplatten sollten in waagerechten Reihen in geeigneten senkrechten Abständen von üblicherweise 2 m bis 3 m angeordnet werden. Die Maße waagerechter primärer oder sekundärer Halterungswinkel sollten mindestens $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ betragen; ihr Radius sollte auf das Dämmsystem abgestimmt sein (siehe Q.8.1.3). Der Abstand zwischen benachbarten Gliedern sollte nicht mehr als $\pm 15 \text{ mm}$ von den festgelegten Maßen und der Abstand zwischen den obersten und untersten Gliedern nicht mehr als $\pm 25 \text{ mm}$ von den festgelegten Maßen abweichen. Der vorstehende Schenkel des Gliedes sollte nach unten gerichtet sein, damit Wasser während der Errichtung bzw. des Einbaus ablaufen kann.

Q.3.3 Angeklebte Halterungen

Q.3.3.1 Allgemeines

Werden die Halterungen an den Tankmantel angeklebt, so sollten verwendete Werkstoffe und angewendete Verfahren den Betriebsbedingungen des Tanks, einschließlich sowohl der mechanischen als auch der thermischen Belastungen, standhalten. Die Tankmanteloberfläche um die Befestigungsstelle und die Kontaktfläche des zu befestigenden Gliedes sollten sandgestrahlt werden, und der Klebstoff sollte nur auf saubere, trockene Metallflächen unter strikter Einhaltung der Anweisungen des Klebstoffherstellers aufgetragen werden. Bei der Auswahl des Klebstoffs sollten die klimatischen Bedingungen am Standort, besonders die Temperatur zum Zeitpunkt der Verarbeitung, berücksichtigt werden. Verfahrens-, Zulassungs- und Abnahmeprüfungen sollten in Übereinstimmung mit den entsprechenden Festlegungen durchgeführt werden (siehe A.1).

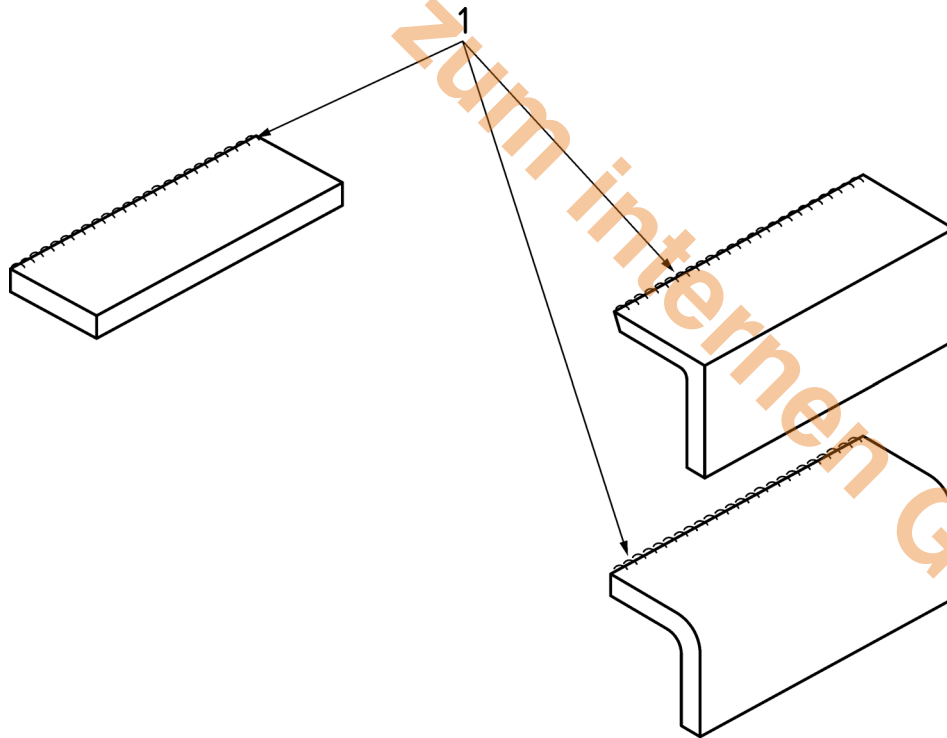
Maße in Millimeter



Legende

- 1 durchgehende Schweißnaht
- 2 Schweißnaht

Bild Q.1 — Halterungsplatten



Legende

1 durchgehende Schweißnaht

Bild Q.2 — Halterungswinkel und -bleche

Q.3.3.2 Verfahrensprüfungen

Das Befestigungsverfahren sollte entsprechenden Prüfungen unterzogen werden, in denen zur Zufriedenheit des Bestellers nachgewiesen wird, dass die Befestigung das 12fache der aus den Windlasten und sonstigen Lasten berechneten erforderlichen Festigkeit aufweist (siehe Q.2.2 bis Q.2.5). Als Teil dieser Prüfungen sollte die Befestigung für einen Zeitraum von mindestens zwei Monaten den Temperaturen und gegebenenfalls Temperaturzyklen, die auf den Tankmantel im Betrieb einwirken, ausgesetzt werden.

Q.3.3.3 Zulassungsprüfungen

Die Klebeverbindungen sollten nur von entsprechend geschultem Personal ausgeführt werden; das für die Arbeit vorgesehene Personal sollte die Zulassungsprüfung innerhalb eines Monats vor Beginn der Arbeiten zur Vorbereitung der Klebeverbindung abgelegt haben. Die Zulassungsprüfung sollte sechs Klebeverbindungen umfassen, die nach dem für den Vertragsabschluss vorgeschlagenen Verfahren und im Beisein von Prüfern entsprechend der Vereinbarung zwischen Besteller und Tankkonstrukteur hergestellt werden.

Die Festigkeit der nach dem vereinbarten Verfahren geprüften Verbindungen sollte das 12fache der geforderten Mindestfestigkeit überschreiten.

Q.3.3.4 Abnahmeprüfungen

Es sollten Aufzeichnungen geführt werden, anhand derer die Halterungen ermittelt werden können, die mit dem Klebstoff eines Loses angebracht wurden. Für jedes Los sollte eine Prüfung mit dem Dreifachen der berechneten Last durchgeführt werden. Versagen mehr als 5 % eines Loses, so sollte sämtlicher Klebstoff dieses Loses abgelöst und ersetzt werden.

Q.3.4 Außen angebrachte Tragrahmen

In bestimmten Fällen darf ein Tragrahmen verwendet werden, der oben und unten am Tankmantel befestigt wird. Ein solcher Tragrahmen kann entweder zwischen Tankmantel und Dämmung oder an der Außenseite der Dämmung angebracht sein.

Q.3.5 Sekundäre Stützglieder

Für die Auslegung von sekundären Stützgliedern und ihren Befestigungen an der primären Halterung sollte der Auftragnehmer für die Dämmung verantwortlich sein, der die Genehmigung des Tankkonstruktors für Auslegung und Befestigungsmittel einholen sollte. Löcher in an den Tankmantel angeschweißte Stützglieder sollten gebohrt, nicht gestanzt werden, und gegebenenfalls verwendete Schneidschrauben sollten einen maximalen Durchmesser von 6 mm aufweisen.

Q.3.6 Dachdämmung

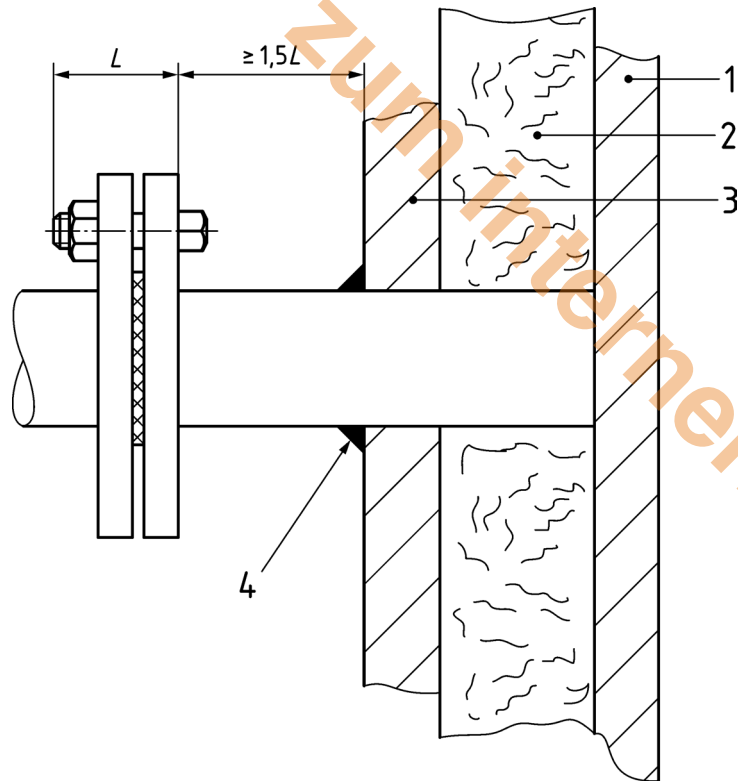
Es ist wichtig, eine möglicherweise erforderliche Dämmung des Daches frühzeitig mit zu berücksichtigen. Das Dach sollte eine ausreichende Steifigkeit aufweisen, um die Durchbiegung auf ein Mindestmaß zu begrenzen; die Dachneigung sollte so gewählt werden, dass die Dämmung ausreichend gegen Witterungseinflüsse geschützt ist.

Bei Tanks, bei denen der Mantel, nicht aber das Dach gedämmt ist, sollte durch Berechnungen überprüft werden, ob die Spannungen, die in der Dachstützenkonstruktion durch unterschiedliche Temperaturen von Dachblechen und Tragwerk hervorgerufen werden, zulässig sind; Temperaturunterschiede ergeben sich z. B. dann, wenn kalter Regen auf die Dachbleche fällt.

Q.4 Einzelheiten der Auslegung

Q.4.1 Stutzen und Mannlöcher

Sofern nichts anderes vereinbart ist, sollten Stutzen und Mannlöcher mit Flanschen aus dem Tankmantel über eine Länge herausragen, die mindestens der Dicke der Dämmung plus dem 1,5fachen der Schraubenslänge entspricht (siehe Bild Q.3). Ragt ein Stutzen weiter aus dem Tankmantel, so sollte er gedämmt werden (siehe Q.6.1). Liegen mehrere Stutzen eng zusammen, so sollten sie versetzt angeordnet werden, damit ein Abstand zwischen den gedämmten Flanschen von mindestens 50 mm sichergestellt ist. Alle Stutzen- und Mannlochverbindungen, die zu dämmen sind, sollten eindeutig gekennzeichnet sein.



Legende

- 1 Tankmantel
- 3 Verkleidung
- 2 Dämmung
- 4 Flüssigkeitsdichtung

Bild Q.3 — Typische Ausführung von Stützen oder Mannlöchern mit Flansch

Q.4.2 Verbindungen von Treppen

Bei Treppen mit zwei Stützbalken sollte der innere Stützbalken so weit vom Tank entfernt sein, dass sein Abstand zur Außenseite der Dämmung mindestens 75 mm beträgt. Treppen, deren Stufen direkt an den Tankmantel angeschweißt werden, sollten bei gedämmten Tanks nicht verwendet werden.

Q.4.3 Halterungen im Bereich von Versteifungsringen (Windverbänden)

Waagerechte Halterungen sollten in Abständen von höchstens 300 mm unter und höchstens 150 mm über Versteifungsringen (Windverbänden) angebracht werden. Zwischenversteifungen sollten, sofern die Versteifungswinkel nicht an der Innenseite des Tankmantels angeschweißt sind, ebenfalls in die Dämmung des Mantels einbezogen werden.

Q.4.4 Dachüberstand

Ist das Tankdach mit einem Überstand über den Tankmantel ausgelegt, so sollte dieser mindestens der Dicke der Dämmung plus 50 mm entsprechen. Wenn der Wetterschutz des Daches Bestandteil des Dämmsystems ist, sollte das Dach ebenfalls mindestens 50 mm über die Dämmung des Tankmantels überstehen. Der Dachüberstand sollte vollständig in die Dämmung einbezogen werden. Einzelheiten dazu sollten zwischen dem Konstrukteur und dem Auftragnehmer für die Dämmung vereinbart werden.

ANMERKUNG Alle dem ursprünglichen oberen Bordwinkel hinzugefügten Werkstoffe, die mit einer Manteldämmung zu versehen sind, sollten in die Berechnungen für Dächer mit Reißnaht einbezogen werden, siehe Anhang K.

Q.4.5 Versteifungsringe (Windverbände)

In bestimmten Fällen ist es wünschenswert, Versteifungsringe an der Innenseite des Tankmantels anzubringen (siehe Q.6.3).

Q.4.6 Außenliegende Versteifungsringe (Windverbände) und Dämmung zwischen Tankboden und -mantel

Außenliegende Versteifungsringe (Windverbände) und eine Dämmung zwischen Tankboden und -mantel stellen Störstellen in der Tankhülle dar und bedürfen deshalb der genauen Betrachtung durch den Konstrukteur des Dämmsystem in Absprache mit dem Konstrukteur des Tanks, um Folgendes zu vermeiden:

- a) unzulässige Temperaturgefälle im Tankmantelwerkstoff durch freiliegende Teile;
- b) Korrosion durch Ansammlung korrosiver Flüssigkeiten in diesen Bereichen.

Es sollte darauf geachtet werden, dass sämtliche tragenden Teile innerhalb der Dämmung liegen; dies gilt besonders für hohe Lagertemperaturen, wobei jedoch jeder Fall einzeln betrachtet werden sollte.

Q.5 Korrosionsschutz

Da bei vorhandener Dämmung eine Untersuchung der Tankmanteloberfläche nicht mehr möglich ist, sollte vor Anbringung der Dämmung eine Grundierung aufgebracht werden. Dazu sollten Tankmantel und Anbauteile trocken und fettfrei sein und lose anhaftende Partikel entfernt werden, bevor die mit dem Besteller zu vereinbarende Grundierung aufgetragen wird. Bei zu dämmenden Dächern wird empfohlen, die Grundierung in zwei Schichten aufzutragen. Wird die Grundierung bereits im Werk vorgenommen, so sollten bei der Errichtung verursachte Schäden der Grundierung sorgfältig ausgebessert werden.

Wird die Dämmung erst am Standort aufgesprüht oder aufgeschäumt, so sollte darauf geachtet werden, dass die Grundierung mit dem Schaumsystem kompatibel ist und durch die Schaumbildung oder die Betriebsbedingungen nicht beeinträchtigt wird. Werden der Schaumdämmung feuerhemmende Stoffe zugesetzt, so sollten Maßnahmen zum Schutz gegen halogeninduzierte beschleunigte Korrosion in Betracht gezogen werden.

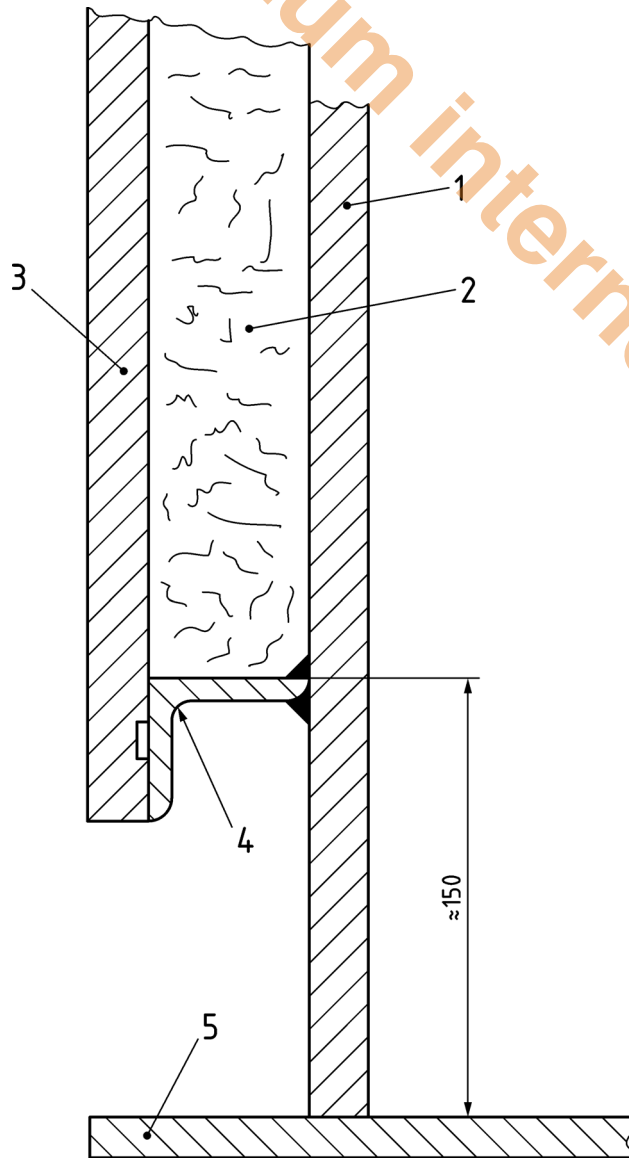
Q.6 Dämmung

Q.6.1 Allgemeines

Die Dicke der Dämmung sollte entweder festgelegt oder so ausgelegt sein, dass die festgelegten Anforderungen bezüglich Wärmeverlust erfüllt werden (siehe A.1). Um Korrosion zu vermeiden und die Untersuchung des unteren Tankbereichs zu ermöglichen, sollte die Dämmung etwa 150 mm über dem Tankboden enden, sofern dadurch keine unzulässigen Spannungen erzeugt werden (siehe Bild Q.4). Falls die erzeugten Spannungen das zulässige Maß überschreiten, dürfen für die Dämmung des Tankmantels unterhalb der untersten waagerechten Halterung verschäumte Glaselemente verwendet werden, die mit Bitumen oder einem anderen geeigneten Klebstoff angebracht werden.

Die Dämmung des Mantels sollte möglichst genau unter den Dachüberstand passen und gegen das Eindringen von Wasser geschützt werden (siehe Bild Q.5).

Bei gedämmten Dächern sollte besonders auf ausreichenden Korrosionsschutz geachtet werden (siehe Q.4.4, Q.7.3 und Q.8.4).

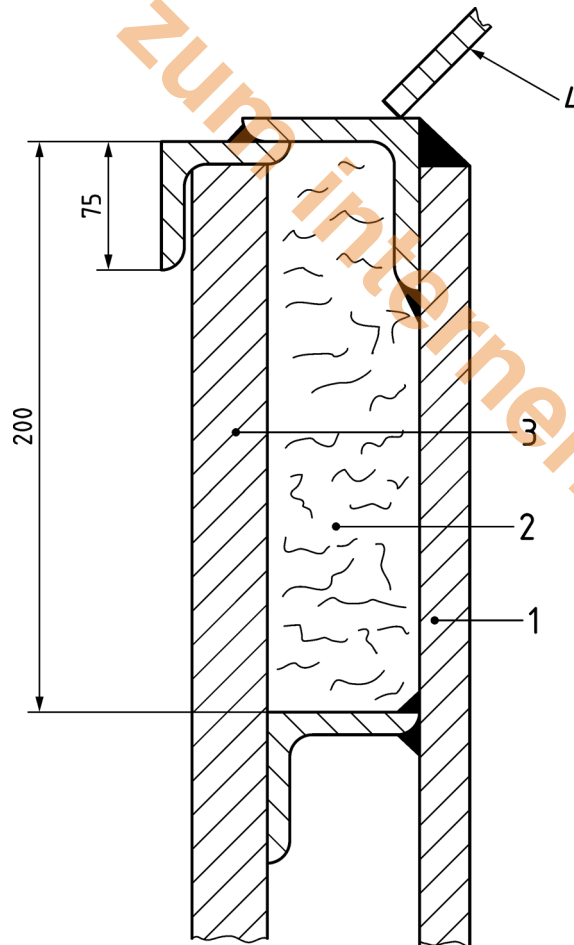


Legende

- 1 Tankmantel
- 3 Verkleidung
- 5 Boden- oder Bodenrandblech
- 2 Dämmung
- 4 Bodenglied

Bild Q.4 — Typische Anordnung, die den Abschluss der Dämmung im Bereich des Tankbodens zeigt

ANMERKUNG Bei verankerten Tanks gilt der Wert von 150 mm für den Abstand über dem Haupt-Ankerstützenblech. Es kann jedoch erforderlich sein, die durch die Wärmeunterschiede zwischen den gedämmten und nicht gedämmten Teilen dieses Tankmantelsegments induzierten Spannungen zu beurteilen.



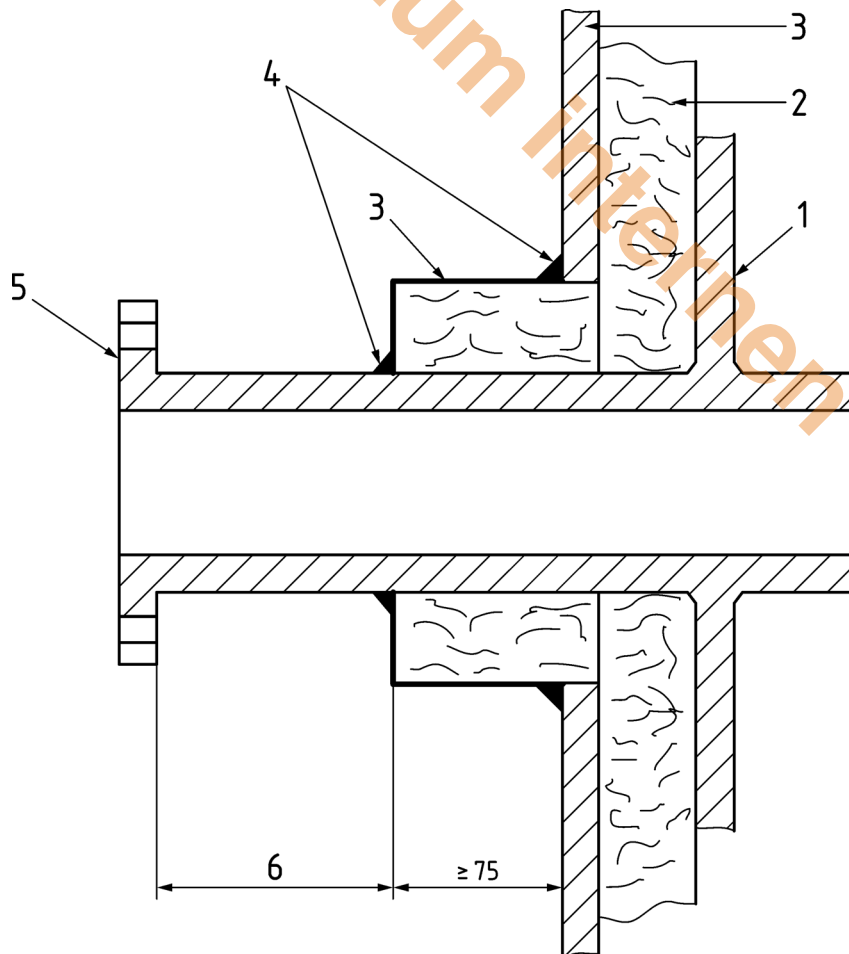
Legende

- 1 Tankmantel
- 3 Verkleidung
- 2 Dämmung
- 4 Dachblech

Bild Q.5 — Typische Ausführung einer ausschließlich am Mantel befestigten Dämmung unter dem Dachüberstand

Q.6.2 Stützenverbindungen und Mannlöcher

Stützen oder Mannlöcher sollten zusammen mit Tankmantel und Dach gedämmt werden, wenn sie bis zu einer Länge aus dem Tankmantel herausragen, die der Summe aus der Dicke der Dämmung, der Tiefe der Verkleidung und dem 1,5fachen der Schraubenlänge entspricht (siehe Bild Q.3). Ist der Überstand größer, so sollten sie gedämmt und oberflächenbehandelt werden, bevor die Hauptdämmung an Mantel und Dach angebracht wird (siehe Bild Q.6).



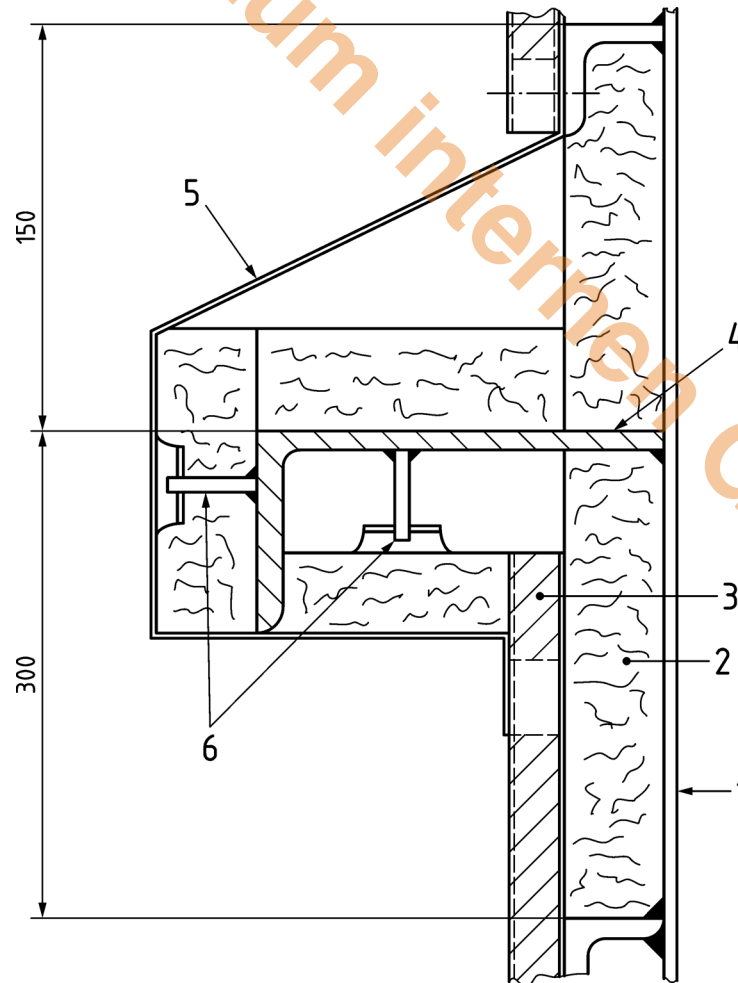
Legende

- 1 Tankmantel
- 3 Verkleidung
- 5 Stutzenflansch
- 2 Dämmung
- 4 Flüssigkeitsdichtung
- 6 > 1,5-fache Schraubenlänge

Bild Q.6 — Typische Ausführung von Stutzen oder Mannloch mit zusätzlicher Abzweigungsdämmung

Q.6.3 Versteifungsringe (Windverbände)

Die Versteifungsringe (Windverbände) und zugehörigen Halterungen sollten in die Manteldämmung einbezogen werden, um die Temperaturunterschiede auf ein Mindestmaß zu verringern. Die Dämmung sollte mit Zwischenblechen oder Metall-Dehnscheiben und Schnellverschlüssen an 6 mm dicken Stiften aus Baustahl befestigt werden, deren Länge gleich der Dicke der Dämmung minus 6 mm ist. Bild Q.7 zeigt eine typische Ausführung einer örtlichen Dämmung am Versteifungsring.



Legende

- 1 Tankmantel
- 3 Verkleidung
- 5 Versteifungsstrebe
- 2 Dämmung
- 4 Versteifungsring
- 6 6-mm-Stifte aus Baustahl

Bild Q.7 — Typische Ausführung einer örtlichen Dämmung am Versteifungsring (Windverbände)

Q.7 Verkleidung

Q.7.1 Allgemeines

Eine Verkleidung ist bei den meisten Dämmungssystemen üblich. Die Wirksamkeit einer Dämmung hängt besonders von der Sorgfalt bei der Auslegung und Anbringung der Verkleidung ab. Bei der Auswahl von Art und Güte der Verkleidung sollten die Umgebungsbedingungen auf beiden Seiten berücksichtigt werden.

Es ist wichtig, dass die Verkleidung vor der Errichtung sauber, fett- und korrosionsfrei und auf der innenliegenden Seite trocken gehalten wird, bis der Einbau abgeschlossen ist und alle Verbindungen abgedichtet sind.

Q.7.2 Seitenwandverkleidung

Eine dauerhafte direkte Berührung von Treppenstützen und Verkleidung sollte vermieden werden. Ausschnitte in der Verkleidung für Treppenstützen sollten mit dauerelastischer Fugenmasse (z. B. Mastix) gegen das Eindringen von Wasser abgedichtet werden. Für senkrechte und waagerechte Nähte der Verkleidung wird eine Abdichtung üblicherweise nicht für erforderlich gehalten.

Die Seitenwandverkleidung des Tanks sollte aus Wellblechen aus Aluminium oder feuerverzinktem Baustahl bestehen, die an den Stützgliedern angebracht werden. Die Mindesthöhe der Wellbleche sollte 25 mm betragen. Bei Wellblechen mit Sinusprofil sollten der Schutz gegen das Eindringen von Wasser und die sichere Befestigung besonders berücksichtigt werden. Die Mindestnenndicke der Bleche sollte betragen:

- a) 1,0 mm für Aluminium; und
- b) 0,7 mm für feuerverzinkten oder kunststoffbeschichteten Stahl.

Aluminiumbleche sollten EN 573-3:2013, Güte EN AW 3103, 3105 oder 5251, entsprechen.

Feuerverzinkter Baustahl sollte EN 10346 entsprechen.

In waagerechter Richtung sollte die Überlappung benachbarter Bleche mindestens eine Welle betragen, und die Bleche sollten mit Blindnieten mit Linsenkopf in Abständen von höchstens 100 mm befestigt werden. Die Nieten sollten aus mit der Verkleidung kompatiblen Werkstoff bestehen und eine ausreichende Festigkeit aufweisen, um dem in der Aulsegung angesetzten maximalen Windsog standzuhalten.

In senkrechter Richtung sollten die Verkleidungsplatten darunter liegende Platten mindestens um 75 mm überlappen und mit Blindnieten mit Linsenkopf in einem Abstand vom Blechrand von mindestens 25 mm an diesen befestigt werden.

Die Bleche sollten an den betreffenden Stützgliedern mit Befestigungsmitteln angebracht werden, die den vereinbarten Windlasten und Tankbewegungen aufgrund von Wärmeausdehnung und Flüssigkeitsdruck standhalten.

Q.7.3 Dachverkleidung

Die Dachverkleidung sollte aus glatten oder geprägten Metallplatten mit folgender Mindestnenndicke bestehen:

- a) 1,0 mm für Aluminium; und
- b) 0,9 mm für feuerverzinkten oder kunststoffbeschichteten Stahl.

Die Überlappungen der Verkleidung sollten mindestens 100 mm betragen und so ausgeführt werden, dass Wasser ablaufen kann. An den Überlappungen sollte vom Besteller zugelassenes Dichtmittel in einer durchlaufenden Raupe aufgetragen werden; die Verbindung sollte mit Blindnieten mit Linsenkopf aus einem mit der Verkleidung kompatiblen Werkstoff erfolgen. Die Blindnieten sollten in Abständen von höchstens 75 mm gesetzt werden.

Es sollte darauf geachtet werden, dass über den Dachrand ablaufendes Regenwasser die Integrität des Dämmsystems nicht beeinträchtigt.

Q.8 Befestigung der Dämmung

Q.8.1 Dämmplatten oder -blöcke mit Metallverkleidung

Q.8.1.1 Mineralwolle mit Metallverkleidung

Die Dämmung sollte aus Mineralwolle mit einer Dichte von mindestens 48 kg/m³ bestehen.

Der Dämmstoff sollte an den waagerechten Stützgliedern angebracht und im Falle einer Verkleidung aus verzinktem Stahl mit (mindestens) 1 mm dickem verzinktem Bandagedraht und im Falle einer Verkleidung aus Aluminium oder Stahl mit Kunststoffüberzug mit (mindestens) 0,5 mm dickem Draht aus nichtrostendem Stahl befestigt werden. Die Dämmplatten sollten so zwischen den waagerechten Stützgliedern eingepasst werden, dass alle Kanten stumpf aneinander stoßen und dass senkrechte Stöße eines Schusses zu denen der benachbarten Schüsse versetzt sind. Die Bandagedrähte sollten in Abständen von höchstens 450 mm angebracht werden, wobei jede Dämmplatte mit mindestens zwei Drähten befestigt wird.

Q.8.1.2 Dämmplatten oder -blöcke aus anderen Werkstoffen mit Metallverkleidung

Alternativ zu Mineralwolle dürfen zur Dämmung der Tankwände auch vorgeformte Platten aus Polyurethan oder Polyisocyanurat verwendet werden – wobei das Verfahren zu ihrer Befestigung ähnlich dem für Dämmplatten aus Mineralwolle beschriebenen Verfahren ist (siehe Q.8.1.1) – oder mit einem für die Betriebstemperatur geeigneten Klebstoff angeklebt werden.

Unter bestimmten Bedingungen können auch ausgeschäumte Glasblöcke erforderlich sein. Wird dieser Werkstoff verwendet, so sollten die Blöcke mit 20 mm breiten und 0,8 mm dicken Bändern aus einem verträglichen Werkstoff in Abständen von höchstens 450 mm befestigt werden. Diese Bänder sollten an senkrechten Zugankern befestigt werden, die an höchstens 12 m auseinander liegenden waagerechten Stützgliedern angebracht sind. Alternativ dürfen die Blöcke auch mit einem für die Betriebstemperaturen geeigneten Klebstoff angeklebt werden.

Q.8.1.3 Waagerechte Halterungen

Die waagerechten Halterungen sollten eine Breite in Tankumfangsrichtung haben, die ausreichenden Halt der Dämmung sicherstellt und mit dem Auftragnehmer für die Dämmung vereinbart wurde.

Q.8.2 Einbringen von Schaum hinter die Metallverkleidung am Standort

Die Art des Schaums und seine physikalischen und thermischen Eigenschaften sollten zwischen den Auftragnehmern für die Dämmung und den Tank sowie dem Besteller vereinbart werden. Die Verkleidung sollte Q.7.2 oder Q.7.3 entsprechen. Die Verkleidung kann entweder nach den Empfehlungen in Q.7.2 befestigt oder mit Hilfe von an der Tankwand befestigten Schaumstoffblöcken vereinbarter Art und Größe und der Mindestdicke der Dämmung entsprechender Dicke vom Tankmantel abgesetzt werden. Im letzten Fall sollten Maßnahmen zum Schutz der Verkleidung gegen Formänderung und Verschiebung während des Schäumens getroffen werden. Darüber hinaus erfordert die Befestigung der Dämmung an Tankmantel und Verkleidung besondere Aufmerksamkeit, um ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen Windlasten zu erreichen. An den Stellen, an denen Metallverbindungen für Laufstege usw. durch die Dämmung geführt sind, sollten Abweisbleche oder andere geeignete Mittel zum Schutz gegen Witterungseinflüsse vorgesehen werden. Alle Rohrverbindungen sollten gedämmt werden, bevor die Verkleidung angebracht wird. Der Abschluss der Dämmung an der Dachkante sollte wie in Bild Q.5 dargestellt ausgeführt werden.

Die Arbeitsfolge beim Verkleiden und Schäumen sowie das Verfahren zum Einbringen des Schaums und das Schaumbild sollten vom Tankauftragnehmer und Besteller genehmigt sein.

Der Auftragnehmer für die Dämmung sollte die Witterungsbedingungen und die für den Untergrund geltenden Temperaturgrenzwerte angeben, unter denen beim Schäumen zufrieden stellende Arbeitsergebnisse erzielt werden.

Die Auftragnehmer für Dämmung und Tank sowie der Besteller sollten Möglichkeiten vereinbaren, eine ausreichende Schaumgüte zu erreichen und diese auch zu überprüfen.

Q.8.3 Sprühschaum

Die Art des Schaums und seine physikalischen und thermischen Eigenschaften sollten zwischen den Auftragnehmern für die Dämmung und den Tank sowie dem Besteller vereinbart werden.

Der Auftragnehmer für die Dämmung sollte die Witterungsbedingungen und die für den Untergrund geltenden Temperaturgrenzwerte angeben, unter denen beim Sprühen zufrieden stellende Arbeitsergebnisse erzielt werden.

Die Dicke des Sprühschaums sollte die Auslegungsdicke nicht unterschreiten. Die Güte des Sprühschaums sollte zwischen Besteller und Auftragnehmer für die Dämmung vereinbart werden, und für Referenzzwecke sollten Proben mit dem vereinbarten Aussehen angefertigt und aufbewahrt werden. Die Auftragnehmer für Dämmung und Tank sowie der Besteller sollten Möglichkeiten vereinbaren, eine ausreichende Schaumgüte zu erreichen und diese auch zu überprüfen.

Eine gegebenenfalls erforderliche Oberflächenbeschichtung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse sollte vorzugsweise nach dem vollständigen Aushärten des Schaums aufgesprüht werden. Die Oberflächenbeschichtung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse sollte in zwei Schichten mit unterschiedlichen Farben aufgebracht werden. Ist ein besonderer Schutz gegen mechanische Schäden und/oder Beschädigungen durch Vögel gefordert, so sollte ein vereinbartes Verstärkungsmaterial zwischen den beiden Schichten des Schutzüberzugs aufgebracht werden. Der Schutzüberzug sollte die Flammenausbreitung hemmende Eigenschaften aufweisen. Der Auftragnehmer für die Dämmung sollte geeignete Vorkehrungen zum Schutz der Schaumdämmung am oberen Rand des Tanks gegen Witterungseinflüsse vorsehen.

Im unteren Bereich des Tanks sollte bis zu einer Höhe von etwa 150 mm über dem Tankboden keine Dämmung angebracht werden.

Q.8.4 Dächer

Im Falle von Dämmungen aus Mineralwolle mit Metallverkleidung sollte das mechanische Halterungssystem Q.3.5 und Q.3.6 entsprechen, wobei eine Aufkantung von mindestens der Dicke der Dämmung und höchstens der Dicke der Dämmung plus 5 mm eingehalten werden sollte. Die Verkleidung aus Metall sollte der Beschreibung in Q.7.3 entsprechen und so an den Halterungen befestigt werden, dass sie den Windlasten und windinduzierten Schwingungen standhält. Die Befestigung sollte mit der Verkleidung kompatibel sein.

Eine zusätzliche Verstärkung des Dämmsystems kann erforderlich sein, wenn das Dach begangen werden muss.

In bestimmten Fällen kann es angebracht sein, eine Schaumdämmung nach einem der beschriebenen Verfahren am Dach anzubringen, selbst wenn für den Tankmantel ein anderes Dämmsystem, z. B. Mineralwolle, festgelegt ist.

Q.9 Brandgefahr

Bei Verwendung einer Schaumdämmung aus organischen Kunststoffen kann bei Errichtung und Betrieb Brandgefahr bestehen. Wenn auch einige Materialien und Zusammensetzungen weniger feuergefährlich sind als andere, handelt es sich doch immer um brennbare Stoffe, bei denen eine gewisse Brandgefahr gegeben ist.

Anhang R (normativ)

Oberflächenbeschaffenheit

R.1 Mit dem Lagergut in Kontakt stehende interne Oberflächen

R.1.1 Allgemeines

Alle temporären Anbauteile sind durch Schleifen oder andere geeignete Maßnahmen abzutragen, ohne dabei das Grundmetall zu beschädigen.

Bereiche mit zu großer Schweißnahtüberhöhung sind abzutragen, ohne dass es zu einer Unterschreitung der Auslegungswanddicke kommt, ausgenommen in den nach 15.7 zulässigen Fällen.

Innenliegende Schweißnähte sind zu entzundern, und Bereiche, in denen Hebevorrichtungen verwendet wurden, sind zu reinigen und glattzuschleifen.

Die Innenflächen dürfen keine Schweißgutspritzer aufweisen.

R.1.2 Tanks aus unlegierten Stählen

In allen Bereichen des Tanks, in denen ein Schutzüberzug aufgetragen werden muss, muss die Oberflächenbeschaffenheit der Bleche und Schweißnähte den Festlegungen der den Überzug auftragenden Organisation entsprechen und mit dem Hersteller abgestimmt werden.

R.1.3 Tanks aus nichtrostendem Stahl

R.1.3.1 Allgemeines

Die Beschaffenheit der inneren Oberfläche des Tanks muss den Festlegungen entsprechen (siehe A.1) und hängt vom Lagergut ab.

Sind keine besonderen Festlegungen angegeben, so gilt Stufe 1.

Die betrachteten Oberflächen müssen alle Bleche, Anbauteile und Schweißnähte, die mit dem Lagergut in Berührung kommen, umfassen.

Für die Oberflächenbeschaffenheit sind drei Stufen festgelegt:

Stufe 1 Normale Oberflächen

Für Tanks, bei denen keine besondere Reinigung erforderlich ist.

Stufe 2 Saubere Oberflächen

Die Tanks können kalt gereinigt werden; Spuren des Lagerguts nach dem Entleeren sind zulässig.

Stufe 3 Hochreine Oberflächen

Die Tanks müssen vor jeder erneuten Nutzung heiß gereinigt und anschließend sterilisiert werden, um sämtliche Spuren des vorigen Lagerguts zu beseitigen.

R.1.3.2 Stufe 1 - Normale Oberflächen

Die Oberflächen müssen folgenden Anforderungen entsprechen:

Boden, Mantel, Dach:

- Die Metalloberflächen der Bleche müssen im Lieferzustand sein;
- nicht geglättete Kehlnähte sind zulässig;
- die Schweißnähte müssen gebürstet oder, falls erforderlich, gebeizt und passiviert sein;
- nur Sichtprüfung ist erforderlich.

Rohre und Anbauteile:

- Die Oberflächen müssen im Lieferzustand sein;
- der Wurzeleinbrand muss wie festgelegt sein;
- die Schweißnähte müssen gebürstet oder, falls erforderlich, gebeizt und passiviert sein;
- nur Sichtprüfung ist erforderlich.

R.1.3.3 Stufe 2 - Saubere Oberflächen

Die Oberflächen müssen folgenden Anforderungen entsprechen:

Boden, Mantel, Dach:

- Die Oberflächenrauheit muss im Mittel $Ra \leq 5 \mu\text{m}$ betragen;
- die Boden-Mantel-Dach-Verbindungen müssen, wo durchführbar, einen Radius von mindestens 6 mm aufweisen;
- der gesamte Tank muss gebeizt und passiviert werden;
- folgende Untersuchungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;
 - Überprüfung auf Wurzeleinbrand;
 - Stichprobenprüfung der Eckradien;
 - Stichprobenprüfung der Rauheit.

Rohre und Anbauteile:

- Die Oberflächenrauheit muss im Mittel $Ra \leq 5 \mu\text{m}$ betragen;
- der Wurzeleinbrand muss zwischen -0 mm und $+0,5 \text{ mm}$ betragen;
- der Bogenradius muss $r \geq 4D$ sein;
- der gesamte Tank muss gebeizt und passiviert werden;
- folgende Untersuchungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;

- Überprüfung auf Wurzeleinbrand;
- Stichprobenprüfung der Eckradien;
- Stichprobenprüfungen der Rauheit.

R.1.3.4 Stufe 3 - Hochreine Oberflächen

Die Oberflächen müssen folgenden Anforderungen entsprechen:

Boden, Mantel, Dach:

- Sämtliche Oberflächen von Blechen und Schweißnähten müssen zu 100 % poliert sein, und die Oberflächenrauheit muss im Mittel $R_a \leq 2,5 \mu\text{m}$ betragen;
- die Schweißnähte müssen bündig mit den Blechoberflächen sein;
- die Eckradien müssen, wo durchführbar, mindestens 6 mm betragen;
- der gesamte Tank muss gebeizt und passiviert werden;
- folgende Untersuchungen sind durchzuführen:
 - 100%-Sichtprüfung;
 - Überprüfung auf Wurzeleinbrand;
 - Überprüfung der Eckradien mit Lehre;
 - Stichprobenprüfungen der Rauheit.

Rohre und Anbauteile:

- Sämtliche Oberflächen müssen zu 100 % poliert sein, und die Oberflächenrauheit muss im Mittel $R_a \leq 2,5 \mu\text{m}$ betragen;
- der Wurzeleinbrand muss zwischen -0 mm und $+0,5 \text{ mm}$ betragen;
- Rohrbögen mit großem Radius aus nahtlosem, geschweißtem Rohr mit glatt geschliffener Naht;
- die Eckradien müssen, wo durchführbar, mindestens 6 mm betragen;
- der gesamte Tank muss gebeizt und passiviert werden;
- folgende Untersuchungen sind durchzuführen:
 - 100%-Sichtprüfung;
 - Überprüfung auf Wurzeleinbrand (endoskopisch);
 - Überprüfung der Eckradien mit Lehre;
 - Stichprobenprüfung der Rauheit.

R.2 Äußere Oberflächen

R.2.1 Allgemeines

Alle temporären Anbauteile sind durch Schleifen oder andere geeignete Maßnahmen abzutragen, ohne dabei das Grundmetall zu beschädigen.

Bereiche mit zu großer Schweißnahtüberhöhung sind abzutragen, ohne dass es zu einer Unterschreitung der Auslegungswanddicke kommt, ausgenommen in den nach 15.7 zulässigen Fällen.

Alle Schweißnähte sind zu entzundern, und Bereiche, in denen Hebevorrichtungen verwendet wurden, sind zu reinigen und glattzuschleifen.

Die Außenflächen der Bleche dürfen keine Schweißgutspritzer aufweisen.

Aussehen und Oberflächenbeschaffenheit des Tankäußeren müssen den Festlegungen entsprechen (siehe A.1).

Wenn die Oberfläche des Tanks mit einer Wärme- oder Brandschutzschicht zu überziehen ist und die Halterungen an den Tank angeschweißt werden, ist das Schweißen vor der Flüssigkeitsdruckprüfung vom Tankrichter oder mit dessen Zustimmung von einer Person mit entsprechender Zulassung durchzuführen.

R.2.2 Tanks aus unlegierten Stählen

Um Korrosionsstellen zu vermeiden, muss der Hersteller sicherstellen, dass es keine Bereiche am Tank gibt, die nicht mit einer Schutzbeschichtung überzogen werden können.

Das erforderliche Anstrichsystem ist bei der Bestellung festlegen (siehe A.1).

ANMERKUNG Es wird auf die Richtlinie 94/63/EG des Europäischen Parlaments und des Rates [6] verwiesen.

Der Auftragnehmer muss den Besteller benachrichtigen, wenn er die Bleche in grundiertem Zustand liefert.

R.2.3 Tanks aus nichtrostendem Stahl

Schweißnähte von Tanks aus nichtrostendem Stahl und Bereiche, von denen eine Verschmutzung durch Rost ausgehen kann, müssen gebeizt und passiviert werden.

Anhang S (normativ)

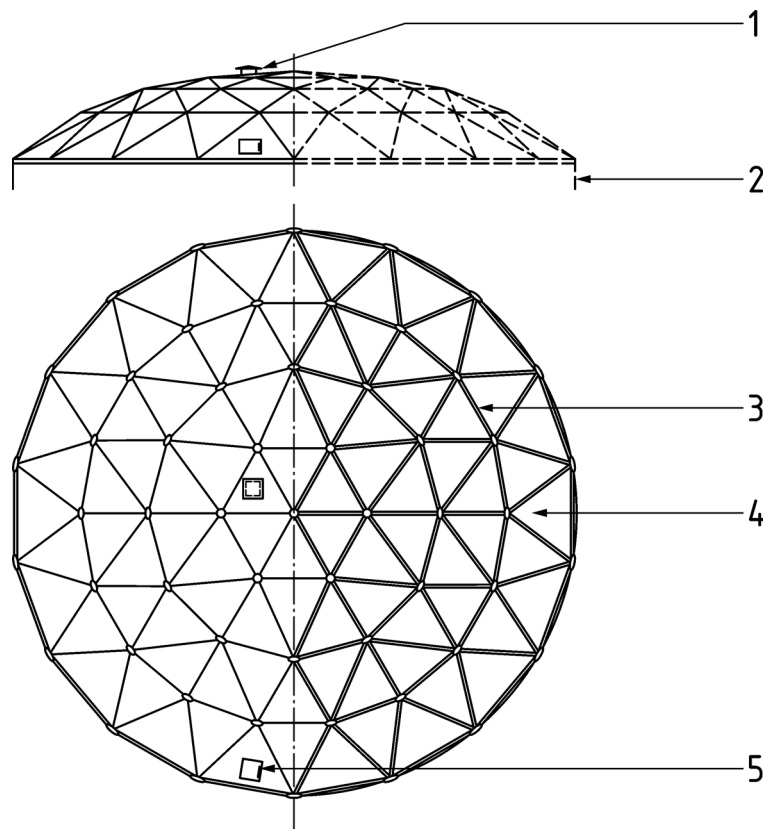
Freitragende Aluminiumdächer für Lagertanks

S.1 Allgemeines

S.1.1 Zweck

In diesem Anhang werden Mindestkriterien für die Auslegung, Fertigung und Errichtung von baulich aufgelagerten Aluminium-Kugelsegmentdächern festgelegt, siehe Bild S.1. Es gelten alle Anforderungen von EN 14015, mit Ausnahme der Anforderung an die höchste Auslegungstemperatur, die in diesem Fall 90 °C nicht überschreiten darf.

ANMERKUNG Temperaturen über 90 °C sind zulässig, sofern die Leistung des Kugelsegments und die konstruktive Überprüfung die erhöhte Temperatur umfassen.



Legende

- 1 offene Be- und Entlüftungseinrichtung nahe dem Mittelpunkt des Kugelsegmentdachs
- 2 Stütze
- 3 Spannring
- 4 Knoten
- 5 Inspektionsluke

Bild S.1 — Typische Einzelheiten eines geodätischen Aluminium-Kugelsegmentdachs

S.1.2 Definition

Ein konstruktiv abgestütztes Aluminium-Kugelsegmentdach ist ein vollständig aus Dreiecken zusammengesetztes Aluminium-Raumfachwerk, dessen Verstrebungen an über die Oberfläche einer Kugel verteilten Punkten miteinander verbunden sind. Verschlusspaneele aus Aluminium werden fest an den Rahmengliedern angebracht. Das Dach wird an gleichmäßig über den Umfang verteilten Befestigungspunkten mit dem Tank verbunden und von diesem gestützt.

S.1.3 Allgemeine Anwendung

S.1.3.1 Neue Tanks

Falls dieser Anhang für einen neuen Tank festgelegt ist, muss der Tank so ausgelegt werden, dass er das Aluminium-Kugelsegmentdach trägt. Der Dachhersteller muss die Größenordnungen und die Angriffsrichtungen aller aufgrund der Dachlasten auf den Tank wirkenden Kräfte sowie Einzelheiten zu den Dach-Mantel-Verbindungen angeben. Der Tank ist als offener Tank auszulegen, und seine Windverbände müssen die in 9.3 festgelegten Anforderungen erfüllen. Das Oberteil des Tankmantels muss für die Montage des Kugelsegmentdachs konstruktiv geeignet sein.

Der Tankhersteller und der für die Gründung zuständige Entwerfer tragen die Verantwortung für die Auslegung des Tank bzw. der Gründung für die vom Dach übertragenen und vom Dachhersteller angegebenen Lasten und Momente. Falls ein Dach mit festen Stützen festgelegt ist (siehe A.9), müssen diese Stützen direkt und starr mit dem Tank verbunden sein und muss das Oberteil des Tanks so ausgelegt sein, dass es dem vom Dach übertragenen waagerechten Seitenschub standhält.

S.1.3.2 Bestehende Tanks

Falls festgelegt ist, dass ein Aluminium-Kugelsegmentdach, das auf einen bereits bestehenden Tank (mit oder ohne Dach) aufgesetzt werden soll, diesem Anhang entsprechen muss, ist zu überprüfen, ob die Festigkeit des Tanks ausreicht, um das neue Dach zu tragen und die geltenden Anforderungen von Abschnitt 7 zu erfüllen. Allen betroffenen Parteien müssen Informationen zum bestehenden Tank, einschließlich Mindest-Mantelschussdicke des Tanks, Mantelschusshöhen des Tanks, Auslegungskorrosionszuschlag und Einzelheiten zu den bestehenden Verankerungen zur Verfügung gestellt werden. In den Spezifikationen sollten die vom Dachhersteller zu berücksichtigenden bestehenden oder neuen Zubehörteile festgelegt werden. Der Dachhersteller muss die Werte der aufgrund der Dachlasten auf den Tank wirkenden Kräfte angeben. Die Eignung des Tanks, die vom Kugelsegmentdach aufgetragenen Lasten zu tragen, ist nach EN 1993-1-6 zu verifizieren. Sofern nichts anderes festgelegt ist, trägt der Besteller die Verantwortung für alle Verstärkungen, die erforderlich sind, um den Tank in die Lage zu versetzen, das Dach zu tragen. Die Auslegung und Errichtung des Dachs muss der tatsächlichen Form des Tanks gerecht werden, sofern diese das geltende Rückweiskriterium einhält. Wer die Verantwortung für die Bestimmung der Tankform trägt, ist vom Besteller festzulegen. Der bestehende Tank muss mit einem Windverband ausgerüstet werden, der die in 9.3.2 festgelegten Anforderungen an einen offenen Tank erfüllt.

S.1.4 Besonderheiten

S.1.4.1 Freitragende Konstruktion

Das Aluminium-Kugelsegmentdach darf nur vom Rand des Tanks aus aufgelagert werden. Bei der Auslegung der Verbindung zwischen Dach und Tankrand sind die in S.1.3.1 und S.1.3.2 festgelegten Manteltoleranzen, Wärmeausdehnung und elastische Verformung des Kugelsegments unter Last und, falls erforderlich, des Tanks unter der Belastung durch das Lagergut zu berücksichtigen. Falls der Besteller keinen größeren Bereich festgelegt hat, ist bei der Auslegung des Kugelsegments ein Temperaturbereich von mindestens $\pm 35^\circ\text{C}$ um die Umgebungstemperatur anzusetzen.

S.1.4.2 Oberflächengüte

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss der für das Aluminium-Kugelsegmentdach verwendete Werkstoff walzblank sein (Siehe A.9).

S.1.4.3 Wartung und Inspektion

Der Dachhersteller muss ein Wartungs- und Inspektionshandbuch für diejenigen Dachbauteile zur Verfügung stellen, bei denen Wartungsmaßnahmen, regelmäßige Inspektionen oder beides erforderlich sein können (siehe A.9).

S.1.4.4 Gerichtliche Anforderungen

Der Besteller muss alle für das Aluminium-Kugelsegmentdach geltenden gerichtlichen Anforderungen angeben (siehe A.9).

S.2 Werkstoffe

S.2.1 Allgemeines

Um die Anforderungen dieses Anhangs zu erfüllen, müssen die verwendeten Werkstoffe neu sein. Der Dachhersteller muss dem Besteller eine vollständige Werkstoffspezifikation zur Genehmigung vorlegen (siehe A.9). Die Werkstoffe müssen mit dem für den Tank vorgesehenen Lagergut und der umgebenden Umwelt verträglich sein. Falls die maximale Auslegungstemperatur höher als 65 °C ist, dürfen keine Aluminiumlegierungen mit einem Magnesiumgehalt größer als 3 % verwendet werden.

S.2.2 Konstruktiver Rahmen

Konstruktive Rahmenglieder müssen aus 6061-T6 oder einer anerkannten Legierung mit nach EN 1999-1-1 ermittelten Eigenschaften gefertigt werden.

S.2.3 Dachplatten

Dachplatten müssen aus Aluminium der 3000er oder 5000er Reihe mit einer Nenndicke von mindestens 1,20 mm gefertigt werden.

S.2.4 Schrauben und Befestigungsmittel

Befestigungsmittel müssen aus 7075-T73 Aluminium, 2024-T4 Aluminium, austenitischem nichtrostenden Stahl oder anderen mit dem Besteller vereinbarten Werkstoffen gefertigt sein. Für die Befestigung von Aluminium an Stahl dürfen nur Befestigungsmittel aus nichtrostendem Stahl verwendet werden.

S.2.5 Dichtstoffe und Flachdichtungswerkstoffe

S.2.5.1 Dichtstoffe müssen mit dem Lagergut verträgliche Silikon- oder Urea-Urethan-Verbundstoffe sein. Die Dichtstoffe müssen über einen Temperaturbereich von -60 °C bis +90 °C flexibel bleiben, ohne zu reißen, zu brechen oder spröde zu werden. Die Dehnung, die Zugfestigkeit, die Härte und das Haftvermögen dürfen sich mit zunehmenden Alter oder bei Einwirkung von Ozon, UV-Strahlung oder Dämpfen des im Tank befindlichen Lagergutes nicht in signifikantem Maße ändern.

S.2.5.2 Als Werkstoff für vorgeformte Flachdichtungen sind Neopren, Silikon, Nitrilkautschuk (Buna N), Urea-Urethan oder EPDM-Elastomere zu verwenden, es sei denn, für die Verträglichkeit mit dem Lagergut sind andere Werkstoffe erforderlich (siehe A.9).

S.2.6 Scheiben für Oberlichter

Die Scheiben für Oberlichter müssen aus klarem Acryl oder Polycarbonat mit einer Nenndicke von mindestens 6 mm bestehen. Sofern der Besteller nichts anderes festgelegt hat, sind bei Kugelsegmentdächern auf Tanks, die nicht mit Schwimmdächern ausgerüstet sind, keine Oberlichter erforderlich (siehe A.9).

S.3 Zulässige Spannungen

S.3.1 Aluminiumbauglieder

Aluminiumbauglieder und -verbindungen sind nach EN 1999-1-1 oder dem von der Aluminium Association, Inc. (Washington, D.C.) veröffentlichten *Aluminium Design Manual* auszulegen, sofern nicht durch diesen Anhang und in Abstimmung mit dem Besteller geändert.

S.3.2 Aluminiumplatten (siehe S.2.3)

Aluminiumplatten müssen in einer zur Übertragung von überlagerten Lasten (siehe 7.1) angemessenen Weise am obersten Flansch der Kugelsegmentbalken angebracht werden und sachgemäße Ausführung zeigen. Befestigungsmittel dürfen nicht durch die Platte und den Flansch des Baugliedes gehen.

S.3.3 Schrauben und Befestigungsmittel

S.3.2.1 Es darf keine Auslegungssituation geben, in der die in Schrauben und Befestigungsmitteln auftretenden maximalen Spannungen die nach Tabelle S.1 zulässigen Spannungen überschreiten.

S.3.2.2 Sofern nichts anderes festgelegt ist, darf der Bohrungsdurchmesser für ein Befestigungsmittel höchstens gleich dem Durchmesser des Befestigungsmittels plus 1,5 mm sein (siehe A.9).

Tabelle S.1 — Schrauben und Befestigungsmittel (SI)

Werkstoffe	Zulässige Zugspannung ^{a,b} (MPa)	Zulässige Schubspannung ^{a,b,c} (MPa)
Austenitischer nichtrostender Stahl ^d	172	124
Austenitischer nichtrostender Stahl ^e	234	172
2024-T4 Aluminium	182	109
7075-T73 Aluminium	201	120

^a Zur Berechnung der Festigkeit der mit einem Gewinde versehenen Teile ist die Fläche am Gewindekern zu verwenden.

^b Im Falle seismischer Lasten dürfen diese Werte um ein Drittel erhöht werden.

^c Falls sich der Gewindebereich vollständig außerhalb der Schubfläche befindet, darf die Querschnittsfläche des Schaftes zur Bestimmung der zulässigen Schubbelastung herangezogen werden.

^d Für Schrauben mit einer Zugfestigkeit von mindestens 620 MPa.

^e Für Schrauben mit einer Zugfestigkeit von mindestens 860 MPa.

^f Im Falle von Befestigungsmitteln, die hier nicht dargestellt sind, muss die Auslegung nach dem von der Aluminium Association, Inc. (Washington, D.C.) veröffentlichten *Aluminium Design Manual* oder nach EN 1999-1-1 (Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken) erfolgen.

S.4 Auslegung

S.4.1 Auslegungsgrundsätze

S.4.1.1 Das Dachrahmensystem muss als dreidimensionales räumliches Rahmentragwerk oder Hängewerk mit einer Dachhaut (Dachplatten) ausgelegt werden, das Lasten über die Länge der einzelnen Glieder überträgt. Bei der Auslegung muss die aufgrund des Zuges in den Dachplatten erhöhte Kompression in den Rahmengliedern berücksichtigt werden.

S.4.1.2 Die in den Rahmengliedern und -platten unter den verschiedenen Auslegungslastbedingungen tatsächlich auftretenden Spannungen müssen je nach Vereinbarung mit dem Besteller kleiner oder gleich den nach EN 1999-1-1 oder dem *Aluminium Design Manual* zulässigen Spannungen sein.

S.4.1.3 Der zulässige allgemeine Beuldruck p_a muss größer oder gleich dem in 7.2.2 angegebenen Höchstdruck sein.

$$p_a = \frac{1,6E\sqrt{I_x A}}{LR^2(SF)} \quad (\text{S.4.1.3-1})$$

Dabei ist

E der Elastizitätsmodul der Kugelsegment-Rahmenglieder;

I_x das Trägheitsmoment der Rahmenglieder bei Biegung in einer Ebene senkrecht zur Kugelsegmentoberfläche;

A die Querschnittsfläche der Rahmenglieder;

R der Kugelradius des Kugelsegments;

L die durchschnittliche Länge der Rahmenglieder;

SF der Sicherheitsbeiwert = 1,65.

Alternativ ist p_a durch eine nichtlineare Analyse nach der Finite-Elemente-Methode mit einem Sicherheitsbeiwert gleich 1,65 zu bestimmen.

S.4.1.4 Die Nettofläche des Spannrings (ohne Schraubenlöcher und Obergurtvorstände) muss mindestens folgende Werte annehmen:

$$A_n = \frac{D^2 p}{8F_t \tan \theta} \quad (\text{S.4.1.4-1})$$

Dabei ist

A_n die Nettofläche des Spannrings;

D der Nenndurchmesser des Tanks;

P der in 7.2.2 und 10.6 angegebene Höchstdruck;

θ der durch 2 geteilte Mittelpunktswinkel des Kugelsegments oder der Dachneigung am Tankmantel;

F_t die für Bauteile des Spannrings zulässige Mindestspannung.

ANMERKUNG Diese Gleichung enthält keine Biegespannungen, die durch Lasten aus der am Balken montierten Platte hervorgerufen werden. Diese Spannungen sind ebenfalls bei der Spannringauslegung nach S.3.1 zu berücksichtigen.

S.4.2 Auslegungslasten

S.4.2.1 Lasten bei Kugelsegmentdächern

Kugelsegmentdächer sind für Folgendes auszulegen:

- a) die in 7.1 angegebenen Lasten;
- b) die in 7.1, 7.2 und 7.3 angegebenen Lastkombinationen.

S.4.2.2 Seismische Lasten

Falls der Tank für seismische Lasten ausgelegt ist, muss das Dach für Folgendes ausgelegt werden:

- a) eine horizontale seismische Kraft $F_h = A_i W_r$;
- b) eine vertikale seismische Kraft $F_v = + A_v W_r$.

A_i , A_v und W_r sind in Anhang G und 7.2.11 festgelegt. Die Kräfte müssen gleichmäßig über die Dachfläche verteilt aufgebracht werden.

Eine gleichzeitige Aufbringung von waagerechten und senkrechten Kräften ist nicht erforderlich.

S.4.2.3 Plattenlasten

S.4.2.3.1 Als Dachplatten sind in einem Stück gefertigte Aluminiumbleche zu verwenden (ausgenommen hiervon sind Oberlichter, wie nach den Festlegungen von S.8.3 zulässig). Das Dach muss so ausgelegt sein, dass es einer gleichförmig über die gesamte Fläche der Platte aufgetragenen Last von 3 kPa ohne bleibende Verformung standhält.

S.4.2.3.2 Das Dach muss so ausgelegt sein, dass es zwei jeweils über zwei getrennte Flächen von 0,1 m² einer beliebigen Platte verteilten Einzellasten von 1 100 N standhält.

S.4.2.3.3 Die in S.4.2.3.1 und S.4.2.3.2 festgelegten Lasten dürfen nicht gleichzeitig oder in Kombination mit anderen Lasten aufgebracht werden.

S.4.3 Innendruck

Sofern der Besteller nichts anderes festgelegt hat (siehe A.9), darf der Auslegungsinndruck nicht höher als das Gewicht des Dachs sein. In keinem Fall darf der Auslegungsinndruck höher als 2,2 kPa sein. Bei der Berechnung des Auslegungsüberdrucks, P_{max} , eines Tanks mit Aluminium-Kugelsegmentdach ist für die in Anhang M (Tankverankerung) angegebenen Anforderungen an die Eigenlast das Gewicht des Dachs einschließlich Tragwerk zu verwenden.

S.5 Befestigung des Dachs

S.5.1 Lastabtragung

Bauliche Auflager für das Dach sind mit dem Tank zu verschrauben oder zu verschweißen. Um eine Überlastung des Mantels auszuschließen, muss die Integrität der Grenzfläche zwischen Kugelsegment und Tankmantel überprüft werden. Die Einzelheiten der Befestigung müssen für die Abtragung aller Dachlasten in den Tankmantel geeignet sein und örtliche Spannungen innerhalb der zulässigen Grenzwerte halten.

S.5.2 Dachstützen

S.5.2.1 Gleitende Auflager

Die Dachbefestigungspunkte dürfen ein Gleitlager mit reibungsarmen Gleitplatten enthalten, um die auf den Tank übertragenen waagerechten Radialkräfte auf ein Mindestmaß zu beschränken. Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss der vom Kugelsegment übertragene waagerechte Primärschub von einem eingebauten Spannring aufgenommen werden (siehe A.9).

S.5.2.2 Feste Auflager

Das Dach darf mit festen Auflagern ausgerüstet sein, die direkt am Tank angebracht werden, und der obere Rand des Tanks ist zu analysieren und so auszulegen, dass er dem vom Dach übertragenen waagerechten Schub, einschließlich des durch unterschiedliche thermische Ausdehnung und Kontraktion verursachten Schubs, standhält. Im Falle eines für einen neuen Tank vorgesehenen Daches mit festen Auflagern müssen die maximal zulässigen radialen Durchbiegungen des Tanks am oberen Rand des Tanks zwischen Tankhersteller und Dachhersteller abgestimmt werden. Im Falle eines für einen bestehenden Tank vorgesehenen Daches mit festen Auflagern müssen die maximal zulässigen radialen Durchbiegungen des Tanks am oberen Rand des Tanks zwischen Besteller und Dachhersteller abgestimmt werden.

S.5.3 Trennung zwischen Kohlenstoffstahl und Aluminium

Sofern der Besteller kein anderes Verfahren festgelegt hat (siehe A.9), müssen Aluminium und Kohlenstoffstahl durch einen Abstandshalter aus austenitischem nichtrostendem Stahl oder durch eine Elastomer-Isolator-Gleitplatte voneinander getrennt gehalten werden.

S.5.4 Erdung

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss das Aluminium-Kugelsegmentdach elektrisch an den Mantel oder Rand des Stahl tanks angeschlossen und mit diesem verbunden werden. Es müssen mindestens an jedem dritten Auflagerpunkt Kabelleiter aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser von 3 mm angebracht werden (siehe A.9).

Bei der Auswahl des Kabels sind Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, elektrische Leitfähigkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität der Verbindung und die Lebensdauer zu berücksichtigen.

S.6 Physikalische Eigenschaften

S.6.1 Größen

Aluminium-Kugelsegmentdächer dürfen auf Tanks jeder Größe, die nach der vorliegenden Norm errichtet wurden, aufgesetzt werden.

S.6.2 Kugelsegmentradius

Der Radius des Kugelsegments darf höchstens das 1,2fache des Tankdurchmessers betragen. Sofern der Besteller nichts anderes festgelegt hat, muss der Radius des Kugelsegments mindestens das 0,7fache des Tankdurchmessers betragen (siehe A.9).

S.7 Plattformen, Laufstege und Geländer

Plattformen, Laufstege und Geländer müssen 13.11 und 13.12 entsprechen, ausgenommen, dass von der Dachkonstruktion gehaltene Laufstege oder Treppen, sofern der Besteller nichts anderes festgelegt hat, eine maximale Einzellast von 4 450 N tragen müssen (siehe A.9). Falls festgelegt ist, dass Laufstege über die Außenseite des Dachs verlaufen müssen (z. B. zum höchsten Punkt), müssen an den Teilen der Laufstege, an denen die Neigung größer als 20° ist, Treppen vorgesehen werden. Laufstege und Treppen dürfen gekrümmte oder gerade Segmente sein.

S.8 Zubehörteile

S.8.1 Dachluken

Falls Dachluken erforderlich sind (siehe A.9), muss jede dieser Luken mit einem Bord mit einer Höhe von mindestens 100 mm und einer formschlüssigen Verriegelungseinrichtung versehen werden, um sie in der geöffneten Stellung zu halten, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht. Falls die Luke als Zugang für Personen dienen soll, muss ihr Kleinmaß mindestens 600 mm betragen. Die Öffnungsachse darf senkrecht zur Dachneigung sein, der auf eine waagerechte Ebene projizierte Mindestabstand muss jedoch 500 mm betragen.

S.8.2 Dachstützen und Messluken

Dachstützen und Messluken müssen an der Basis angeflanscht sein und sind mit einem Verstärkungsblech aus Aluminium an der Unterseite der Platten an die Dachplatten zu schrauben. Die Achse von Stützen oder Messluken muss senkrecht sein. Falls der Stützen zur Be- und/oder Entlüftung genutzt wird, darf er an der Unterseite der Dachplatte nicht vorstehen. Flansche aus Aluminium oder nichtrostendem Stahl dürfen direkt an die Dachplatte geschraubt werden, wobei die Verbindung mit Dichtstoff abzudichten ist. Stahlflansche müssen von der Aluminiumplatte durch eine geeignete Flachdichtung getrennt sein.

S.8.3 Oberlichter

S.8.3.1 Falls der Besteller Oberlichter festgelegt hat (siehe A.9), muss jedes Oberlicht, sofern keine anderslautende Vereinbarung besteht, mit einem Bord mit einer Höhe von mindestens 100 mm versehen und für die in Abschnitt 7 festgelegten Nutz- oder Windlasten ausgelegt sein. In den Spezifikationen (siehe A.11) muss die gesamte transparente Fläche festgelegt sein, die mit Hilfe der Oberlichter zu erzielen ist. An den Oberlichtern sollten eindeutige Warnhinweise angebracht werden, die das Betreten des Oberlichts verbieten.

S.8.3.2 Falls Oberlichter für Schwimmdachtanks festgelegt sind, die abgedichtet und mit einer Schutzgasdecke versehen sind (und also nicht über eine Zwangsbelüftung verfügen), muss der Vertreiber die Verträglichkeit der für die Oberlichter zu verwendenden Werkstoffe mit erhöhten Konzentrationen des Lagergutes berücksichtigen (siehe A.11).

S.9 Abdichtung am Mantel

Sofern keine anderslautende Vereinbarung mit dem Besteller besteht (siehe A.9), braucht das Dach nicht dicht mit dem Tankmantel abzuschließen, es sei denn, dies ist zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Drucks im Inneren erforderlich. Für den Fall, dass der Besteller den Betrieb des Tanks unter einem bestimmten Innendruck fordert, wird auf 10.6 verwiesen.

Der Boden der Schoßrinne muss bis mindestens 50 mm unter den oberen Rand des Tanks reichen. Um das Eindringen von Vögeln zu verhindern, muss korrosionsbeständiges grobmaschiges Drahtgeflecht (mit einer Maschenweite von 13 mm) eingebaut werden.

Die Nettoöffnungsfläche der seitlichen mit einem Sieb ausgerüsteten Be- und Entlüftung (sofern vorhanden) ist als offene Be- und Entlüftung/Notdruckausgleichseinrichtung anzusehen, die zu der in 10.6 festgelegten Not-Be- und -Entlüftungsfläche beiträgt.

S.10 Prüfung

S.10.1 Dichtheitsprüfung

S.10.1.1 Sofern nichts anderes festgelegt ist, sind die Dachnähte nach der Fertigstellung einer Dichtheitsprüfung durch Besprühen der Außenseite der Nähte mit Wasser aus einem Schlauch mit einer am Stützen gemessenen statischen Druckhöhe von mindestens 350 kPa zu unterziehen (siehe A.9). Aufgrund

möglicher Korrosionswirkungen müssen die Güte des verwendeten Wassers und die Dauer der Prüfung erwogen werden. Das Wasser darf nicht direkt auf die Dachbe- und -entlüftungen gesprüht werden. Alternativ kann die Dichtheit des Kugelsegments auch während oder unmittelbar nach einem Regen überprüft werden. Jegliches an der Innenseite des Daches befindliches Wasser gilt als Beleg für eine Leckage.

S.10.1.2 Falls gasdichte Dächer erforderlich sind (siehe A.9), darf die Dichtheitsprüfung nach 19.13 oder mit anderen für den Dachhersteller und den Besteller annehmbaren Mitteln (siehe A.9) durchgeführt werden.

S.10.1.3 Alle während der Prüfung festgestellten Lecks müssen abgedichtet werden, und danach ist das Dach erneut zu prüfen, bis sämtliche Lecks abgedichtet sind.

S.11 Fertigung und Errichtung

S.11.1 Allgemeines

Der mit der Errichtung des Kugelsegmentdachs betraute Auftragnehmer muss die in diesem Anhang beschriebenen Arbeiten unter Einsatz von qualifizierten Aufsichtspersonen ausführen, die über die für die Fertigung und Errichtung von Aluminiumtragwerken notwendige Erfahrung verfügen.

S.11.2 Fertigung

Alle Teile des Dachs müssen für die Montage vor Ort vorgefertigt sein. Sämtliche Stanzungen oder Bohrungen in den für den Dachaufbau verwendeten tragenden Formen müssen vor dem Aufbringen irgendeiner Beschichtung im Werk vorgenommen werden.

S.11.3 Schweißen

Die Auslegung und Fertigung von geschweißten Aluminiumteilen müssen nach EN 1011-4 oder dem *Aluminium Design Manual* und AWS D1.2 erfolgen. Alle tragenden Aluminiumschweißnähte und durch Schweißen miteinander verbundenen Bauteile müssen einer Sichtprüfung nach dem Eindringverfahren unterzogen werden. Alle tragenden Aluminiumschweißnähte müssen ausgeführt werden, bevor das Kugelsegment auf der Baustelle errichtet wird.

S.11.4 Untersuchungsberichte

Vor der Baustellenfertigung muss dem Eigentümer ein vollständiger Satz von zufrieden stellenden Untersuchungsberichten zugesandt werden (siehe A.9).

S.11.5 Versand und Handhabung

Handhabung, Versand und Lagerung aller Werkstoffe müssen so erfolgen, dass im Falle von Aluminium die Oberfläche und im Falle von Stahl die Oberflächenbeschichtung nicht beschädigt wird (siehe A.10).

S.11.6 Errichtung

Die für die Errichtung zuständige Aufsichtsperson muss über die für die Ausführung von Aluminium-Kugelsegmentdächern notwendige Erfahrung verfügen und die Anweisungen des Herstellers und die zu diesem Zweck zur Verfügung gestellten Zeichnungen befolgen.

S.11.7 Ausführungsqualität

Um die beim Anziehen von Befestigungsmitteln auf das Tragwerk wirkenden inneren Spannungen auf ein Mindestmaß zu verringern, muss das Dach auf genau waagerechte Auflager aufgesetzt werden. Die Bauteile des Tragwerks müssen passgenau und in genauer Ausrichtung errichtet werden. Auf der

Baustelle sind Abtragen und Ablängen, Versetzen von Bohrlöchern und die Anwendung von Kraft, um die Teile in ihre Position zu zwingen, nicht annehmbar.

S.12 Geforderte Informationen und das Verfahren zur Überprüfung der Stabilität des Mantels unter den vom Kugelsegmentdach aufgebrachtten Lasten

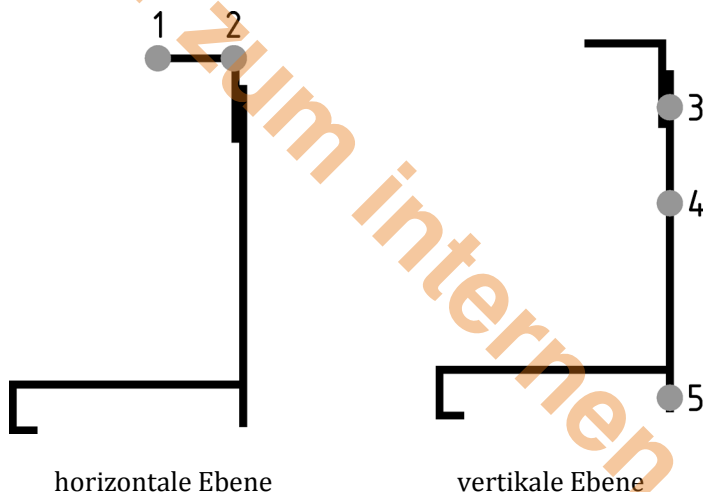
S.12.1 Für den INPUT erforderliche Daten

Geometrie:	JA	NEIN	nicht anwendbar
Geometrische Gestalt des Tankmantels bekannt (siehe S.12.2)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geometrische Gestalt des oberen Bordwinkels bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geometrische Gestalt des primären Windverbandes bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geometrische Gestalt des Zwischenwindverbandes bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Geometrische Gestalt des sekundären Windverbandes bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geometrische Gestalt der Kugelsegmentauflager bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Position der Kugelsegmentauflager bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durchschnittliche Messwerte der Tankmanteldicke bekannt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werkstoff:	JA	NEIN	
Werkstoff des Tankmantels bekannt?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Werkstoff des oberen Bordwinkels bekannt?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Mit Hilfe der oben genannten Informationen sollte es möglich sein, eine Analyse der im Tankmantel wirkenden Axialspannungen und Momente nach S.12.4 durchzuführen.

S.12.2 Messung des Tankmantels

An jedem Kugelsegmentauflager sind an fünf Punkten, die in den nachstehenden Bildern zu sehen sind, Messungen vorzunehmen, um die verschiedenen Unregelmäßigkeiten zu bestimmen, wie in EN 1993-1-6:2007, 8.4.2 bis 8.4.4 erwähnt (siehe A.10).



Legende

- 1 Höhe
- 2 Höhe
- 3 Radius
- 4 Radius
- 5 Radius

Bild S.2 — Auflagerung des Kugelsegments

S.12.3 Lasten

Der Lieferant des Kugelsegments sollte die Höchstwerte der vom Aluminium-Kugelsegmentdach auf den Tankmantel und den oberen Bordwinkel aufgebracht Lasten angeben. Üblicherweise umfassen diese Lasten drei Komponenten: nämlich radiale, tangentielle und vertikale Lasten.

Die während des Einbaus des Kugelsegmentsdachs geltenden Auslegungslasten unterscheiden sich von den nach dem Aufsetzen des Dachs geltenden Auslegungslasten. Für die FEM-Analyse (**siehe A.11**) sollten die kritischsten Auslegungslasten verwendet werden.

JA NEIN

Wurden die Lasten vom Lieferanten des Kugelsegments angegeben?

S.12.4 Überprüfung des Tragwerks

S.12.4.1 Spannungen

Zur Berechnung der Spannungen im Tragwerks wird das FEM-Modell, einschließlich Eigengewicht und Belastung durch das Kugelsegmentdach, herangezogen. Diese berechneten Spannungen sollten in Bezug auf die nach EN 13445 zulässigen Spannungen überprüft werden (siehe auch Anhang U).

S.12.4.2 Eigenwert

Zur Bestimmung des maßgeblichen Eigenwerts des Tanktragwerks wird das FEM-Modell, einschließlich Eigengewicht und Belastung durch das Kugelsegmentdach, herangezogen.

S.12.4.3 Zerlegungsfaktor

Ein Zerlegungsfaktor sollte nach EN 1993-1-6 bestimmt werden. Dieser Zerlegungsfaktor trägt dem Einfluss der verschiedenen Unregelmäßigkeiten des Tragwerks Rechnung.

S.12.4.4 Stabilität

Die Stabilität des Tragwerks wird anhand des berechneten Eigenwerts und des Zerlegungsfaktors überprüft.

S.12.4.5 Mantelversteifung

Falls der Ausnutzungsnachweis einen Wert $> 1,0$ ergibt, besteht eine Möglichkeit darin, den Tankmantel zu versteifen (zu einer der Klasse A gleichwertigen fertigungstoleranzbezogenen Güteklasse siehe EN 1993-1-6:2007, Tabelle 8.1). Der versteifte Mantel sollte durch Wiederholung der Schritte 1 bis 4 verifiziert werden. Falls der versteifte Mantel nicht zu einem Ausnutzungsnachweis $\leq 1,0$ führt und festgestellt wurde, dass die Fertigungstoleranzen der Güteklasse B oder C entsprechen (siehe EN 1993-1-6:2007, Tabelle 8.1), sollte der verformte Mantel repariert und so instandgesetzt werden, dass die in 16.7 festgelegten Toleranzen eingehalten werden.

Anhang T (informativ)

Finite-Element-Methode (FEA) – Anforderungen bezüglich der Anwendung der FEA zur Unterstützung einer zur Genehmigung vorgelegten Tankauslegung

T.1 Allgemeines

Falls die betreffende Tankausstattungskonfiguration nicht von den im Code zur Verfügung gestellten Regeln abgedeckt wird oder weitere Untermauerung erforderlich ist, darf zur Unterstützung der Auslegung die Finite-Elemente-Methode (en: finite element analysis, FEA) angewendet werden.

Dem Konstrukteur wird empfohlen, im Hinblick darauf, ob die Anwendung der FEA als annehmbar angesehen wird, mit dem Auftraggeber Rücksprache zu nehmen. Dies sollte vor der Vorlage der Auslegung zur Genehmigung geklärt und schriftlich festgehalten werden. Wird diese Methode angewendet, um die Übereinstimmung der Auslegung mit dem betreffenden Code zu begründen, so ist ein vollständiger FEA-Bericht erforderlich, der die in T.3 aufgelisteten Elemente umfassen muss.

T.2 Spezialanforderung an die Auslegung

Da diese Analysemethode umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Auslegung von Tankausstattungen und des betreffenden FEA-Softwarepakets erfordert, ist es notwendig, die Analyse und den Bericht von einem entsprechend qualifizierten Ingenieur erstellen, bescheinigen und unterzeichnen zu lassen. In jedem Falle muss der Ingenieur bescheinigen, dass er über die notwendige Erfahrung mit der Auslegung von Tankausstattungen und der Anwendung der FEA verfügt. Der Auftraggeber kann gegebenenfalls vom Ingenieur verlangen, eine Zusammenfassung seiner akademischen Grade und seiner maßgeblichen Erfahrungen mit der Auslegung von Tankausstattungen und der Anwendung der FEA, d. h. Verweisungen auf die unter Anwendung der FEA entwickelten Projekte oder Ausrüstungen und die Namen der Endanwender, vorzulegen.

T.3 FEA-Auslegungsbericht

1) Zusammenfassung

Der Bericht sollte eine Zusammenfassung enthalten, in der in Kürze die Art und Weise der Anwendung der FEA zur Unterstützung der Auslegung, das angewendete FEA-Modell, die Ergebnisse der FEA und die auf die FEA-Ergebnisse bezogenen Schlussfolgerungen zur Unterstützung der zur Genehmigung vorgelegten Auslegung beschrieben werden.

2) Einleitung

In der Einleitung müssen der Anwendungsbereich der FEA in Bezug auf die Auslegung, die Begründung für die Anwendung der FEA zur Unterstützung der Auslegungsberechnungen, die für die Analyse verwendete FEA-Software, der FEA-Typ (d. h. statisch, dynamisch, elastisch, plastisch, kleine Verformungen, große Verformungen usw.) und ausführlich die der Analyse zugrundegelegten Werkstoffigenschaften beschrieben werden.

3) Beschreibung des angewendeten Modells

Dieser Berichtsabschnitt ist für eine umfassende Beschreibung des der Analyse zugrundegelegten FEA-Modells vorgesehen. Die Beschreibung umfasst Angaben zu den Maßen und/oder Zeichnungen, die die Verbindung zwischen der geometrischen Gestalt von Modell und tatsächlicher Ausrüstung zeigen.

Jede geometrische Vereinfachung sollte erläutert und, falls angemessen, begründet werden. Die Rasterung, der Typ (h, p, 2D, 3D), die Form und die Ordnung (2. oder höhere Ordnung) der verwendeten Elemente

sollten im Einzelnen beschrieben werden. Falls unterschiedliche Typen von Elementen verwendet werden, ist eine Beschreibung erforderlich, der sich entnehmen lässt, wie die verschiedenen Elemente miteinander verbunden wurden.

Werden Objekte wie z. B. Flansche modelliert, so ist zu beschreiben, auf welche Weise die beiden getrennten Flanschstirnseiten miteinander verbunden werden (z. B. durch Verbindungselemente). Randbedingungen wie z. B. Auflager, Einschränkungen, Lasten und Kräfte müssen eindeutig beschrieben und (bildlich) dargestellt werden. Es sollte angegeben und begründet werden, welches Modelleinschränkungsverfahren angewendet wurde, um Bewegungen von starren Körpern zu vermeiden. Falls nur Teile eines Modells angewendet werden (die üblicherweise auf Symmetrien beruhen), muss der Grund für die Anwendung des betreffenden Modellteils beschrieben werden, wobei auch die Randbedingungen zu erläutern sind, die zum Ausgleich für die weggelassenen Teile des Modells angewendet wurden.

Die Genauigkeit der Modelldigitalisierung ist anzugeben, entweder durch die beschriebene Anwendung von Konvergenzprüfungen oder durch Vergleich mit der Genauigkeit von bereits zuvor erfolgreich firmenintern angewendeten Modellen. Dieser Abschnitt des Berichts sollte ein vorgeschlagenes Verfahren enthalten, mit dem sich verifizieren lässt, dass die Ergebnisse des Modells das tatsächliche Antwortverhalten der physischen Druckausrüstung widerspiegeln.

4) Anwendung der Auslegungslasten

In Abschnitt 7 von EN 14015 sind die anwendbaren und zu berücksichtigenden Auslegungslasten aufgelistet. Die Modellierung der Auslegungslasten sollte ausführlich erläutert werden, um eine spätere Verifizierung zu ermöglichen.

5) Darstellung der Ergebnisse

Die folgenden bildlichen Darstellungen sollten aufgenommen werden (in Farbausdruck):

- i) Verschiebungen (Graph);
- ii) verformte Gestalt in Überlagerung der unverformten Gestalt;
- iii) Spannungsgraph mit Rasterung, der:
 - a) diskrete Ränder zeigt – diskrete farbliche Unterscheidung für Spannungsbereiche oder Graphen;
 - b) einen Vergleich zwischen der Größenordnung der Spannungskonzentrationen und der Rasterung ermöglicht;
- iv) Graph mit der elementaren Spannung und dem Vergleich Knotenpunkt(Durchschnitts-)spannung zur elementaren (nicht gemittelten) Spannung (falls der geringe Unterschied kleiner als 5 % ist, gilt die Genauigkeit als annehmbar);
- v) Reaktionskräfte im Vergleich mit den aufgebrachten Lasten.

Nach den Graphen und Bildern sollte für jede einzelne dieser Darstellungen eine Erörterung folgen, in der erläutert wird, welchem Zweck der/das betreffende Graph/Bild dient und warum er/es wichtig ist.

6) Analyse der Ergebnisse

Gesamtergebnis des Modells und Bereiche von Bedeutung. Es sind sämtliche Ergebnisse, die außer Acht zu lassen sind, und die Gründe für ihren Ausschluss anzugeben.

7) Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der FEA sind mit Hilfe der geeigneten Methodik, wie in Anhang U beschrieben, mit den festgelegten zulässigen Spannungen ins Verhältnis zu setzen. Falls die Grenzzustandshypothese angewendet wird, muss auf EN 1993-1-6 Bezug genommen werden;

Siehe auch Tabelle U.6 und Tabelle U.7.

ANMERKUNG Auf alle Schweißverbindungen übergreifenden Spannungen sollte ein Schweißnahtfaktor angewendet werden (siehe auch Anhang U).

Anhang U (informativ)

Analysengestützte Auslegung — Auf Spannungskategorien beruhende Verfahren

U.1 Vorwort

Ogleich die im Haupttext der vorliegenden Norm beschriebenen Auslegungsverfahren angemessene Auslegungsregeln für die Hauptbauteile von Tanks zur Verfügung stellen, erlauben aktuelle Ansichten, bei der Auslegung von Objekten, die in der vorliegenden Norm nicht behandelt werden, Analyseverfahren anzuwenden.

Das in diesem Anhang angegebene und unter der Bezeichnung "Design by Analysis" (DBA; etwa: analysengestützte Auslegung) bekannte Verfahren umfasst die Auswertung von auf einer elastischen Basis berechneten Spannungen an einem beliebigen Punkt in einem Teil des Tanks und die anschließende Verifizierung ihrer Zulässigkeit anhand von angemessenen Beurteilungskriterien.

Dieses Verfahren darf angewendet werden:

- zusätzlich zur Standardauslegung (Design by Formula);
- in Ergänzung zur Standardauslegung (Design by Formula) in:
 - Fällen, die auf ersterem Wege nicht abgedeckt werden,
 - Fällen, die die Überlagerung von Lasten einschließen,
 - Ausnahmefällen, bei denen die Herstellungstoleranzen überschritten wurden.

Die hier beschriebenen Verfahren basieren im Wesentlichen auf den in EN 13445, Anhang C angegebenen Verfahren.

U.2 Spannungskategorisierung

Um die berechneten Spannungen zu überprüfen, sollten die Spannungen den Kategorien primäre Membranspannung P_M , örtliche primäre Membranspannung P_L , primäre Biegespannung P_B und sekundäre Membran- und Biegespannung Q oder eine Kombination dieser Spannungen zugeordnet werden. Entsprechend sollten die folgenden Grenzwerte berücksichtigt werden.

Tabelle U.1 — Bewertung der auftretenden Spannungen und Spannungskombinationen gegenüber den zulässigen

Auftretende Spannungen	Zulässige Spannungen
P_M	primäre Membranspannung $1,0 \times S$
P_L	örtliche primäre Membranspannung $1,5 \times S$
P_B	primäre Biegespannung $1,5 \times S$
$P_L + P_b$ oder $P_M + P_b$	Kombination 1 $1,5 \times S$
$P + Q$ ($Q = Q_M + Q_B$)	Kombination 2 $3,0 \times S$

Dabei ist S die Auslegungsspannung nach 9.1.1 a) des Codes.

Falls die primäre Membranspannung eine Schweißnaht umfasst, muss ein von der Ausführungsart der Schweißnaht abhängiger Schweißnahtfaktor angewendet werden. In Übereinstimmung mit EN 14015, 10.3.6 sollten die folgenden Schweißnahtfaktoren verwendet werden:

Tabelle U.2 — Schweißnahtfaktoren

Ausführungsart der Schweißnaht	Schweißnahtfaktor
stumpfgeschweißt	1,00
einfach überlappend geschweißt	0,35
doppelt überlappend geschweißt	0,50

Bei anderen Spannungskategorien sollten Ort und Richtung(en) der betreffenden Spannung berücksichtigt werden. Ein konservativer Ansatz wäre die Anwendung der Schweißnahtfaktoren auf alle Spannungskategorien oder die Einbeziehung eines Modells der Schweißnahtkonfiguration in die Spannungsanalyse.

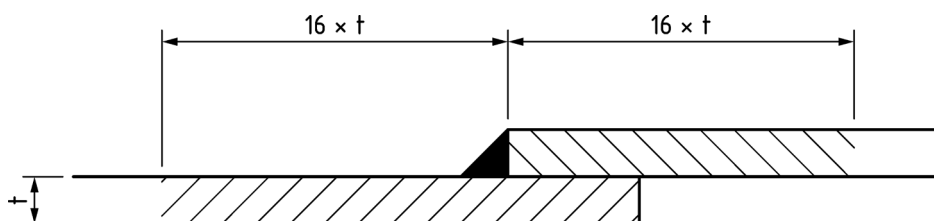


Bild U.1 — Einzelheit des Bereichs der Schweißnaht, der vom Schweißnahtfaktor betroffen ist

In weit von einer Schweißnaht entfernten Bereichen ist ein Schweißnahtfaktor $E = 1,0$ anwendbar.

In Abhängigkeit vom Werkstoff und den Schweißnahtfaktoren können für einen typischen Werkstoff S275 nach EN 10025 die folgenden Auslegungsspannungen bestimmt werden.

Werkstoff S275 (typisch)

($3 \text{ mm} \geq t \leq 16 \text{ mm}$)

Tabelle U.2 — Für S275-Werkstoffe nach EN10025 anwendbare Auslegungsspannungen

Objekt	Faktor E [—]	Sicherheitsfaktor γ [—]	Streckgrenze R_e [N/mm ²]	Sicherheitsfaktor γ [—]	Zugfestigkeit R_m [N/mm ²]	Auslegungsspannung S [N/mm ²]
Blech	1,00	1,50	275,0	2,35	430,0	183,0
stumpfgeschweißt	1,00	1,50	275,0	2,35	430,0	183,0
einfach überlappend geschweißt	0,35	1,50	275,0	2,35	430,0	64,0
doppelt überlappend geschweißt	0,50	1,50	275,0	2,35	430,0	91,5

Für den Fall, dass Schweißnahtfaktoren auf die kategorisierten Spannungen angewendet werden, gilt die nachstehende Tabelle für S275-Werkstoffe.

Tabelle U.3 — Für S275-Werkstoffe nach EN 10025 zulässige Spannungen und zulässige Spannungskombinationen

Objekt	Zulässige Spannung			
	Spannung P_m [N/mm ²]	Spannung P_L oder P_b [N/mm ²]	Spannung $P_L + P_b$ oder $P_m + P_b$ [N/mm ²]	Spannung $P_L + P_b + Q$ [N/mm ²]
Blech	183,0	274,5	274,5	549,0
stumpfgeschweißt	183,0	274,5	274,5	549,0
einfach überlappend geschweißt	64,0	96,1	96,1	192,1
doppelt überlappend geschweißt	91,5	137,2	137,2	274,5

U.3 Vergleichsspannung

U.3.1 Allgemeines

Die Vergleichsspannung σ_{eq} ist eine skalare Größe, die entweder nach der Hypothese der größten Schubspannung oder nach der Hypothese der größten Gestaltänderungsarbeit anhand der Spannungskomponenten Σ_{ij} definiert wird, die durch Summenbildung aller Spannungen σ_{ij} derselben Kategorie erhalten werden, die durch die verschiedenen als gleichzeitig wirkend anzusehenden Lasten erzeugt werden.

Die Vergleichsspannung ist wie folgt zu bestimmen:

— Im Falle der Anwendung der Hypothese der größten Schubspannung werden/ist:

- a) die Hauptspannungen $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ des durch die Spannungskomponenten Σ_{ij} definierten Spannungszustandes berechnet;
- b) die Vergleichsspannung gegeben mit:

$$\sigma_{eq} = \max\{|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|\} \quad (U.1)$$

— Im Falle der Anwendung der Hypothese der größten Gestaltänderungsarbeit ist:

die Vergleichsspannung gegeben mit:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\Sigma_{11}^2 + \Sigma_{22}^2 + \Sigma_{33}^2 - \Sigma_{11} \times \Sigma_{22} - \Sigma_{22} \times \Sigma_{33} - \Sigma_{33} \times \Sigma_{11} + 3(\Sigma_{12}^2 + \Sigma_{23}^2 + \Sigma_{31}^2))} \quad (U.2)$$

oder alternativ mit:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_3 \cdot \sigma_1} \quad (U.3)$$

U.3.2 Globale Störstelle

Unstetigkeit in Form oder Werkstoff, die die Spannungs- oder Dehnungsverteilung über die gesamte Wanddicke in einem Bereich von signifikanter Fläche beeinflusst.

ANMERKUNG Beispiele für globale Störstellen sind Verbindungen zwischen Rand und zylinderförmigem Mantel oder zwischen kegelförmigem Mantel und zylinderförmigem Mantel sowie zwischen Flansch und zylinderförmigem Mantel, Öffnungen in einem Mantel, Verbindungen zwischen zwei zylinderförmigen Mantelteilen mit unterschiedlichen Durchmessern, Dicken oder aus unterschiedlichen Werkstoffen oder Verbindungen zwischen Versteifung und Mantel.

U.3.3 Lokale Störstelle

Eine lokale Störstelle ist eine Unstetigkeit, die die Spannungs- oder Dehnungsverteilung nur sehr stark örtlich begrenzt über einen Teil der Wanddicke beeinflusst.

ANMERKUNG 1 Die aus einer solchen Störstelle resultierenden Spannungen können örtlich sehr stark begrenzte Dehnungen hervorrufen und haben entsprechend keinen signifikanten Einfluss auf das Verhalten der Wand insgesamt.

ANMERKUNG 2 Beispiele für örtliche Störstellen sind Kehlnähte mit kleinem Radius, Vorderkanten von Kehlnähten, nicht durchgeschweißte Nähte in teilweise durchgeschweißten Nähten.

U.3.4 Primärspannung

Eine Primärspannung ist eine Spannung, die dem Gesetz des Gleichgewichts der aufgetragenen Lasten (Druck, Kräfte und Momente) entspricht.

ANMERKUNG 1 In Bezug auf das mechanische Verhalten einer Konstruktion ist die Haupteigenschaft einer Primärspannung, dass sie im Falle von hohen (unzulässigen) Inkrementen externer Lasten nicht selbstbegrenzend ist. Mit der Entwicklung der Plastizität wird ein Stadium erreicht, bei dem es zu keiner weiteren Vorteile mit sich bringenden Spannungsneuverteilung mehr kommen kann.

ANMERKUNG 2 Im Hinblick auf die Primärspannungen wird nach ihrer Verteilung über den das Tragverhalten bestimmenden Querschnitt zwischen Membranspannungen (P_m , P_L) und Biegespannungen (P_b) unterschieden. Die primäre Membranspannung (P_m) ist definiert als der Durchschnittswert der jeweiligen Spannungskomponenten, die über den das Tragverhalten bestimmenden Abschnitt verteilt sind, das durch das Auflagerliniensegment bestimmt ist. Die primäre Biegespannung (P_b) ist definiert als die linear und proportional zum Abstand zur neutralen Achse über den betrachteten Abschnitt verteilten Primärspannungen.

ANMERKUNG 3 Im Hinblick auf die Verteilung der Membranspannungen über die Wand wird zwischen den allgemeinen primären Membranspannungen (P_m) und örtlichen primären Membranspannungen (P_L) unterschieden. An Störstellen werden die primären Membranspannungen in Tankmänteln als örtlich klassifiziert, wenn die Membranvergleichsspannung das 1,1fache der Nenn-Auslegungsspannung f überschreitet und wenn der Bereich, in dem dieser Wert überschritten wird, innerhalb der Länge von $1,0 R \times e_a$ in der Meridionalrichtung bleibt. Auf den Abstand zwischen benachbarten Regionen örtlicher primärer Membranspannung werden Mindestwerte aufgebracht (siehe U.7.2).

ANMERKUNG 4 Allgemeine primäre Membranspannungen sind in der Konstruktion so verteilt, dass als Folge eines Nachgebens bzw. eines Fließvorgangs keine wesentliche Spannungsneuverteilung auftritt. Im Falle von örtlichen primären Membranspannungen hat ein Nachgeben eine solche Neuverteilung zur Folge.

U.3.5 Sekundärspannung

Sekundäre Spannungen werden durch Einschränkungen aufgrund von geometrischen Unstetigkeiten, durch Verwendung von Werkstoffen unterschiedlicher Elastizitätsmodule unter externen Lasten oder durch Einschränkungen aufgrund von unterschiedlichen Wärmeausdehnungen hervorgerufen.

ANMERKUNG 1 Im Hinblick auf das mechanische Verhalten der Konstruktion ist die wesentliche Eigenschaft einer sekundären Spannung, dass sie selbstbegrenzend ist, d. h. eine örtliche Fließverformung führt zu einer Begrenzung der Spannung. Sekundäre Spannungen führen bei einem Ausgleich unterschiedlicher örtlicher Formänderungen im Falle eines Überschreitens der Streckgrenze zu plastischer Verformung.

ANMERKUNG 2 Als sekundäre Spannungen gelten nur solche Spannungen, die linear über den Querschnitt verteilt sind. Im Falle von nichtlinear verteilten Spannungen sind die sekundären Spannungen jene der äquivalenten linearen Verteilung.

ANMERKUNG 3 Sekundäre Spannungen können zum Typ Membranspannungen (Q_m) oder zum Typ Biegespannungen (Q_b) gehören. Dennoch ist in den meisten Fällen eine Unterscheidung zwischen diesen beiden nicht notwendig, weil das Kriterium U.7.3 nur die Betrachtung von deren Summe ($Q_m + Q_b$) erfordert. Die Erfüllung eines anderen Kriteriums, das eine getrennte Betrachtung der sekundären Membranspannung (Q_m) erfordert, ist nur dann notwendig, wenn mit dem Auftreten von Instabilitätsphänomenen zu rechnen ist (siehe Anmerkung 3 zu Tabelle U.6).

U.3.6 Spitzenspannung

Die Spitzenspannung ist Teil der Spannung, die zu den betreffenden primären und sekundären Spannungen hinzuaddieren ist, um die Gesamtspannung zu erhalten.

Beispiele für Spitzenspannungen sind:

- a) die in einem austenitischen Stahl beim Verschweißen mit Kohlenstoffstahl auftretende thermische Spannung;
- b) die durch thermischen Schock in einer Tank- oder Rohrwand erzeugten Oberflächenspannungen;
- c) die an einer örtlichen Störstelle auftretende Spannung.

ANMERKUNG 1 Spitzenspannungen rufen keine merkliche Formänderung hervor und sind nur für Ermüdungs- und Sprödbruch in Verbindung mit primären und sekundären Spannungen von Bedeutung.

ANMERKUNG 2 Spitzenspannungen umfassen auch druck- und temperaturbedingte Abweichungen von der Nennspannung an Bohrungsändern in Rohrlochfeldern; in diesem Falle werden die Nennspannungen aus Erwägungen bezüglich des Kräftegleichgewichts abgeleitet.

U.3.7 Spezielle Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Symbole gelten zusätzlich zu den in Tabelle 1 angegebenen Symbolen.

Tabelle U.5 — Symbole, Beschreibungen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
σ_{ij}	durch eine Einzellast hervorgerufene Spannungskomponenten	N/mm ²
Σ_{ij}	durch Überlagerung aller (in einem bestimmten Moment) gleichzeitig wirkenden Lasten hervorgerufene Spannungskomponenten	N/mm ²
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Hauptspannungen des durch die Spannungskomponenten Σ_{ij} definierten Spannungszustandes	N/mm ²
σ_{eq}	Vergleichsspannung nach der Hypothese der größten Schubspannung (Tresca) oder nach der Hypothese der größten Gestaltänderungsarbeit (von Mises)	N/mm ²
$\Delta\Sigma_{ij}$	Differenzen der Spannungskomponenten zwischen zwei Lastbedingungen	N/mm ²
$(\Delta\sigma)_1, (\Delta\sigma)_2, (\Delta\sigma)_3$	Hauptspannungen des durch die Differenzen der Spannungskomponenten $\Delta\Sigma_{ij}$ definierten Spannungszustandes	N/mm ²
$\Delta\sigma_{eq}$	Bereich der Vergleichsspannung nach der Hypothese der größten Schubspannung (Tresca) oder nach der Hypothese der größten Gestaltänderungsarbeit (von Mises)	N/mm ²
h	Länge des Auflagersegments	mm
P_m	allgemeine primäre Membranspannung	N/mm ²
P_L	örtliche primäre Membranspannung	N/mm ²

Symbol	Beschreibung	Einheit
P_b	primäre Biegespannung	N/mm ²
Q	sekundäre Membran- und Biegespannung	N/mm ²
Q_m	sekundäre Membranspannung	N/mm ²
Q_b	sekundäre Biegespannung	N/mm ²
F	Spitzenspannung	N/mm ²
R	mittlerer Radius für die Region bei der Messung im rechten Winkel zur Mantelwand	mm

U.4 Anforderungen an die Verfahren zur Spannungsbestimmung

U.4.1 Annahme linearer Elastizität

Die elementaren Spannungen sollten unter Berücksichtigung der Annahmen linearer Elastizität bestimmt werden:

- der Werkstoff verhält sich linear elastisch nach dem hookeschen Gesetz;
- der Werkstoff ist isotrop; und
- die Verschiebungen und Dehnungen sind gering (Hypothese erster Ordnung).

U.4.2 Auswahl von Verfahren zur Bestimmung von Spannungen

Die Verantwortung für die Wahl des zur Bestimmung der Spannungen anzuwendenden Verfahrens liegt beim Hersteller. Dieses Verfahren kann numerisch, analytisch oder auch experimentell sein.

Die nachstehenden Anforderungen beziehen sich nur auf Verfahren zur Bestimmung von Spannungen durch Berechnung.

Für den Fall, dass der zu untersuchende Tank aus Komponenten zusammengesetzt ist, die als Mäntel und Bleche klassifiziert werden können, sind Berechnungsverfahren, die den Zustand dieser Komponenten anhand von global mechanischen Parametern (d. h. verallgemeinerten Verformungen und Spannungsergebnissen in einem Segment, die einer linearen Dehnungs- und Spannungsverteilung über die Wanddicke entsprechen) beschreiben, im Allgemeinen annehmbar.

Dies gilt in jedem Falle für:

- Tanks, bei denen keine Ermüdungsanalyse erforderlich ist;
- Tanks oder Tankteile, bei denen zwar eine solche Analyse, nicht aber die Bewertung der Spitzenspannungen erforderlich ist (z. B. alle Fälle, in denen sich kritische Ermüdungszonen in Schweißverbindungen befinden);
- Tanks oder Tankteile, für die eine Bewertung der Spitzenspannungen zur Verwendung in einer detaillierten Ermüdungsanalyse unter Anwendung geeigneter Spannungskonzentrationsfaktoren vorgenommen werden kann, die auf die aus diesen Verfahren abgeleiteten linearisierten Spannungen angewendet werden.

Die Analyse von dickeren Tankteilen kann, besonders wenn diese thermischen Lasten ausgesetzt sind, die Anwendung von verfeinerten Modellen erfordern (z. B. zwei- oder dreidimensional durchgehendes Medium, das die Analyse von tatsächlichen nichtlinearen Spannungs- oder Dehnungsverteilungen über die Wanddicke ermöglicht).

Im jedem Falle müssen angewendeten Verfahren von angemessener Präzision und Konservativität sein, um eine gute Darstellung der berechneten Spannungen im Hinblick auf die für die Analyse erforderlichen sicherzustellen. Entsprechend wird empfohlen, geprüfte und anerkannte Praktiken anzuwenden.

U.5 Klassifizierung der Spannungen

Die durch die Analyse ermittelten Spannungen sind den verschiedenen in U.3 definierten Kategorien zuzuordnen. In einigen Fällen kann die Interpretation dieser Definitionen problematisch sein und in hohem Maße vom Urteilsvermögen des Analytikers abhängen.

Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, schreibt Tabelle U.6 die Klassifizierung vor, die bei einer Reihe von Konfigurationen anzuwenden ist, die die am häufigsten vorkommenden Situationen abdecken.

Die in dieser Tabelle angegebenen Information beziehen sich auf Spannungen, die nach den in U.4 festgelegten Anforderungen berechnet wurden.

Bei der Analyse bestimmter geometrischer Anordnungen oder Belastungen, für die die in diesen Tabellen vorgeschlagenen Klassifizierungen ungeeignet wären, sind Abweichungen von diesen zulässig, sofern die alternativen Klassifizierungen durch direkten Verweis auf die in U.3 s) angegebenen Definitionen begründet werden.

Tabelle U.6 — Klassifizierung von Spannungen für einige typische Fälle

Tankbauteil	Betrachteter Bereich	Art der Spannung	Ursprung der Spannung		
			Mechanische Lasten		Thermische Lasten oder unterdrückte oder aufgebrachte Verschiebungen
			Druck und globale Lasten	Sonstige mechanische Lasten	
Zylindrischer Mantel	Weit von allen globalen Störstellen oder vom Angriffspunkt einer von außen einwirkenden örtlichen Last entfernte Region	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Verbindung mit dem Dach, mit der Basis oder dem Angriffspunkt einer von außen einwirkenden örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	PL		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Tankdach	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	P_b		Q_b
	Nähe von Kanten oder einer Versteifung	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	Q_b	Q_b
Tankbasis	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	P_b		Q_b
	Nähe von Kanten oder einer Versteifung	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	Q_b	Q_b

Tankbauteil	Betrachteter Bereich	Art der Spannung	Ursprung der Spannung		
			Mechanische Lasten		Thermische Lasten oder unterdrückte oder aufgebrachte Verschiebungen
			Druck und globale Lasten	Sonstige mechanische Lasten	
Stützen	Weit von einer Verbindung	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
	zur Tankwand entfernte Region	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe der Verbindung zu einem Mantel	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
	und zur Basis oder zum Dach	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Klemmen	Weit von einer Verbindung	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
	zur Tankwand entfernte Region	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe der Verbindung zu einem Mantel	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
	und zur Basis oder zum Dach	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Schwimm-dächer					
Äußerer Rand	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen), Versteifungen usw.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Kante oder des Angriffspunkts einer externen örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Innerer Rand	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen), Versteifungen usw.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Kante oder des Angriffspunkts einer externen örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Untere Pontonbleche	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen), Versteifungen usw.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Kante oder des Angriffspunkts einer externen örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Obere Pontonbleche	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen), Versteifungen usw.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Kante oder des Angriffspunkts einer externen örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b

Tankbauteil	Betrachteter Bereich	Art der Spannung	Ursprung der Spannung		
			Mechanische Lasten		Thermische Lasten oder unterdrückte oder aufgebrachte Verschiebungen
			Druck und globale Lasten	Sonstige mechanische Lasten	
Mittelmembran	Weit von allen globalen Störstellen entfernte Region; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen), Versteifungen usw.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Nähe einer Kante oder des Angriffspunkts einer externen örtlichen Last; Nähe einer Öffnung (mit oder ohne Stützen)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
<p>ANMERKUNG 1 Die aufgrund der Wärmeausdehnung des Rohrleitungssystems auf den Tank wirkenden Rohrleitungslasten müssen als mechanische Lasten angesehen werden (die unter der Überschrift „Sonstige mechanische Lasten“ zu betrachten sind).</p> <p>ANMERKUNG 2 Globale Lasten sind die globalen Biegemomente, Axialkräfte oder Schubkräfte.</p> <p>ANMERKUNG 3 Für weit von globalen Störstellen entfernte Bereiche führt die Zuordnung der Membranspannungen aufgrund von thermischen Lasten oder aufgrund von unterdrückten oder aufgebrachten Verschiebungen zur Kategorie Q_m dazu, dass in diesem Bereich während der frühen Belastungszyklen an jedem Punkt, an dem die äquivalente primäre und sekundäre Membranspannung größer als die Streckgrenze des Werkstoffs ist, plastische Verformungen auftreten.</p> <p>In Bezug auf die Ausfallarten, die von den in diesem Anhang festgelegten Regeln abgedeckt werden, wird die Festigkeit des Tanks durch diese plastischen Verformungen nicht beeinträchtigt; aufgrund dieser Verformungen ist jedoch die Anwendung von auf elastischer Basis berechneten Spannungen nicht zulässig, wenn es um die Beurteilung des Risikos einer elastischen oder elastisch-plastischen Instabilität (Beulen) geht.</p> <p>Entsprechend sind derartige plastische Verformungen unzulässig, wenn es Regionen im bzw. am Behälter gibt, für die dieses Risiko einer Instabilität berücksichtigt werden muss, und wenn dieses Risiko durch eine Neuverteilung der mit den oben erwähnten plastischen Verformungen verbundenen Spannungen ansteigen kann.</p> <p>Diese Bedingung wird erfüllt, indem sichergestellt wird, dass in den weit von allen globalen Störstellen entfernten Regionen die äquivalente primäre + sekundäre Membranspannung $(\sigma_{eq})(P + Q)_m$ (Vergleichsspannung entsprechend $[(\Sigma ij)P_m \text{ oder } (\Sigma ij)P_L] + (\Sigma ij)Q_m$) die Beziehung $(\sigma_{eq})(P + Q)_m \leq 1,5 f$ erfüllt (U.4).</p> <p>ANMERKUNG 4 Durch die Zuordnung von Biegespannungen zur Kategorie P_b wird sichergestellt, dass in der betrachteten Region im Normalbetrieb keine plastischen Verformungen auftreten können.</p> <p>Falls während der frühen Belastungszyklen kleine plastische Verformungen auftreten und sich diese nicht nachteilig auf den Tank auswirken (z. B. in Bezug auf die Funktionalität oder in Bezug auf ästhetische Anforderungen), ist eine Zuordnung zur Kategorie Q_b zulässig, weil diese Verformungen die Festigkeit der betroffenen Region nicht beeinträchtigen.</p> <p>ANMERKUNG 5 Die hier für die „periphere Region“ angegebene Klassifizierung gilt in der Nähe jeder Störstelle; die Zwischenregion ist den „weit von allen globalen Störstellen entfernten Regionen“ zuzuordnen, und die für den Abstand von Regionen örtlicher primärer Membranspannung geltenden Regeln müssen eingehalten werden.</p> <p>ANMERKUNG 6 P_m für eine ebene Wand. P_L für eine unebene Wand.</p> <p>ANMERKUNG 7 Für eine Öffnung mit einem Stützen in einem ebenen Ende oder einer ebenen Wand, für die der Begriff einer „Region örtlicher primärer Membranspannung“ keine Bedeutung hat, ist der Meridionalumfang der Region örtlicher primärer Membranspannung, die an der Stützenbasis auftreten kann, für den Stützen von der Außenfläche des Endes oder der Wand zu messen.</p> <p>ANMERKUNG 8 P_b, wenn die Festigkeit des Stützens für die Berechnung der im ebenen Ende oder der ebenen Wand wirkenden Spannungen berücksichtigt wird; anderenfalls Q_b. Die erste Lösung, bei der es sich für den Stützen um eine konservative Lösung handelt, ist in der Praxis nur dann von Interesse, wenn die Berücksichtigung der Festigkeit des Stützens zu einer signifikanten Abnahme der Dicke des ebenen Endes oder der ebenen Wand führt.</p>					

U.6 Verfahren der Spannungsanalyse

Für die Durchführung einer Spannungsanalyse sollte das folgende Verfahren angewendet werden:

Schritt 1: Für jeden Punkt des untersuchten Bereichs werden die elementaren Spannungen berechnet, die aus den einzelnen für jede betrachtete Lastbedingung auf die Tankwand wirkenden Lasten resultieren.

Diese Berechnungen sollten wie in U.4.1 beschrieben durchgeführt werden.

Folgende Lastbedingungen sind zu betrachten:

- die Lastbedingungen aller Arten (Normalbetrieb, außergewöhnlicher Betrieb, Abnahmeprüfung), für die das Spannungsniveau aufgrund der Bewertungskriterien U.7.2 (Schritt 7) die Determinante sein kann;
- die Bedingungen des Normalbetriebs, innerhalb deren die Spannungsschwankung aufgrund der Bewertungskriterien (U.???) die Determinante sein kann (Schritt 9).

Schritt 2: Die nach dem oben stehenden Verfahren berechneten Spannungen σ_{ij} werden mittels Spannungslinearisierung zerlegt in:

- Membranspannung: $\sigma_{ij,m}$;
- Biegespannung: $\sigma_{ij,b}$.

Die bei der Analyse zu berücksichtigende Biegespannung ist die Spannung auf beiden Seiten der Wand, d. h. an beiden Enden des Auflagerlinienssegments (zwei gleiche Werte mit entgegengesetzten Vorzeichen).

Schritt 3: In Übereinstimmung mit den in U.5 angegebenen Anforderungen/Empfehlungen werden die Spannungen den in U.3 festgelegten Kategorien zugeordnet:

- allgemeine primäre Membranspannung (P_m);
- örtliche primäre Membranspannung (P_L);
- primäre Biegespannung (P_b);
- sekundäre Membranspannung (Q_m);
- sekundäre Biegespannung (Q_b).

Diese Klassifizierung entsprechend wird die Spannung $\sigma_{ij,m}$ mit $(\sigma_{ij})P_m$, $(\sigma_{ij})P_L$ oder $(\sigma_{ij})Q_m$ bezeichnet, während die Spannung $\sigma_{ij,b}$ mit $(\sigma_{ij})P_b$ oder $(\sigma_{ij})Q_b$ bezeichnet wird.

Schritt 4: Die Summe der auf diese Weise klassifizierten Spannungen wird für die Menge der unter der betrachteten Lastbedingung gleichzeitig wirkenden Lasten berechnet.

Die aus dieser Summenbildung resultierenden Spannungen werden wie folgt bezeichnet:

$$(\Sigma_{ij})P_m, (\Sigma_{ij})P_L, (\Sigma_{ij})P_b, (\Sigma_{ij})Q_m, (\Sigma_{ij})Q_b$$

Schritt 5: Daraus werden folgende Werte abgeleitet:

- a) die primäre Membranspannung, allgemein oder örtlich (abhängig vom betrachteten Punkt):

$$(\Sigma_{ij})P_m \text{ oder } (\Sigma_{ij})P_L;$$

b) die primäre Gesamtspannung $(\Sigma ij)P$:

$$(\Sigma ij)P = [(\Sigma ij)P_m \text{ oder } (\Sigma ij)P_L] + (\Sigma ij)P_b \quad (U.5);$$

c) die primäre + sekundäre Spannung $(\Sigma ij)P + Q$:

$$(\Sigma ij)P + Q = [(\Sigma ij)P_m \text{ oder } (\Sigma ij)P_L] + (\Sigma ij)P_b + (\Sigma ij)Q_m + (\Sigma ij)Q_b \quad (U.6)$$

Schritt 6: In Übereinstimmung mit U.3 werden die folgenden Vergleichsspannungen berechnet:

$(\sigma_{eq})P_m$, äquivalent den Spannungen $(\Sigma ij)P_m$, oder, abhängig vom betrachteten Punkt, $(\sigma_{eq})P_L$, äquivalent den Spannungen $(\Sigma ij)P_L$, $(\sigma_{eq})P$, äquivalent den Spannungen $(\Sigma ij)P$

Schritt 7: Die Zulässigkeit dieser Vergleichsspannungen wird nach den in U.7.2 angegebenen Kriterien verifiziert.

Schritt 8: Für jedes Paar von zwei für den Normalbetrieb geltenden Lastbedingungen, die die Determinante sein können, werden der Bereich der primären + sekundären Spannung $\Delta(\Sigma ij)P + Q$ und daraus der entsprechende Bereich der Vergleichsspannung $(\Delta\sigma_{eq})P + Q$ berechnet.

Der zu behaltende Satz von Lastbedingungen ist der, der zum höchsten Wert von $(\Delta\sigma_{eq})P + Q$ führt.

Schritt 9: Die Zulässigkeit des resultierenden Bereichs der Vergleichsspannung $(\Delta\sigma_{eq})P + Q$ wird nach den in U.7.3 angegebenen Kriterien verifiziert.

Das oben im Einzelnen beschriebene Verfahren betrifft die Beurteilung gegen statische Belastung. Falls eine Ermüdungsbeurteilung erforderlich ist, muss der folgende Schritt abgeschlossen werden:

Schritt 10: Die Zulässigkeit der zyklischen Lasten wird mit Hilfe der maßgeblichen Spannungen (primäre und sekundäre Spannungen in Schweißverbindungen, primäre und sekundäre Spitzenspannungen in nicht geschweißten Zonen) wie angemessen verifiziert.

U.7 Beurteilungskriterien

U.7.1 Allgemeines

Die gesamte Auslegung muss im Wesentlichen die in U.7.2 und U.7.3 angegebenen Spannungskriterien einhalten. Diese Kriterien werden in Tabelle U.7 in Form von Diagrammen veranschaulicht.

Falls Druckspannungen auftreten, sollte das Beulen beurteilt werden. Zu von außen einwirkenden Drücken siehe die anwendbaren Regeln in 9.3.

ANMERKUNG Die funktionalen Anforderungen können die zulässigen Verformungen begrenzen.

In der nachstehenden Tabelle U.7 ist die Zuordnung der Spannungen je Tankbauteil im Einzelnen ausgeführt, um dem Anwender die Beurteilung, welche Spannungskombinationen gelten, zu ermöglichen.

Tabelle U.7 — Veranschaulichung der Beurteilungskriterien

	Spannungskategorien				
	Primärspannung			Sekundäre Membran- und Biegespannung	Spitzenspannung
	Allgemeine Membranspannung	Örtliche Membranspannung	Biegespannung		
Beschreibung (praktische Beispiele siehe Tabelle U.6)	Primäre Mittelspannung, berechnet über die Wanddicke unter Außerachtlassung von Störstellen und Spannungskonzentrationen. Ausschließlich durch mechanische Lasten verursacht.	Primäre Mittelspannung, berechnet über die Wanddicke unter Berücksichtigung großer Störstellen, nicht aber der Spannungskonzentrationen. Ausschließlich durch mechanische Lasten verursacht.	Primäre Spannungskomponente proportional zum Abstand zum Schwerpunkt des Massivwandsegments. Enthält keine Störstellen oder Spannungskonzentrationen. Ausschließlich durch mechanische Lasten verursacht	Selbstaussgleichende Spannung erforderlich, um der Kontinuität des Tragwerks zu genügen. Tritt bei großen Störstellen auf, enthält aber keine Spannungskonzentrationen. Kann sowohl durch mechanische Lasten als auch thermische Wirkungen verursacht werden.	Addition zur primären oder sekundären Spannung aufgrund einer Spannungskonzentration. Bestimmte thermische Spannungen, die Ermüdung, nicht aber Formänderung verursachen können.
Symbol	P_m	$P_L^{1)}$	P_b	$Q (= Q_m + Q_b)$	F
Beurteilung in Bezug auf statische Belastung					
Beurteilung (nur, wenn gefordert)					

U.7.2 Begrenzung von äquivalenten primären Spannungen

Die äquivalenten primären Membranspannungen müssen für alle Belastungsbedingungen die folgenden Beziehungen erfüllen:

$$(\sigma_{eq})_{Pm} \leq f \quad (U.7)$$

$$(\sigma_{eq})_{PL} \leq 1,5 f \quad (U.8)$$

$$(\sigma_{eq})_P \leq 1,5 f \quad (U.9)$$

Als Wert von f ist derjenige zu behalten, der der betrachteten Belastungsart entspricht (Normalbetrieb, außergewöhnlicher Betrieb, Nachweisprüfung), und dieser ist für die Berechnungstemperatur dieser Bedingung anzusetzen.

Außerdem müssen für den Abstand zwischen benachbarten Regionen örtlicher primärer Membranspannungen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Zwei benachbarte Regionen von örtlichen primären Membranspannungen, die das 1,1fache der Nenn-Auslegungsspannung f überschreiten, müssen in meridionaler Richtung einem Abstand von mindestens $2,5 R \times e_a$ haben. In diesem Falle ist R der Krümmungsradius in der Mitte der Oberfläche und ist e_a die bei der Analyse anzusetzende Wanddicke.
- Diskrete Regionen von örtlichen primären Membranspannungen (z. B. solche, die aus auf Schellen wirkenden Einzellasten resultieren), bei denen die äquivalente Membranspannung das 1,1fache der Nenn-Auslegungsspannung f überschreitet, müssen einen solchen Abstand zueinander haben, dass diese Regionen einander nicht überlappen.

Anhang V (informativ)

Umweltauswirkungen

V.1 Umweltverträglichkeitsbewertung

V.1.1 Einleitung

Im Verlauf der Projektphase, in der die Machbarkeitsstudie in Bezug auf die Ortswahl und die Errichtung von Lagertanks erstellt wird, muss in Übereinstimmung mit den örtlichen Bestimmungen eine vorläufige Beurteilung der Umweltauswirkungen bzw. Umweltverträglichkeitsbewertung (en: Environmental Impact Assessment, EIA) für den vorgeschlagenen Ort durchgeführt werden. Die formelle Aufzeichnung der grundlegenden Umweltcharakteristiken des Aufstellungsorts sollte berücksichtigt werden.

Nach der Wahl des Standorts muss eine detaillierte EIA durchgeführt werden.

Alle Emissionen der Anlage wie Feststoffe, Flüssigkeiten (einschließlich Wasser) und Gase (einschließlich schädlicher Geruchsemissionen) sind festzustellen und es sind Maßnahmen zu ergreifen, damit Menschen, Tiere, Pflanzen oder Sachgegenstände durch diese Emissionen nicht gefährdet werden. Hierbei sind nicht nur Emissionen im Normalbetrieb, sondern auch Emissionen im Störfall zu berücksichtigen.

Während oder vor Beginn des Betriebs ist ein Abwassermanagementplan zu erstellen. Die Vorsichtsmaßnahmen zur Handhabung toxischer Stoffe sind durch den Betreiber/Inhaber anzugeben und in regelmäßigen zeitlichen Abständen zu aktualisieren.

Zu bewerten ist auch der Einfluss auf die Umwelt durch Bau und Betrieb, und ein unerwünschtes Ausmaß an Aktivitäten ist zu vermeiden oder zu begrenzen und zu verbieten. Die folgende Prüfliste enthält die Hauptpunkte:

- Zunahme der Bevölkerung, dauerhaft und zeitweise;
- Zunahme des Straßen-, Schienen- und Schiffsverkehrs;
- Erhöhung der Geräuschpegel, plötzlicher oder diskontinuierlicher Lärm;
- Erhöhung der Schwingungsbelastung, plötzlich oder diskontinuierlich;
- Anstieg der Nacharbeit, Auswirkungen der Beleuchtung und diskontinuierliche Verwendung von Licht;
- Abfackelung, diskontinuierlich und/oder kontinuierlich; und
- Erwärmung oder Abkühlung von Wasser.

V.1.2 Anlagenemissionen

Im Rahmen der Planung ist festzulegen, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um Emissionen während der Inbetriebnahmetests, des Betriebs und der Wartung zu verhindern, zu minimieren oder unschädlich zu machen; für Schadstoffemissionen sind Zielwerte für absolute Mengen und Konzentrationen festzulegen.

V.1.3 Emissionsüberwachung

Folgendes muss sicher überwacht werden:

- Verbrennungsprodukte;
- übliches oder störungsbedingtes Abblasen von Gas;
- übliches oder störungsbedingtes Abfackeln von Gas;
- Entsorgung von Lösemitteln aus der Abtrennung von sauren Gasbestandteilen;
- Entsorgung verbrauchter Reaktanten aus der Quecksilberentfernung (da der Prozess der Quecksilberentfernung nicht regenerierbar ist, muss die verbrauchte Menge an Absorptionsmittel gelagert und behandelt oder von einem zugelassenen Abfallentsorgungsunternehmen entsorgt werden);
- ölhaltiges Wasser aus der Trocknerregenerierung oder aus Maschinen;
- mit Kohlenwasserstoffen verunreinigtes Wasser aus Leckagen an Wärmeübertragerrohren von wassergekühlten Ausrüstungen;
- Entsorgung von Abfallprodukten (einschließlich Altöl und chlorierter organischer Verbindungen);
- Verdampferwasser; und
- Odoriermittel.

V.1.4 Philosophie für Abfackeln/Abblasen

Anlagen sind grundsätzlich so auszulegen, dass Gas nicht kontinuierlich abgefackelt oder abgeblasen werden muss. Bei Auslegung und Betrieb der Anlage sollten Maßnahmen ergriffen werden, die sicherstellen, dass im Normalbetrieb potenzielle Abgasströme, wo immer praktisch möglich, zurückgewonnen und nicht abgefackelt oder abgeblasen werden.

V.1.5 Schallschutz

Bei der Auslegung der Anlage ist die Auswirkung von Schall auf Menschen in der Anlage und auf die Wohnbebauung in der Umgebung der Anlage zu berücksichtigen.

Es wird empfohlen, die schallschutztechnische Auslegung der Anlage in Übereinstimmung mit ISO 15664 durchzuführen.

V.1.6 Externe Verkehrsinfrastruktur

Die externe Verkehrsinfrastruktur in der Nähe der Tanklagereinrichtungen ist in einer EIA darzustellen, in der Menge und Art des gegenwärtigen Verkehrs und die voraussichtliche anlagenbedingte Entwicklung des Verkehrsaufkommens zu berücksichtigen sind. Hierbei ist besonders Folgendes zu untersuchen:

- Landwege (Straßen, Eisenbahnstrecken);
- Schifffahrtswege (See- oder Binnenschifffahrtswege, Kanäle); und
- Luftverkehrsrouten und die Nähe von Flughäfen und Flugplätzen.

V.1.7 Wasserabförderung

Die Auswirkungen von Wasserabförderungen müssen untersucht werden (Temperatur, Strömungen, Winde usw).

V.2 Allgemeine Sicherheitsanforderungen

V.2.1 Ansatz für die Sicherheitsphilosophie

Tanklagereinrichtungen und -anlagen sind so auszulegen, dass ein allgemein anerkannter Risikograd für Leben und Eigentum innerhalb und außerhalb der Anlage erreicht wird. Um dieses hohe Maß an Sicherheit in diesen Einrichtungen und ihrer Umgebung zu sichern, ist die Sicherheit während aller Phasen der Projektentwicklung zu beachten:

- technische Planung;
- Ausführung;
- Inbetriebnahme;
- Betrieb; und
- Außerbetriebnahme.

Im Besonderen sind Gefährdungsbeurteilungen nach V.4 durchzuführen und die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen umzusetzen, um einen zulässigen Risikograd sicherzustellen.

EN 13645 enthält ein Beispiel für eine begrenzte Risikobeurteilung.

V.2.2 Die Anlage und ihre Umgebung

V.2.2.1 Beschreibung der Anlage

Zum Zweck der Sicherheitsbeurteilung ist eine schriftliche Funktionsbeschreibung für die Anlage nach Anlagenbereichen und/oder Prozessfunktionen anzufertigen.

V.2.3 Standortanalyse

Die Standortanalyse muss, sofern angemessen, Folgendes umfassen:

- eine Bodenuntersuchung;
- eine Untersuchung des Geländes zur Beurteilung der Ausbreitung von Flüssigkeit und Gaswolken;
- eine Untersuchung des Pflanzenbewuchses, im Besonderen zur Erkennung von Brandrisiken;
- eine Untersuchung der Grundwasserspiegel;
- eine Untersuchung zur Identifikation elektrischer Streuspannungsquellen (z. B. ausgehend von Hochspannungsleitungen, Eisenbahnen);
- eine Untersuchung der Meeresbiosphäre und der seeseitigen Zufahrt zum Standort;
- eine Untersuchung der Seewasserqualität und -temperatur;
- eine Untersuchung der Tidenverhältnisse;
- eine Untersuchung von Stoßwellen und Überflutung (Tsunami, Dammbrüche usw.);
- eine Untersuchung der umgebenden Infrastruktur (z. B. Industrieanlagen, bebautes Gelände, Verbindungsstraßen);
- Manövrierflächen und Sicherheitsabstände während der Durchfahrt eines Schleppkahns und/oder Öl-, Gas- oder Produktentankers im Hafen oder am Liegeplatz.

Die Bodenuntersuchung muss Folgendes umfassen:

- das geotechnische Gutachten, mit dem die geomechanischen Eigenschaften des Untergrundes definiert werden können; und
- die geologische und tektonische Untersuchung.

Die geologischen Eigenschaften der Region müssen mit ausreichender Genauigkeit untersucht werden, um ein klares Verständnis des physikalischen Entstehungsprozesses des Gebiets sowie des Potenzials zukünftiger seismischer Aktivitäten zu erhalten.

Eine detailliertere Analyse des Standorts und seiner Umgebung ist durchzuführen, um das Vorhandensein von Karst, Gips, aufquellenden Lehm- und Tonböden, löslichen Salzablagerungen, Bodenverflüssigung, Massenbewegung usw. aufzudecken und die jeweiligen Auswirkungen auszuwerten.

Diese Phänomene sind unter dem Tank und/oder unter Anlagenfundamenten unzulässig, es sei denn, es kann nachgewiesen werden, dass geeignete Maßnahmen zur Überwindung der potenziellen Probleme ergriffen wurden.

V.2.4 Klimatische Gegebenheiten

Die Klimastudie muss die nachstehenden Punkte umfassen:

- Windstärke und -richtung, einschließlich Häufigkeit und Stärke von starken Stürmen;
- Temperaturen;
- atmosphärische Stabilität;
- Bereich und Änderungsrate des Atmosphärendrucks;
- Regen, Schnee, Eisbildung;
- Korrosivität der Luft;
- Überschwemmungsrisiken;
- Häufigkeit von Blitzeinschlägen; und
- relative Luftfeuchte.

Die örtlichen Bedingungen können weitere Untersuchungen erfordern.

V.2.5 Seismologie

Ein Erdbeben wird durch die Horizontal- und Vertikalbeschleunigungen des Bodens bestimmt. Beschrieben werden diese Beschleunigungen durch:

- ihr Frequenzspektrum; und
- ihre Amplitude.

Sofern angemessen, muss eine standortspezifische Erdbebenuntersuchung durchgeführt werden. Diese muss Bewertungen der Risiken durch Erdbeben, Tsunamis, Erdbeben und vulkanische Aktivitäten enthalten. Diese Untersuchung ist in einem Erdbebenbericht zu dokumentieren, wobei die geologischen und seismischen Verhältnisse am Standort und in der Umgebung der Anlage sowie die geotechnischen Daten zu berücksichtigen sind. Als Ergebnis müssen in diesem Bericht alle seismischen Parameter definiert sein, die für die Auslegung erforderlich sind.

Die Größe der zu untersuchenden Region hängt von der Charakteristik des den Standort umgebenden Bereichs sowie den geologischen und tektonischen Bedingungen aus dem Bodengutachten ab, siehe V.2.2. Im Allgemeinen ist dieses auf einen Abstand von unter 320 km zum Standort begrenzt, aber in einigen Fällen kann eine ganze tektonische Provinz eingeschlossen sein, die größer ist als vorstehend angegeben.

Eine zweite Analysestufe ist innerhalb von 80 km vom Standort durchzuführen (regionale seismotektonische Untersuchung), um das Vorhandensein von etwaigen aktiven geologischen Störungen aufzudecken.

Diese Untersuchungen enthalten gründliche Nachforschung, Überprüfung und Auswertung aller historisch berichteten Erdbeben, die sich auf den Standort ausgewirkt haben, oder von denen zu erwarten gewesen wäre, dass sie Auswirkungen auf den Standort gehabt haben könnten.

Im Fall von seismischen Störungen in der unmittelbaren Umgebung des Standorts müssen weitere Untersuchungen zur Abschätzung ihrer möglichen Aktivitäten durchgeführt werden. Störungen, deren Inaktivität nicht nachgewiesen werden kann, sind innerhalb des Standorts oder innerhalb einer anhand der Bodenmorphologie zu bestimmenden Distanz unzulässig.

Einzelheiten der seismischen Untersuchungen sowie des Formats der Antwortspektren sind EN 1998-1, EN 1998-5 und Anhang G zu entnehmen.

Die geologischen, tektonischen und seismischen Untersuchungen unterstützen die Bestimmung:

- des Auslegungserdbebens für die sichere Abschaltung (en: safe shutdown earthquake, SSE); und
- des Auslegungserdbebens für den Betriebszustand (en: operating basis earthquake, OBE).

Diese sind festzulegen:

- probabilistisch, als Erdbeben, die Erdbewegungen auslösen mit einem minimalen Intervall von 5 000 Jahren für SSE und von 475 Jahren beim OBE; und/oder
- deterministisch, unter der Annahme, dass sich ein maximales historisches Erdbeben erneut mit einem Epizentrum ereignet, das für den Standort zur größten Erdbebenstärke führt, wobei dieses Auslegungserdbeben aber mit den gegebenen geologischen und seismischen Daten vereinbar sein muss.

ANMERKUNG Sowohl OBE als auch SSE beschreiben spezifische Grenzen für Erdbebenereignisse mit ansteigender Schwere für Systeme wie in EN 1998-5.

V.2.6 Standort

Während der Phase der Machbarkeitsstudie für den Standort sind Standortbewertungen durchzuführen, um die Eignung des vorgesehenen Standorts im Hinblick auf die Entwicklung benachbarter Standorte sicherzustellen. Bei der Beurteilung sind mindestens die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Entwicklung der Wohnbezirke;
- Entwicklung von Handels- und Freizeiteinrichtungen;
- Entwicklung sensibler Bereiche (Schulen, Krankenhäuser, Altenwohnheime, Sportstätten usw.);
- industrielle Entwicklung; und
- Transportinfrastruktur.

Nach der Wahl des Standorts ist eine detaillierte Beurteilung dieses Standortes durchzuführen. Methodik und Umfang der Standortbewertung richten sich nach dem vorgesehenen Bestand an Gefahrstoffen in der Anlage sowie dem Vorhandensein und dem Ausmaß der vorhandenen und künftig zu erwarteten Entwicklung benachbarter Standorte in Übereinstimmung mit örtlichen und nationalen gesetzlichen Anforderungen.

Es wird empfohlen:

- die Bewertung regelmäßig und im Fall größerer Modifikationen oder Änderungen anzupassen; und
- die Entwicklung in der Umgebung der Anlage zu überwachen, um nachfolgende unverträgliche Entwicklungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

Diese Mindest-Akzeptanzkriterien sind anwendbar, falls für das Land, in dem die Anlage errichtet werden soll, keine derartigen Kriterien vorhanden sind.

V.3 Gefährdungsbeurteilung

V.3.1 Allgemeines

Eine Gefährdungsbeurteilung muss während der Auslegung der Anlage durchgeführt werden und wird auch bei wesentlichen Modifikationen oder Änderungen empfohlen.

Die nachstehende(n) Methodik und Anforderungen beziehen sich auf Anhänge, die Beispiele für Häufigkeitsbereiche, Schadensklassen und Risikograde enthalten. Es gibt jedoch Unterschiede bei den nationalen oder firmenseitigen Akzeptanzkriterien, und die in den informativen Anhängen J, K und L von EN 1473 angegebenen Beispiele sollten als Mindestanforderungen angesehen werden. Wenn strengere örtliche oder nationale Anforderungen bestehen, ersetzen diese die genannten Mindestanforderungen.

V.3.2 Beurteilung

V.3.2.1 Methodik

Die Methodik der Gefährdungsbeurteilung kann deterministisch und/oder probabilistisch sein.

Der deterministische Ansatz umfasst:

- Auflistung der potenziellen Gefährdungen mit externer oder interner Ursache;
- Feststellung anzunehmender Gefährdungen;
- Bestimmung der Auswirkungen; und
- Begründung der erforderlichen Maßnahmen für die Erhöhung der Sicherheit zur Begrenzung der Auswirkungen.

Der probabilistische Ansatz umfasst:

- Auflistung der potenziellen Gefährdungen mit externer oder interner Ursache;
- Bestimmung der Auswirkungen jeder Gefährdung und Zuordnung zu Schadensklassen;
- Sammlung/Eingabe von Daten zu Fehlerhäufigkeiten;
- Bestimmung der Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit jeder Gefährdung;
- Zusammenfassung der Häufigkeit für alle Gefährdungen innerhalb der jeweiligen Schadensklasse und Angabe des Häufigkeitsbereichs für diese Schadensklasse; und
- Einordnung der Gefährdungen nach Schadensklasse und Häufigkeitsbereich, um den Risikograd zu bestimmen.

Für den Fall, dass die Risikobestimmung einen „unzulässigen Risikograd“ ergibt, muss das Anlagenkonzept oder die Betriebsweise geändert und die Bewertung wiederholt werden, bis kein „unzulässiger Risikograd“

mehr besteht. Falls die Risikobestimmung übliche, zulässige Risikograde ergibt, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Werden Risikograde ermittelt, die eine weitere Verringerung erfordern, so sollten weitere Sicherheitsmaßnahmen erwogen werden, um das Risiko so gering wie vernünftigerweise praktikabel zu begrenzen.

Bei der Gefährdungsbeurteilung kann mit herkömmlichen Verfahren gearbeitet werden, wie z. B.:

- Gefährdungs- und Betriebsfähigkeitsstudie (en: Hazard and Operability Study, HAZOP);
- Fehlerart- und Auswirkungsanalyse (en: Failure Mode Effect Analysis, FMEA);
- Ereignisbaumverfahren (en: Event Tree Method, ETM); und
- Fehlerbaumverfahren (en: Fault Tree Method, FTM).

Die Prozedur der Gefährdungsbeurteilung sollte während aller Auslegungsphasen durchgeführt werden.

Eine Anwendung bereits während der frühen Auslegungsphasen eines Projektes wird empfohlen und ermöglicht, dass ein unzulässiges Auslegungskonzept in der kostengünstigsten Weise überarbeitet werden kann.

Die für die probabilistische Beurteilung geltenden Mindestannahmekriterien sollten auf dem für das Personal innerhalb der Anlagengrenzen bestehenden Risiko basieren. Alternative Risikobeurteilungsverfahren können angewendet werden, um die Eignung der Anlagenauslegung zu bewerten; dies sind typischerweise Risikobeurteilungen von Betriebs- und gefährlichen Störfällen. Bei der Auslegung der Anlage und nach wesentlichen Anlagenmodifikationen sollten jedoch mindestens das für das Personal bestehende Risiko beurteilt und seine Annehmbarkeit verifiziert werden.

Risikoanalysen und deren Schlussfolgerungen sollten gute Ingenieurpraxis nicht beeinträchtigen.

V.3.2.2 Ermittlung von Gefährdungen äußeren Ursprungs

Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um Gefährdungen der Anlage von außen festzustellen. Derartige Gefährdungen können verursacht werden durch:

- See- oder Flussfrachtschiffe und -tanker, die sich der Anlegestelle mit überhöhter Geschwindigkeit oder zu steilem Winkel nähern;
- die Möglichkeit einer Kollision vorbeifahrender Großschiffe mit dem Pier und/oder mit an der Anlegestelle liegenden Frachtschiffen/Schleppkähnen;
- Aufprall von Projektilen und die Auswirkungen von Kollisionen (Schiffe, Lastkraftwagen, Flugzeuge usw.);
- Naturereignisse (Blitzschlag, Überschwemmung, Erdbeben, Gezeitenwellen, Eisberge, Tsunamis usw.);
- Zündung durch energiereiche Funkwellen;
- die Nähe von Flughäfen und/oder Flugrouten;
- einen „Dominoeffekt“, verursacht durch Brände und/oder Explosionen auf angrenzenden Betriebsgeländen;
- brennbare, toxische oder erstickend wirkende, vorbeiziehende Gaswolken;
- ständige Zündquellen, wie z. B. Hochspannungsleitungen (Koronaeffekt); und
- die Nähe des Betriebsgeländes zu jeder unkontrollierten externen Zündquelle.

V.3.2.3 Ermittlung von Gefährdungen internen Ursprungs

a) mit der Lagerung von petrochemischen und chemischen Erzeugnissen verbundene Gefährdungen

Ein Containment-Versagen mit der Freisetzung von Lagergut aus den Lagertanks und Lagereinrichtungen ist für alle Ausrüstungsteile einschließlich der Be- und Entladeeinrichtungen für Straßentankfahrzeuge und See- und Flussfrachtschiffe und Schleppkähne zu berücksichtigen. Zur Vereinfachung der Untersuchung dürfen Szenarien erstellt werden.

Diese Szenarien müssen in Bezug auf die folgenden Aspekte festgelegt werden:

- Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit des Auftretens der Gefährdung;
- Ort des Lecks;
- Beschaffenheit des Lagerguts;
- Volumenstrom und Dauer der Leckage;
- Witterungsbedingungen (Windgeschwindigkeit und -richtung, atmosphärische Stabilität, Umgebungstemperatur, relative Luftfeuchte); und
- thermische Eigenschaften und der Topographie des Bodens (einschließlich aller Auffangbereiche).

b) Gefährdungen, die nicht speziell für petrochemische und chemische Erzeugnisse gelten

Die folgenden Gefährdungsursachen sind zu betrachten:

- gleichzeitige Beladung an für verschiedene Produkte ausgelegten Piers;
- mangelhafte Kommunikation zwischen Schiff und Land;
- Verkehr innerhalb der Anlage sowohl während der Errichtung als auch während des Betriebs;
- Leckage anderer Gefahrstoffe, im Besonderen brennbarer Kältemittel;
- Projektile aufgrund von Explosionen;
- Druckgeräte und Dampferzeuger;
- befeuerte Heizungen und Kessel;
- rotierende Maschinen;
- Betriebsmittel, Katalysatoren und Chemikalien (Heizöl, Schmieröle, Methanol usw.);
- Schadstoffe aus dem zugeführten Gas von Verflüssigungsanlagen;
- elektrische Anlagen;
- Hafeneinrichtungen in Verbindung mit der LNG-Anlage;
- Sicherheitsprobleme (z. B. Eindringen, Sabotage);
- Störfälle während Errichtung und Instandhaltung; und
- Eskalation von Störfällen.

V.3.2.4 Abschätzung der Wahrscheinlichkeiten

Bei der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit einer gegebenen Gefährdung, sofern verwendet, ist mit für die petrochemische und chemische Industrie geeigneten Zuverlässigkeitsdaten zu arbeiten, die der Öffentlichkeit zugänglich sind, oder es ist nach einem anerkannten Verfahren wie in V.4.2.1 zur Bestimmung des Häufigkeitsbereichs für diese Gefährdung vorzugehen. Der menschliche Faktor muss dabei berücksichtigt werden.

V.3.2.5 Abschätzung der Auswirkungen

Die Auswirkungen jedes der oben festgelegten Szenarien hängen von den Eigenschaften des Lagerguts ab. Für die gefährlichen Eigenschaften von Lagergütern ist auf deren Material-Sicherheitsdatenblätter Bezug zu nehmen.

a) Verdampfung von freigesetztem Lagergut

Das Phänomen der sofortigen Verdampfung (Entspannungsverdampfung, einschließlich möglicher Entstehung von Aerosolen) ist zu berücksichtigen.

Die Verdampfung aufgrund von Wärmeübertragung ist mittels geeigneter validierter Modelle zu berechnen.

Das Modell muss Folgendes berücksichtigen:

- Beschaffenheit des Untergrundes (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, Dichte usw.);
- Temperatur des Untergrundes oder des Wassers;
- atmosphärische Bedingungen (Umgebungstemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit); und
- atmosphärische Stabilität oder Temperaturgradient.

Das Modell muss ermöglichen, Folgendes zu bestimmen:

- Geschwindigkeit, mit der die Flüssigkeit aus der Lagereinrichtung oder dem Tank ausläuft; und
- Verdampfungsrate in Abhängigkeit von der Zeit und im Besonderen die maximale Verdampfungsrate.

b) Überdruck

Durch die Zündung von Dämpfen kann unter bestimmten Umständen (z. B. in Verdichtungsgebieten) eine Explosion ausgelöst werden, welche eine Druckwelle erzeugt. Die Zündgrenzen für Gas-Luft-Gemische sind in EN 1160 angegeben.

Zur Berechnung des Überdrucks können anerkannte und für die im gegebenen Fall betrachtete Tankeinrichtung validierte Verfahren und Modelle eingesetzt werden, z. B. die Multienergiemethode und/oder die Verpuffung bei konstanter Geschwindigkeit. Dieser Überdruck sollte, sofern zutreffend, für die Ausrüstung, Gebäude und Tragwerke festgelegt werden.

Wo Überdruck auf den Tank, ein Ausrüstungsteil, ein Gebäude oder ein Tragwerk festgelegt ist, muss dies immer auf die eingehenden Wellencharakteristiken bezogen sein. In diesem Fall kann angenommen werden, dass eine Verpuffung in der Nähe des Tanks zu einer Druckwelle führt, die im ungünstigsten Fall auf den halben Tankumfang einwirkt. Die Spannungen im Tank durch Überdruck müssen durch eine dynamische Berechnung bestimmt werden. Für die übrigen Tragwerke können die Spannungen durch statische Berechnung bestimmt werden.

Die Auswirkung eines potenziellen Überdrucks unter einer erhöhten Tankbasis aufgrund der Zündung eines zündfähigen Gemisches unter dem Tank muss berücksichtigt werden.

Die Auswirkungen der Wellenreflexion auf die Objekte müssen in der Verantwortung des Lieferanten liegen.

c) Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlung, die bei Zündung der aus einer Lache des aus dem Tank ausgetretenden Lagerguts stammenden Flüssigkeiten und Dämpfe entsteht, ist mittels geeigneter und validierter Modelle zu berechnen.

Das Modell muss Folgendes berücksichtigen:

- Fläche der brennenden Lache oder die Ausmaße der Flamme;
- Oberflächen-Wärmestrahlung des Lachenbrandes oder der Flamme (siehe EN 1160); und
- Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit und relative Luftfeuchte.

Die Berechnung der Strahlung muss auf der Kombination von möglicherweise gleichzeitig auftretender Windgeschwindigkeit und atmosphärischen Bedingungen beruhen, die zur größten vorhersagbaren Strahlung führen, die in weniger als 10 % der Zeit überschritten wird.

Falls keine anderen Informationen zur Verfügung stehen, müssen folgende atmosphärische Bedingungen berücksichtigt werden: eine Windgeschwindigkeit von 10 m/s und eine relative Luftfeuchte von 50 %.

Mit dem Modell muss die auftreffende Strahlung in verschiedenen Entfernungen und Höhen bestimmt werden können.

V.3.3 Verbesserung der Sicherheit

Sofern die Gefährdungsbeurteilung zeigt, dass Schwellenwerte, die für die im gegebenen Fall zu betrachtende Tanklagereinrichtung festgelegt wurden, überschritten werden oder dass der Risikograd eine Verbesserung erfordert, sind Maßnahmen zu ergreifen, wie z. B.:

- Installation eines Sicherheitssystems zur frühzeitigen Erkennung von Lecks sowie zur Begrenzung der Auswirkungen von Zündungen;
- Beschleunigung der Verdünnung von brennbaren Dämpfen;
- Eliminierung potenzieller Zündquellen innerhalb einer brennbaren Gaswolke;
- Verringerung der Verdampfungsraten durch Verringerung der Wärmeübertragung auf ein Mindestmaß;
- Verringerung der Wärmestrahlung durch Kühlung mittels Wasservorhängen, Sprinkleranlagen, Schaum oder Wärmedämmung;
- Verringerung der Ausbreitungsdistanz des Gases durch Erwärmung der Wolke mit Hilfe von Schaum oder Sprühen;
- Vergrößerung der Abstände zwischen Ausrüstungsteilen;
- Schutz der Anlage vor Explosion; und
- Alarmanlagen, wie z. B. Geräte mit Einschlagscheibe, Telefone, Funkrufanlagen, Videoüberwachungssystem (en: Closed Circuit Television, CCTV) und Sirenen.

V.4 Sicherheitstechnische Auslegung und Konstruktion

V.4.1 Einleitung

Während der technischen Planung und Konstruktion ist die Sicherheit ständig eingehend zu prüfen, um ein entsprechend der Gefährdungsbeurteilung ausreichendes Maß an Sicherheit sicherzustellen.

Das Sicherheitsmanagement während Auslegung und Konstruktion muss die in V.5.2 bzw. V.5.3 beschriebenen Auslegungsbetrachtungen und ständigen Überprüfungen einschließen.

V.4.2 Auslegung

V.4.2.1 Allgemeine Merkmale für die sicherheitstechnische Auslegung

a) Auslegung von Ausrüstungen und Rohrleitungen

Die Auslegungsdrücke und -temperaturen von Rohrleitungen und Ausrüstungen sind so zu wählen, dass alle erwarteten Betriebs- und Störungszustände abgedeckt werden.

Die Spannungen in Rohrleitungen und Ausrüstungen werden durch Schrumpfung/Ausdehnung aufgrund von Temperaturänderungen, die Möglichkeit des Temperaturschocks und die Methode der Wärmedämmung beeinflusst. Physikalische Phänomene wie Flüssigkeitsschlag, Kavitation, Entspannungsverdampfung und Zweiphasenströmung sind zu berücksichtigen.

b) Einteilung von explosionsgefährdeten Bereichen

Für alle Anlagenteile sind die explosionsgefährdeten Bereiche zu analysieren. Die Referenzangaben für eine derartige Analyse sind nach EN 1127-1 und EN 60079-10 festzulegen.

Form und Ausdehnung jeder Zone können sich in Abhängigkeit der angewendeten nationalen oder fachlichen Richtlinien geringfügig unterscheiden, müssen aber mit der in EN 60079-10 festgelegten Methodik in Einklang stehen. Bezüglich des Schiffsanlegers ist EN 1532 zu berücksichtigen, insbesondere für die Gefährdungsbereiche, die entstehen, wenn ein Schleppkahn oder Seefrachtschiff am Schiffsanleger liegt.

Die Ausrüstungsauswahl in bestimmten Bereichen ist unter Berücksichtigung der Zoneneinteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Übereinstimmung mit EN 1127-1 und der EN/IEC-Normenreihe (Teil 0 bis Teil 25) vorzunehmen.

c) Absicherung gegen inneren Überdruck

Sicherheitseinrichtungen sind vorzusehen, um alle Risiken durch inneren Überdruck, einschließlich Überdruck durch Brandeinwirkung, abzudecken.

Es wird empfohlen, die Auslässe von herkömmlichen Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsventile, Abblasearmaturen) in das Abblasesystem des Lagertanks einzubinden oder zur eingebauten Dampfdruckgewinnungseinheit (sofern zutreffend) zu führen.

Wenn Druckentlastungen aus Hochdruck- und Niederdruckbereichen in das gleiche System geleitet werden, ist das Risiko der Druckrückwirkung zu unterbinden. Wenn eine übermäßige Rückwirkung in das Niederdrucksystem aufgrund von Druckentlastung aus einem Hochdrucksystem erfolgen kann, dürfen separate Abblasesysteme für Hoch- und Niederdruckentspannung vorgesehen werden.

d) Notentspannung

Es wird empfohlen, ein Notentspannungssystem vorzusehen.

Zweck dieser Maßnahme sind:

- die Verringerung des Innendrucks;
- die Verringerung der Folgen einer Leckage; und
- die Vermeidung eines Versagens der mit Flüssigkeit und/oder Gas gefüllten Druckrohrleitungen aufgrund externer Wärmestrahlung.

Es sind vom Kontrollraum oder von einem anderen Standort außerhalb des Anlagenbereichs gesteuerte oder automatische Absperrarmaturen vorzusehen, mit denen die Anlage in einzelne Anlagenteile unterteilt, und gegebenenfalls empfindliche Ausrüstung abgesperrt werden kann.

Dies ermöglicht, dass nur Teilbereiche der Anlage entspannt werden müssen, während die Zufuhr von Kohlenwasserstoffen in einen Brandherd begrenzt wird.

e) Sicherheitsleitsystem

Ein Sicherheitsleitsystem ist vorzusehen, um Gefährdungssituationen zu erkennen, zu melden und angemessen darauf zu reagieren. Das Sicherheitsleitsystem muss unabhängig vom Prozessleitsystem ausgeführt werden und Gefährdungen erkennen und erforderlichenfalls die Anlage automatisch in einen sicheren Zustand bringen.

f) Inhärente Sicherheit

Die inhärente Sicherheit muss sichergestellt werden, um:

- freigesetztes Lagergut innerhalb der Umzäunung zu halten und die anzunehmenden Szenarien, bei denen das Risiko bestehen könnte, dass sich Dämpfe über die Umzäunung der Anlage ausbreiten, auf ein Mindestmaß zu begrenzen;
- die Möglichkeit der Ausbreitung eines Brandes in einem einzelnen Bereich der Anlage in einen anderen Bereich auf ein Mindestmaß begrenzen; und
- Beschädigungen im unmittelbaren Brandabschnitt durch den Einsatz von Trennabständen, durch Minimierung der Brandunterstützung durch Kohlenwasserstoffbestände auf ein Mindestmaß zu begrenzen (indem die Anlage mittels Absperrventilen in verschiedene Brandbereiche unterteilt wird).

g) Passiver Brandschutz und Schutz gegen Spröbruch

Passiver Brandschutz ist vorzusehen, um:

- Ausrüstung und Haupttragkonstruktionen vor örtlicher Beschädigung durch Brand zu schützen, um eine Eskalation und eine Gefährdung von Notfalleinsatzkräften auf ein Mindestmaß zu begrenzen; und
- die tragenden Hauptbauteile vor Einsturz zu schützen.

h) Aktiver Brandschutz

Zur Kontrolle und Bekämpfung von Bränden sind Ausrüstungen und/oder Systeme vorzusehen.

i) Zusätzliche Maßnahmen zur Anlagensicherheit

Bei Freisetzung von flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen entstehen zündfähige Dämpfe, die schwerer als Luft sind. Die Anlage ist daher so auszulegen, dass die Wahrscheinlichkeit und Freisetzungsmenge von unbeabsichtigten und geplanten Emissionen dieser Fluide verhindert oder auf ein Mindestmaß verringert wird.

Dies ist dadurch zu erreichen, dass bei Auslegung, Beschaffung, Fertigung, Bau und Betrieb der Anlage ein Sicherheitsmanagementsystem angewendet wird, um sicherzustellen, dass die besten verfügbaren Regeln der Technik umgesetzt werden.

Hierbei ist besonders Folgendes zu berücksichtigen:

- Sofern möglich, sind Anlagen und Equipment, die brennbare Fluide führen, im Freien anzuordnen; diese Entscheidung ist aber auch von der Instandhaltung und den klimatischen Bedingungen abhängig;

- eine gedrängte Anordnung der einzelnen Anlagenteile ist zu vermeiden;
- eine geeignete Flexibilität der Rohrleitungen für die Anpassung an alle Betriebsbedingungen;
- die Anzahl der Rohrleitungsflansche ist so gering wie möglich zu halten; sofern möglich, sind Einschweißarmaturen einzusetzen unter Berücksichtigung von Inbetriebnahme, Abtrennung und Wartung. Bei Verwendung von Flanschen müssen qualifizierte Dichtungen nach EN 12308 ausgewählt werden, die für die Verbindung und den Betrieb geeignet sind, und die Flansche sollten nach Möglichkeit so angeordnet werden, dass bei einer Undichtigkeit der Strahl des austretenden Mediums nicht auf in der Nähe befindliche Ausrüstungsteile trifft;
- die Abblaseleitungen von Sicherheitsabblasearmaturen sind so anzuordnen, dass Gefährdungen auf ein Mindestmaß begrenzt werden;
- Anlagen sind für so hohe Drücke auszulegen, dass eine ausreichend große Differenz zum Betriebsdruck vorhanden ist, um die Häufigkeit des Ansprechens der Sicherheitsabblasearmaturen auf ein Mindestmaß zu begrenzen;
- es sind Pumpen mit Dichtungen angemessener Integrität zu verwenden; und
- Absperrventile müssen möglichst nah am Stutzen angeordnet werden. Diese Absperrarmaturen müssen, von einem sicheren Ort aus, über einen Notastaster fernbedient werden können oder automatisch über ein ESD-System ausgerüstet sein.

j) Auffangbecken und Wälle

Die Größe von Auffangbecken und Wällen zum Auffangen von aus Tanks und Kohlenwasserstoff-Rohrleitungssysteme und -Ausrüstungen ausgetretenes Lagergut muss als Teil der Gefährdungsbeurteilung (siehe V.4) beurteilt werden. Allgemein wurde festgestellt, dass die Sammlung ausgetretener Flüssigkeit aus Verbindungsleitungen für Kohlenwasserstoffe ohne Abzweige, Flansche oder Instrumentenanschlüsse nicht durch eine Gefährdungsbeurteilung begründet ist.

Erforderlichenfalls muss es so ausgelegt sein, dass es potenzielle Leckagen, die bei der Gefährdungsbeurteilung festgestellt wurden, aufnehmen kann.

Möglicherweise ausgetretenes Lagergut sollte in Auffangbecken abgeführt werden, die mit Schaumgeneratoren oder anderen Mitteln zur gesteigerten Verdampfungskontrolle ausgerüstet sind.

V.4.2.2 Standortspezifisch: Erdbebenschutz

Die Anlage muss so konstruiert sein, dass sie eine einfache Wiederaufnahme des Betriebs nach einem OBE-Erdbeben ermöglicht (sofern zutreffend).

Die folgenden Systeme müssen stärkeren Erdbebeneinwirkungen standhalten (von OBE- bis SSE-Stärke):

- Systeme, deren Bruch zu einer Gefährdung für die Anlage führen kann; und
- Schutzsysteme, deren Betrieb erforderlich ist, um ein Mindestmaß an Sicherheit aufrechtzuerhalten.

Zu diesem Zweck müssen Anlagensysteme und deren Komponenten hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Sicherheit klassifiziert werden.

Diese Klassifizierung muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung analysiert werden:

- **Klasse A:** Systeme, die von entscheidender Bedeutung für die Anlagensicherheit sind, oder Schutzsysteme, die in Betrieb bleiben müssen, um ein Mindestmaß an Sicherheit aufrechtzuerhalten. Diese müssen sowohl bei OBE als auch bei SSE betriebsbereit bleiben. Das ESD-System muss Klasse A entsprechen.

- **Klasse B:** Systeme, die vitale Funktionen für den Anlagenbetrieb erfüllen, oder Systeme, deren Bruch zu einer Gefährdung der Anlage führen kann, für die ein Zusammenbruch zu größeren Auswirkungen auf die Umwelt oder zu weiterer Gefährdung führen könnte. Diese Systeme müssen nach OBE betriebsbereit bleiben und ihre Funktionsfähigkeit bei SSE beibehalten.
- **Klasse C:** andere Systeme. Diese Systeme müssen nach OBE betriebsbereit bleiben und dürfen nach SSE keine Auswirkungen auf andersklassige Systeme oder Komponenten haben. Die Systeme umfassen die zugehörige(n) Ausrüstungen, Verrohrungen, Armaturen, Instrumentierung, Spannungsversorgung und deren Unterstützungen. Tragwerke müssen entsprechend der strengsten Klasse für die Systemkomponente, die sie unterstützen, ausgelegt werden.

Die Gebäude, die eine Sicherheitsfunktion haben oder üblicherweise bemannt sind, müssen so ausgelegt werden, dass sie im Fall von SSE unversehrt bleiben. Heizung, Lüftung und Klimatisierung sind so auszulegen, dass sie die entsprechenden Kriterien der klassifizierten Systeme innerhalb der Gebäude erfüllen.

V.4.3 Überprüfungen

Die Überprüfungen sind durch strikte Anwendung eines allumfassenden Qualitätssicherungssystems zu organisieren.

Diese Überprüfungen müssen mindestens Folgendes umfassen:

- vorläufige Gefährdungsanalyse;
- Überprüfung des Anlagenentwurfs;
- HAZOP;
- Wartungs- und Zugänglichkeitsüberprüfung;
- SIL Überprüfung; und
- Überprüfung vor der Inbetriebnahme.

V.5 Sicherheit während des Betriebs

V.5.1 Vorbereitungen für den Anlagenbetrieb

Die Vorbereitungen für den Anlagenbetrieb müssen Folgendes umfassen:

- Schulung des Personals;
- Entwicklung von Betriebsanweisungen und Arbeitsablaufplänen für Anlagenbetrieb, Wartung und Inspektion; und
- Entwicklung von Sicherheits- und Gefahrenabwehrprozeduren, welche die umfassenden Notfallmaßnahmen des Hafens und den internationalen Schiffs- und Hafeneinrichtungs-Sicherheitscode (ISPS), sofern maßgebend, enthalten.

V.5.2 Sicherheit während des Anlagenbetriebs

Sicherheit während der Betriebsphase muss durch folgende Ausstattungen und Maßnahmen erreicht werden:

- betriebstechnische Steuerungs-, Überwachungs- und Sicherheitssysteme, einschließlich Betriebsgenehmigungen;
- Verminderung unkontrollierter Zündquellen; und
- örtliche und zentrale (fernbedienbare) Steuerung des Brandbekämpfungssystems.

Literaturhinweise

Normen

EN 1991-1-1:2002, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1995-1-5, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für Hochbauten*

EN 1998-1:2004, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*

EN 1998-4, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*

EN 1998-5:2005, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*

EN 10163-3:2004, *Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) — Teil 3: Profile*

EN 12308, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Eignungsprüfung von Flachdichtungen für Flanschverbindungen in Flüssigerdgas-Rohrleitungen*

EN 13616-1:2016, *Überfüllsicherungen für ortsfeste Tanks für flüssige Brenn- und Kraftstoffe — Teil 1: Überfüllsicherungen mit Schließeinrichtung*

EN 13616-2:2016, *Überfüllsicherungen für ortsfeste Tanks für flüssige Brenn- und Kraftstoffe — Teil 2: Überfüllsicherungen ohne Schließeinrichtung*

EN 14620 (alle Teile), *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -165 °C*

EN 60079-10, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10: Einteilung der Bereiche — Gas- und Staubexplosionsgefährdete Bereiche*

EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern (ISO 4063:2009, Korrigierte Fassung 2010-03-01)*

EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507-1:2005)*

EN ISO 15617, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Beugungslaufzeittechnik (TOFD) — Zulässigkeitsgrenzen*

EN ISO 16903, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Eigenschaften von Flüssigerdgas mit Einfluss auf die Auslegung und die Materialauswahl (ISO 16903:2015)*

EN ISO 17635, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe (ISO 17635:2016)*

- [1] API 653 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction; American Petroleum Institute, Washington D.C.
- [2] NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code; 1993 Edition, National Fire Protection Association, Quincy MA, USA.
- [3] "Strength of rim reinforcement for manholes in welded storage tanks" R.T. Rose. British Welding Journal, Oktober 1961.
- [4] Model code of Safe Practice, Part 19, *Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations*, 3rd edition, November 2012, Energy Institute, London
- [5] ERDA Technical Information Document 7024 "Nuclear Reactors and Earthquakes" US Atomic Energy Commission August 1963
- [6] Europäische Richtlinie 94/63/EG vom 20. Dezember 1994 zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC-Emissionen) bei der Lagerung von Ottokraftstoff und seiner Verteilung von den Auslieferungslagern bis zu den Tankstellen
- [7] VdTÜV-Merkblatt Tankanlagen 963 Teil 1 (April 2009): *Anforderungen an Leckanzeigesysteme für Böden von oberirdischen Flachbodentankbauwerken — Leckanzeigegeräte*, Verband der TÜV e. V.; Köln: TÜV Media GmbH
- [8] VdTÜV-Merkblatt Tankanlagen 963 Teil 2 (August 2010): *Anforderungen an Leckanzeigesysteme für Böden von oberirdischen Flachbodentankbauwerken — Leckageerkennungssysteme*, Verband der TÜV e. V.; Köln: TÜV Media GmbH
- [9] DIN 59220, *Flacherzeugnisse aus Stahl — Warmgewalztes Blech mit Mustern — Maße, Gewichte, Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*
- [10] EN 573-3:2013, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen*
- [11] EN 1473, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Auslegung von landseitigen Anlagen*
- [12] EN 1993-1-2:2005, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*
- [13] EN 1993-4-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos*
- [14] EN 10028-7, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 7: Nichtrostende Stähle*
- [15] EN 10056-1, *Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl — Teil 1: Maße*
- [16] EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*
- [17] EN 13445 (alle Teile), *Unbefeuerte Druckbehälter*
- [18] EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*
- [19] EN ISO 10863, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Anwendung der Beugungslaufzeittechnik (TOFD) (ISO 10863)*

- Entwurf -

Nur zum internen Gebrauch

- Entwurf -

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 14015

November 2017

ICS 23.020.10

Will supersede EN 14015:2004

English Version

Specification for the design and manufacture of site built,
vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded,
steel tanks for the storage of liquids at ambient
temperature and above

Spécification pour la conception et la fabrication de
réservoirs en acier, soudés, aériens, à fond plat,
cylindriques, verticaux, construit sur site destinés au
stockage des liquides à la température ambiante ou
supérieure

Auslegung und Herstellung standortgefertigter,
oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter
Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von
Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren
Temperaturen

This draft European Standard is submitted to CEN members for enquiry. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 265.

If this draft becomes a European Standard, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

This draft European Standard was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Warning : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2017 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved
worldwide for CEN national Members.

Ref. No. prEN 14015:2017 E

Nur zum internen Gebrauch

Contents

Page

European foreword	11
1 Scope	12
2 Normative references	12
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations	15
3.1 Terms and definitions.....	15
3.2 Symbols	19
3.3 Abbreviations.....	20
4 Information and requirements to be specified.....	20
4.1 Information to be specified by the purchaser	20
4.2 Information to be agreed between the purchaser and the tank manufacturer.....	21
4.3 Information to be supplied by the tank manufacturer	21
4.4 Information to be supplied by the steel manufacturer.....	21
4.5 Information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer	21
4.6 Information to be agreed between the purchaser and the internal floating cover supplier	21
4.7 Information to be agreed between the tank manufacturer and the internal floating cover supplier.....	21
4.8 Information to be supplied by the internal floating cover supplier	21
4.9 Information to be agreed between the purchaser and the supplier of the aluminium dome roof covering an open top steel tank (see also EN 1995-1-5).....	21
4.10 Information to be agreed between the tank manufacturer and the supplier of the aluminium dome roof.....	21
4.11 Information to be supplied by the supplier of the aluminium dome roof	21
5 Requirements.....	22
5.1 Design pressure.....	22
5.2 Design metal temperature	22
5.2.1 Maximum design metal temperature	22
5.2.2 Minimum design metal temperature	23
5.3 Design density.....	23
5.4 Yield strength.....	23
6 Materials	24
6.1 Carbon and carbon manganese steels.....	24
6.1.1 Plate materials.....	24
6.1.2 Structural steel sections.....	29
6.1.3 Forgings.....	30
6.1.4 Pipes	31
6.1.5 Welding consumables	31
6.1.6 Charpy V-notch impact energy requirements of carbon and carbon manganese steels.....	31
6.1.7 Mountings.....	32
6.1.8 Thickness tolerances.....	33

6.2	Stainless steels.....	34
6.2.1	General	34
6.2.2	Plate materials.....	35
6.2.3	Structural steel sections.....	35
6.2.4	Forgings.....	36
6.2.5	Pipes	36
6.2.6	Welding consumables	37
6.2.7	Anchors and structural bolts.....	37
7	Design loads.....	37
7.1	Loads	37
7.2	Load values	38
7.2.1	Liquid induced loads	38
7.2.2	Internal pressure loads	38
7.2.3	Thermally induced loads	38
7.2.4	Dead loads.....	38
7.2.5	Insulation loads.....	38
7.2.6	Distributed live load.....	38
7.2.7	Concentrated live load	38
7.2.8	Snow loads.....	38
7.2.9	Rainfall loads.....	38
7.2.10	Wind	38
7.2.11	7 Seismic loads.....	47
7.2.12	Loads resulting from connected piping and attachments	47
7.2.13	Foundation settlement loads.....	47
7.2.14	Emergency loads.....	47
7.2.15	Load combinations.....	47
8	Tank bottoms	48
8.1	General	48
8.2	Materials	48
8.3	Design	50
8.4	Fabrication.....	51
9	Shell design	54
9.1	Design and test stress.....	54
9.2	Internal loads.....	56
9.3	Wind and vacuum loads	58
9.3.1	Stiffening rings.....	58
9.3.2	Primary stiffening ring (wind girder) design.....	60
9.3.3	Secondary stiffening ring (wind girder) design	61
9.4	Shell plate arrangement.....	65
9.5	Shell joints.....	65
10	Fixed roof design.....	65
10.1	Loads	65
10.2	Type of roof.....	65
10.3	Roof plating with supporting structure.....	66
10.4	Roof plating without supporting structure (membrane roofs)	67
10.5	Compression area at the junction of the shell and roof.....	68

10.6	Venting requirements.....	71
10.6.1	General	71
10.6.2	Scope of venting provided	72
10.6.3	Venting capacity	72
10.6.4	Accumulation of pressure and vacuum	72
10.7	Internal floating roofs.....	73
11	Floating roof design	73
12	Tank anchorage.....	73
12.1	General	73
12.2	Anchorage attachment.....	75
12.3	Holding down bolt or strap	75
12.3.1	Allowable tensile stress.....	75
12.3.2	Cross-sectional area.....	75
12.3.3	Anchor bolt load to resist uplift.....	75
12.4	Resistance to uplift during test.....	76
13	Mountings.....	76
13.1	Shell nozzles O/D 80 mm and above.....	76
13.2	Shell nozzles less than O/D 80 mm	85
13.3	Roof nozzles.....	86
13.4	Studded pad connections.....	88
13.5	Nozzle loads	88
13.6	Flush type clean-out doors and water draw-off sumps	88
13.6.1	General	88
13.6.2	Flush type clean-out doors	89
13.6.3	Water draw-off sumps	89
13.6.4	Combined water draw-off and clean-out sump	89
13.7	Nozzle welding details	89
13.8	Flange drilling.....	90
13.9	Post-weld heat treatment of nozzles	90
13.10	Heating and/or cooling systems	90
13.11	Stairways and walkways	93
13.12	Handrailing.....	93
13.13	Ladders.....	94
13.14	Earthing connections.....	94
13.15	Permanent attachments.....	94
13.16	Temporary attachments	94
14	Insulation.....	94
15	Shop fabrication of tank components	94
15.1	General	94
15.2	Reception and identification of materials	95
15.3	Handling and storage of materials	95
15.4	Material markings	95
15.5	Plate preparation and tolerances	96
15.6	Preparation of nozzle components	96
15.7	Plate forming and tolerances	96
15.8	Openings	96

15.8.1	Nozzles.....	96
15.8.2	Inspection windows.....	97
15.8.3	Nozzles for mixers.....	97
15.8.4	Clean-out doors.....	97
15.8.5	Reinforcement plates.....	97
15.8.6	Insert plates.....	97
15.9	Welding.....	97
15.10	Surface condition.....	98
15.11	Marking for erection purposes.....	98
15.12	Packing, handling and transport to site.....	98
16	Site erection and tolerances.....	98
16.1	General.....	98
16.2	Foundations.....	99
16.2.1	General.....	99
16.2.2	Peripheral tolerance.....	99
16.2.3	Foundation surface tolerance.....	100
16.3	Anchor points.....	101
16.4	Handling and storage.....	101
16.5	Rectification of parts damaged during transportation and handling.....	101
16.6	Bottom plates.....	102
16.7	Shell to bottom, and shell.....	102
16.7.1	Assembly tolerances of first shell course on flat bottom.....	102
16.7.2	Tolerance on shell geometry.....	103
16.7.3	Vertical tolerance.....	103
16.7.4	Tolerances on alignment of plates.....	103
16.7.5	Tolerances on shape of welded joints.....	104
16.7.6	Primary and secondary stiffening rings (wind girders).....	104
16.8	Fixed roofs.....	105
16.8.1	General.....	105
16.8.2	Support framework.....	105
16.8.3	Roof plates.....	105
16.8.4	Roof plating and roof structure.....	105
16.8.5	Frangible roofs.....	105
16.9	Nozzles.....	105
16.10	External attachments.....	106
16.11	Internal attachments.....	106
16.12	Temporary attachments.....	106
17	Approval of welding procedures and welders.....	106
17.1	General.....	106
17.2	Welding procedure approval.....	107
17.2.1	General.....	107
17.2.2	Welding of test pieces.....	107
17.2.3	Examination and testing of test pieces.....	107
17.3	Welding Procedure Approval Record (WPAR).....	107
17.3.1	Preparation.....	107
17.3.2	Range of approval.....	107

17.4	Welders and welding operators approval.....	108
17.5	Production control test plates	108
17.5.1	Horizontal welds.....	108
17.5.2	Vertical welds.....	108
18	Welding	108
18.1	General	108
18.2	Welding sequences.....	108
18.3	Welding of bottoms.....	109
18.3.1	Removal of coatings.....	109
18.3.2	Annular ring plates	109
18.3.3	Bottom plates	109
18.4	Welding of shell to bottom	109
18.5	Welding of shell.....	109
18.6	Welding of roof	109
18.7	Temporary welds.....	109
18.8	Atmospheric conditions	109
18.9	Preheating.....	110
18.10	Post-weld heat treatment.....	110
18.11	Repair welding.....	111
19	Testing and inspection.....	111
19.1	General	111
19.2	Qualification of NDT personnel	112
19.3	Test procedures	112
19.4	Type of inspections and examinations	112
19.4.1	Inspection of materials.....	112
19.4.2	Examinations of edges to be welded and joint preparations.....	112
19.4.3	Visual examination during fabrication and erection.....	113
19.4.4	Type and extent of examination and test of welds	113
19.4.5	Additional examinations if imperfections are found.....	119
19.5	Vacuum box test.....	120
19.6	Penetrant test.....	121
19.7	Magnetic particle examination	121
19.8	Soap bubble examination	121
19.8.1	Reinforcement plates	121
19.8.2	Fixed roof, roof nozzles and roof to shell.....	121
19.8.3	Shell to bottom with double fillet weld.....	121
19.9	Radiographic examination	122
19.9.1	General procedure	122
19.9.2	Storage of films	122
19.10	Ultrasonic examination	122
19.11	Acceptance criteria (other than for ultrasonic inspections – see 19.10)	122
19.11.1	Imperfection acceptance criteria	122
19.11.2	Acceptable thinning after grinding.....	126
19.12	Any reduction in thickness due to grinding below that defined in 6.1.8. shall not be permitted.	126
19.13	Dimensional check.....	126

19.14	Hydrostatic and pneumatic tests.....	126
19.14.1	General.....	126
19.14.2	Hydrostatic test liquid level.....	127
19.14.3	Pneumatic test pressure.....	127
19.14.4	Conditions of implementation.....	127
19.14.5	Examination during filling.....	127
19.14.6	Filling.....	128
19.14.7	Checking and pneumatic testing of roof (valid for all types of fixed roof tanks).....	128
19.14.8	Test for tank stability under negative pressure (vacuum test).....	129
19.15	Empty checks.....	129
19.16	Accessories.....	129
19.16.1	External accessories.....	129
19.16.2	Internal accessories.....	130
20	Documentation and name-plate.....	130
20.1	Documentation.....	130
20.2	Name-plate.....	132
Annex A	(normative) Information and requirements to be documented.....	134
A.1	Information to be supplied by the purchaser.....	134
A.2	Information agreed between the purchaser and the manufacturer.....	136
A.3	Information to be supplied by the manufacturer.....	137
A.4	Information to be supplied by the steel manufacturer.....	138
A.5	Information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer.....	138
A.6	Information to be agreed between the purchaser and the internal floating roof supplier.....	138
A.7	Information to be agreed between the tank manufacturer and the internal floating roof supplier.....	138
A.8	Information to be supplied by the internal floating roof supplier.....	138
A.9	Information to be agreed between the purchaser and the supplier of the aluminium dome roof covering an open top steel tank (see also EN 1995-1-5).....	139
A.10	Information to be agreed between the tank manufacturer and the supplier of the aluminium dome roof.....	139
A.11	Information to be supplied by the supplier of the aluminium dome roof.....	140
Annex B	(informative) Operational and safety considerations for storage tanks.....	141
B.1	General.....	141
B.2	Tank type.....	141
B.3	Health, safety and environmental considerations.....	144
B.4	Attachments to tanks for safety or fire fighting facilities.....	144
Annex C	(normative) Requirements for internal floating roofs.....	145
C.1	General.....	145
C.2	Types of internal floating roofs.....	146
C.3	Design and construction requirements.....	148
C.4	Installation.....	157
C.5	Documentation.....	158
Annex D	(normative) Requirements for floating roofs.....	159
D.1	General.....	159

D.2	Roof types	159
D.3	Design	162
D.4	Prefabrication in the workshop	174
D.5	Marking, packing, handling, transport	174
D.6	Assembly	174
D.7	Welding	174
D.8	Inspection and testing	175
D.9	Documentation	176
D.10	Detailed design requirements for floating roofs	176
Annex E	(normative) Requirements for rim seals for floating roofs	194
E.1	General	194
E.2	Seal design and seal materials	194
E.3	Seal types	196
E.4	Weather shields	197
E.5	Application and technical details of rim seals	197
E.6	Installation	199
E.7	Testing	199
E.8	Documentation	199
Annex F	(normative) Selection of carbon and carbon manganese steel plate to alternative specifications to those in	200
F.1	Alternative national standards	200
F.2	Carbon and carbon manganese steel	200
F.3	Stainless steel	206
Annex G	(informative) Recommendations for seismic provisions for storage tanks	208
G.1	Introduction	208
G.2	References	208
G.3	Flowcharts and Notes	208
G.4	Flow Charts Notes	211
Annex H	(informative) Recommendations for special bottom types	222
H.1	General	222
H.2	Non-fully supported bottoms	222
H.3	Double bottoms	224
H.3.15	leakage detection system	234
H.3.16	Further leak/leakage detection systems	236
H.3.17	Calculation requirements	236
H.4	Elevated or beam supported tanks	237
Annex I	(informative) Recommendations for tank foundations	238
I.1	General	238
I.2	Soil investigation	238
I.3	Foundation design	239
I.4	Types of foundations	241
I.5	Drainage, Tank bottom drainage and tank compound drainage	247
Annex J	(informative) Example calculations of stiffening rings (wind girders)	248
J.1	General	248
J.2	Section moduli	248
J.3	Worked examples of design of secondary stiffening rings (wind girders)	248

J.4	Example 1	249
J.5	Example 2	252
Annex K (normative)	Design rules for tanks with frangible roof to shell joints.....	255
K.1	General	255
K.2	Construction	256
K.3	Materials	256
K.4	Design rules	256
Annex L	Venting.....	259
Annex M (Informative)	Tank Anchorage.....	260
M.1	General	260
M.2	Holding down strap.....	260
M.3	Holding down bolt with individual chair	260
M.4	Worked example of Anchor chair calculation in accordance with AISI E-1, Volume II, Part VIII.....	261
Annex N (informative)	Weld details for the connection of mounting.....	267
N.1	Set-through mountings.....	267
N.2	Set-on mountings.....	269
N.3	Studded pad connections.....	270
Annex O (informative)	Flush-type doors and water draw-off sumps	271
O.1	Flush-type doors	271
O.2	Water-draw-off sumps.....	272
O.3	Combined water draw-off and clean-out sump	272
Annex P (informative)	Heating and/or cooling systems	279
P.1	General	279
P.2	Heat transfer fluid	279
P.3	Type of heating or cooling devices	279
P.4	Installation.....	280
Annex Q (informative)	Recommendations for the design and application of insulation.....	281
Q.1	General	281
Q.2	Design considerations.....	282
Q.3	Mechanical support arrangement	283
Q.4	Design details.....	287
Q.5	Corrosion protection	289
Q.6	Insulation.....	289
Q.7	Cladding	293
Q.8	Securing insulation materials	295
Q.9	Fire hazard	296
Annex R (normative)	Surface finish	297
R.1	Internal surfaces in contact with the product.....	297
R.2	External surfaces	299
Annex S (normative)	Self-Supporting aluminium roofs for storage tanks	301
S.1	General	301
S.2	Materials	303
S.3	Allowable stresses.....	304
S.4	Design	304

S.5	Roof attachment.....	306
S.6	Physical characteristics.....	307
S.7	Platforms, walkways, and handrails.....	307
S.8	Appurtenances.....	307
S.9	Sealing at the shell.....	308
S.10	Testing.....	308
S.11	Fabrication and erection.....	308
S.12	Required information and method to check shell stability under loads from domed roof.....	309
Annex T	(informative) Finite Element Analysis (FEA) Requirements regarding the use of FEA to support a tank design submission.....	312
T.1	General.....	312
T.2	Special design requirement.....	312
T.3	The FEA Design Report.....	312
Annex U	(Informative) Design by analysis; methods based on stress categories.....	314
U.1	Preambles.....	314
U.2	Stress Categorization.....	314
U.3	Equivalent stress.....	316
U.4	Requirements relating to the methods for determining stresses.....	319
U.5	Classification of stresses.....	320
Annex V	(informative) Environmental impact.....	329
V.1	Environmental impact assessment.....	329
V.2	Safety general.....	331
V.3	Hazard assessment.....	334
V.4	Safety engineering during design and construction.....	339
V.4.2	Design.....	339
V.4.3	Reviews.....	342
V.5	Safety during operation.....	342
V.5.1	Preparation for plant operation.....	342
V.5.2	Safety during plant operation.....	342
Bibliography	343

European foreword

This document (prEN 14015:2017) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 265 "Site built metallic tanks for the storage of liquids", the secretariat of which is held by BSI.

This document is currently submitted to the CEN Enquiry.

This European Standard reflects the current practice within the oil, petrochemical, chemical, food and general bulk liquid storage industry, both European and world-wide. The practice is based on the theory of design stresses or allowable stresses.

There is another European standard, EN 1993-4-2 covering Tanks. It is based on the Limit State Theory (LST), which is being used more and more by the structure steel and reinforced concrete industry.

Based on the facts that:

- the calculation routines as per this version of EN 14015 result in somewhat more conservative values when compared to the results according to theory of EN 1993-4-2; and
- the experience in the oil and gas industry with designing steel storage tanks to the LST method is limited;

it is therefore considered necessary to keep the actual revision of the EN 14015 based on the allowable stress method.

It is envisaged that, in future revisions of EN 14015, the theory for designing steel storage tanks of the types covered in this norm might move towards the use of LST. However, this would need more time to define more accurate loads factors, loads combinations and serviceability.

It is considered that a tank designed in accordance with EN 14015 fulfils the requirements of EN 1993-4-2.

Moreover, this standard covers many more design items such as selection of type of tank based on characteristics of the stored medium (in Annex B), internal and external floating roofs (respectively in Annex C and D), rim seals (in Annex E), double bottoms (in Annex H) and specific other tank features which are not covered in EN 1993-4-2. EN 14015 also covers aluminium dome roof structures in Annex S.

1 Scope

This document specifies the requirements for the materials, design, fabrication, erection, testing and inspection of site built, vertical, cylindrical, flat bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperatures and above, and the technical agreements that need to be reached (see Annex A).

This document does not apply to tanks where the product is refrigerated to maintain it as a liquid at atmospheric pressure (see EN 14620 part 1 to 5).

This document is concerned with the structural integrity of the basic tank structure and does not provide requirements for considering process design, operational issues, safety and firefighting facilities, in-service inspection, maintenance or repair. These aspects are covered in detail in other Codes of Practice (see Annex B).

This document applies to closed-top tanks, with and without internal floating roofs (see Annex C) and open-top tanks, with and without floating roofs (see Annexes D and E). It does not apply to 'lift-type' gas holders.

This document applies to storage tanks with the following characteristics:

- a) design pressure less than 60 mbar¹ and design internal negative pressure not lower than 6,0 mbar (see 5.1 for pressure limitations);
- b) design metal temperature not lower than -40 °C and not higher than +300 °C (see 5.2.2);
- c) maximum design liquid level not higher than the top of the cylindrical shell.

The limits of application of this document terminate at the following locations:

- face of the first flange in a bolted flange connection;
- first threaded joint on the pipe or coupling outside of the tank shell, roof or bottom; and
- first circumferential joint in a pipe not having a flange connection.

This document is applicable to storage tanks where, irrespective of the material strength used, the maximum allowable stress does not exceed 260 N/mm².

In addition to the definitive requirements, this document also states that the items detailed in Annex A have to be documented. For compliance with this document, both the definitive requirements and those required in Clause 4 are meant to be satisfied.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 485 (all parts), *Aluminium and aluminium alloys — Sheet, strip and plate*

EN 754 (all parts), *Aluminium and aluminium alloys — Cold drawn rod/bar and tube*

¹ All pressures are in mbar gauge unless otherwise stated.

EN 755 (all parts), *Aluminium and aluminium alloys — Extruded rod/bar, tube and profiles*

EN 1092-1, *Flanges and their joints — Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, PN designated — Part 1: Steel flanges*

EN 1593, *Non-destructive testing - Leak testing - Bubble emission techniques*

EN 1759-1, *Flanges and their joint - Circular flanges for pipes, valves, fittings and accessories, Class designated - Part 1: Steel flanges, NPS 1/2 to 24*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads*

EN 1991-1-4:2005, *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*

EN 1993-1-6:2007, *Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures*

EN 1993-4-2, *Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-2: Tanks*

EN 10025 (all parts), *Hot rolled products of structural*

EN 10028-2, *Flat products made of steels for pressure purposes - Part 2: Non-alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties*

EN 10028-3, *Flat products made of steels for pressure purposes - Part 3: Weldable fine grain steels, normalized*

EN 10029:2010, *Hot rolled steel plates 3 mm thick or above — Tolerances on dimensions and shape*

EN 10088-1, *Stainless steels - Part 1: List of stainless steels*

EN 10088-2, *Stainless steels - Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes*

EN 10088-3:2014, *Stainless steels - Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for general purposes*

EN 10164, *Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product - Technical delivery conditions*

EN 10204:2004, *Metallic products - Types of inspection documents*

EN 10216 (all parts), *Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions*

EN 10217 (all parts), *Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions*

EN 10222 (all parts), *Steel forgings for pressure purposes*

EN 10250 (all parts), *Open steel die forgings for general engineering purposes*

EN 10346, *Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming - Technical delivery conditions*

EN 13160 (all parts), *Leak detection systems*

EN 13480 (all parts), *Metallic industrial piping*

EN ISO 148-1, *Metallic materials - Charpy pendulum impact test - Part 1: Test method (ISO 148-1:2016)*

EN ISO 2560, *Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels - Classification (ISO 2560)*

EN ISO 3452-1, *Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles (ISO 3452-1)*

EN ISO 3581, *Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 3581)*

EN ISO 5579, *Non-destructive testing - Radiographic testing of metallic materials using film and X- or gamma rays - Basic rules (ISO 5579)*

EN ISO 6520-1, *Welding and allied processes - Classification of geometric imperfections in metallic materials - Part 1: Fusion welding (ISO 6520-1)*

EN ISO 9606-1, *Qualification testing of welders - Fusion welding - Part 1: Steels (ISO 9606-1)*

EN ISO 9712, *Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel (ISO 9712)*

EN ISO 11666, *Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Acceptance levels (ISO 11666)*

EN ISO 14122 (all parts), *Safety of machinery - Permanent means of access to machinery - (ISO 14122 (all parts))*

EN ISO 14732, *Welding personnel - Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials (ISO 14732)*

EN ISO 15607:2003, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - General rules (ISO 15607)*

EN ISO 15609-1, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 1: Arc welding (ISO 15609-1)*

EN ISO 15614-1:2017, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials — Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys*

EN ISO 16828, *Non-destructive testing - Ultrasonic testing - Time-of-flight diffraction technique as a method for detection and sizing of discontinuities (ISO 16828)*

EN ISO/IEC 17020, *Conformity assessment - Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection (ISO/IEC 17020)*

EN ISO 17636-1, *Non-destructive testing of welds - Radiographic testing - Part 1: X- and gamma-ray techniques with film (ISO 17636-1)*

EN ISO 17636-2, *Non-destructive testing of welds - Radiographic testing - Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors (ISO 17636-2)*

EN ISO 17637, *Non-destructive testing of welds - Visual testing of fusion-welded joints (ISO 17637)*

EN ISO 17638, *Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing (ISO 17638)*

EN ISO 17640, *Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Techniques, testing levels, and assessment*

EN ISO 19232-1, *Non-destructive testing - Image quality of radiographs - Part 1: Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators (ISO 19232-1)*

EN ISO 19232-2, *Non-destructive testing - Image quality of radiographs - Part 2: Determination of the image quality value using step/hole-type image quality indicators (ISO 19232-2)*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purpose of this document, the following terms and definitions apply:

3.1.1

design pressure

maximum permissible pressure in the space above the stored liquid

3.1.2

design internal negative pressure

maximum permissible negative pressure in the space above the stored liquid

3.1.3

set pressure

pressure at which the pressure relief device first opens

3.1.4

set vacuum

internal negative pressure at which a vacuum valve first opens

3.1.5

test pressure

pressure in the space above the test liquid during testing

3.1.6

maximum design metal temperature

temperature used for determining the maximum allowable stress for the material

3.1.7

minimum design metal temperature

temperature used for determining the material toughness requirements

3.1.8

LODMAT

lowest one day mean ambient temperature

lowest recorded average temperature based over any 24 hour period

Note 1 to entry: to entry: The average temperature is half (maximum temperature plus minimum temperature).

3.1.9

purchaser

company or its agent which prepares and agrees a proposal with a contractor for the design, construction and testing of a storage tank

3.1.10

designer²⁾

person or organization carrying out the engineering design of the tank

3.1.11

contractor²⁾

company with which the purchaser agrees a proposal for the design, construction and testing of a storage tank

3.1.12

manufacturer²⁾

organization carrying out the shop fabrication

3.1.13

erector²⁾

organization carrying out the construction on site

3.1.14

inspector

person or organization carrying out the inspection of the tank on behalf of the purchaser

3.1.15

independent NDE-unit or organization

NDE-unit or organization that has as a minimum a B-type status as referenced in EN ISO/IEC 17020

Note 1 to entry: A C-type unit or organization is not allowed.

3.1.16

supplier

company manufacturing and supplying sub-assemblies

3.1.17

static electricity

build-up of an electrical difference of potential or charge, through friction of dissimilar materials or substances e.g. product flow through a pipe

²⁾ A single organization can cover two or more of these activities.

3.1.18

operating basis earthquake

OBE

earthquake that the tank resists without any damage

3.1.19

safe shutdown earthquake

SSE

earthquake that damages the tank without causing collapse or imposing serious consequential hazards

3.1.20

floating roof

metallic structure which floats on the surface of a liquid inside an open top tank shell, and in complete contact with this surface

3.1.21

floating cover

structure which floats on the surface of a liquid inside a fixed roof tank, primarily to reduce vapour loss

3.1.22

non-contact type floating cover

cover which is supported by buoyancy chambers or pontoons on the liquid surface causing the floating cover to be raised above the liquid surface, thus creating a void between the underside of the floating cover and the liquid surface

3.1.23

cover

main load bearing structure to which the peripheral (rim) seal is added

3.1.24

peripheral (rim) seal

seal mounted around the periphery of the floating roof or floating cover which contacts the tank shell and seals the annular gap

3.1.25

floating suction device

mechanical device, sometimes articulated, installed in some tanks, which floats on the liquid surface and only permits product to be withdrawn from this point

Note 1 to entry: Commonly adopted for aviation fuel storage tanks.

3.1.26

bleeder vent

device incorporated in a floating cover to permit release of gas from under the floating cover during tank filling, and to allow air to pass back through the floating cover when draining product when the floating cover is stationary on its support legs

3.1.27

buoyancy

ability of a structure to float on liquid

3.1.28

inlet diffuser

component intended to join and extend the inlet pipe within the tank and disperses the incoming product

3.1.29

accumulation

differential pressure between the set pressure of the valve and the tank pressure at which the required flow rate is reached or the set vacuum of the valve and the tank internal negative pressure at which the required flow rate is reached

3.1.30

emergency venting

outbreathing in case of fire, or inbreathing and outbreathing in case of malfunction of tank equipment

3.1.31

thermal outbreathing

pressure venting capacity influenced by atmospheric heating of the tank

3.1.32

thermal inbreathing

vacuum venting capacity influenced by atmospheric cooling down of the tank

3.1.33

free vent

open vent

3.1.34

pressure/vacuum valve

valve used to relief excess pressure or internal negative pressure in the tank

3.1.35

pipe away valve

pressure or vacuum valve to which a vent pipe may be connected

3.1.36

vent pipe

pipe connected to pipe away valves

3.2 Symbols

For the purpose of this document, the symbols given in Table 1 apply:

Table 1 — Symbols

Symbol	Description	Unit
C	Corrosion allowance	mm
D	Diameter of tank	m
D	Diameter of hole	mm
d_h	Diameter of hole in roof	mm
d_i	Diameter (inside) of nozzle	mm
d_n	Diameter (outside) of nozzle	mm
d_o	Diameter (outside) of manhole insert	mm
d_r	Diameter (outside) of reinforcement	mm
E	Nominal thickness of plate	mm
e_a	Nominal thickness of annular plate	mm
e_b	Thickness of bottom plate	mm
e_{br}	Thickness of bottom reinforcing plate (flush type clean out door)	mm
e_c	Calculated minimum thickness of plate including corrosion allowance	mm
e_f	Thickness of flange	mm
e_i	Thickness of insert plate	mm
e_n	Thickness of nozzle	mm
e_p	Thickness of roof plate	mm
e_r	Thickness of reinforcement plate	mm
e_s	Thickness of any shell plate	mm
e_t	Thickness of shell plate for test conditions	mm
e_1	Thickness of first shell course	mm
F	Overstress factor	—
H	Design liquid height	m
H_c	Height from the bottom of the course under consideration to design liquid level	m
h_n	Height of nozzle	mm
L_r	Effective roof length	mm
L_s	Effective shell length	mm
l_a	Width of the annular plate between the edge of the bottom plate and the inner surface of the shell	mm
l_d	Distance from the outer surface of the shell to the outer edge of	mm

Symbol	Description	Unit
	the bottom plate or annular plate	
l_w	Lap of the bottom plates over the annular plate	mm
P	Design pressure	mbar
p_i	Internal pressure minus pressure exerted by roof	mbar
p_t	Test pressure	mbar
R	Radius of tank	m
R_1	Radius of curvature of roof	m
r_i	Inside radius of nozzle	mm
r_m	Mean radius for nozzle	mm
r_o	Outside radius of nozzle	mm
S	Allowable design stress	N/mm ²
S_c	Allowable compressive stress	N/mm ²
S_t	Allowable test stress	N/mm ²
T	Total thickness tolerance	mm
T_{DM}	Design metal temperature	°C
V	Design wind speed	m/s
W	Density of contained liquid	kg/l
W_t	Density of test medium	kg/l
Z	Section modulus	cm ³

3.3 Abbreviations

For the purpose of this document, the following abbreviations apply:

Abbreviation	Description
HAZ	Heat affected zone
LODMAT	Lowest one day mean ambient temperature
NDE	Non-destructive examination
NDT	Non-destructive test(ing)
PCD	Pitch circle diameter
PWHT	Post-weld heat treatment

4 Information and requirements to be specified

4.1 Information to be specified by the purchaser

The information to be specified by the purchaser, in accordance with A.1, shall be fully documented.

For this reason also a data sheet, covering the minimum design requirements should be documented. A sample of a tank data sheet is shown in A.12.

4.2 Information to be agreed between the purchaser and the tank manufacturer

The information to be agreed between the purchaser and the tank manufacturer, in accordance with A.2, shall be fully documented.

4.3 Information to be supplied by the tank manufacturer

The information to be supplied by the tank manufacturer, in accordance with A.3, shall be fully documented.

4.4 Information to be supplied by the steel manufacturer

The information to be supplied by the steel manufacturer, in accordance with A.4, shall be fully documented.

4.5 Information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer

The information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer, in accordance with A.5, shall be fully documented.

4.6 Information to be agreed between the purchaser and the internal floating cover supplier

The information to be agreed between the purchaser and the cover supplier, in accordance with A.6, shall be fully documented.

4.7 Information to be agreed between the tank manufacturer and the internal floating cover supplier

The information to be agreed between the tank manufacturer and the cover supplier, in accordance with A.7, shall be fully documented.

4.8 Information to be supplied by the internal floating cover supplier

The information to be supplied by the cover supplier, in accordance with A.8, shall be fully documented.

4.9 Information to be agreed between the purchaser and the supplier of the aluminium dome roof covering an open top steel tank (see also EN 1995-1-5)

The information to be agreed between the purchaser and the supplier of the aluminium dome, in accordance with A.9, shall be fully documented.

4.10 Information to be agreed between the tank manufacturer and the supplier of the aluminium dome roof

The information to be agreed between the tank manufacturer and the supplier of the aluminium dome, in accordance with A.10, shall be fully documented.

4.11 Information to be supplied by the supplier of the aluminium dome roof

The information to be supplied by the supplier of the aluminium dome, in accordance with A.11, shall be fully documented.

5 Requirements

5.1 Design pressure

The design pressure and the design internal negative pressure shall be within the limits specified in Table 3 for the particular tank designation specified (see 10.6.4.1, 10.6.4.2, and A.1).

The set pressure of the relief device plus the accumulation to permit the required throughput to be achieved shall not exceed the design pressure as stated in Table 3.

The set vacuum of the relief device plus the accumulation to permit the required throughput to be achieved shall not exceed the design internal negative pressure.

Table 3 — Design pressure limits for tanks

Tank designation	Design pressure	Design interval
		Negative
		Pressure
	P	p_v
	mbar (g)	mbar (g)
Open top tanks or floating roof tanks	0	5 ^b
Closed top tanks		
i) non-pressure tanks	≤ 10 ^a	≤ 2,5 ^b
ii) low-pressure tanks	≤ 25 ^a	≤ 6 ^b
iii) high-pressure tanks	≤ 60 ^a	≤ 6 ^b
-	-	-
The requirements of this document for roof plating and for roof nozzle reinforcement may not be adequate for some combinations of tank diameter and design pressure. Additional requirements necessary with regard to these aspects shall be subject to agreement (see A.2).		
^a The design pressures specified are those that give rise to load conditions stated in Clause 7.2. and will be used in the calculation of shell thickness (see 9.2), shell stability (see 9.3.), roof thickness (see 10.4), shell/roof compression area (see 10.5), selection and sizing of vents (see 10.6), tank anchorage (see Clause 12), selection of type of roof and its detailed design.		
^b The vacuum to be used for the design of windgirders to be placed on the external side of the tank shell shall be as follows: (a) 5 mbar for open top tanks irrespective of the design wind speed; (b) 5 mbar for non-pressure fixed roof tanks; (c) 8.5 mbar for low and high pressure fixed roof tanks.		

5.2 Design metal temperature

5.2.1 Maximum design metal temperature

The maximum design metal temperature shall not exceed 300 °C.

5.2.2 Minimum design metal temperature

The minimum design metal temperature shall be the minimum temperature of the contents or the temperature given in Table 4, whichever is the lower. If the ambient temperature is lower than -40 °C , the minimum LODMAT shall be -40 °C .

The lowest one day mean ambient temperature LODMAT should be taken as the lowest recorded temperature averaged over any 24 hour period. Where insufficient complete records are available, this average temperature can be taken as the mean of the maximum and minimum temperatures

Table 4 — Minimum design metal temperature based on LODMAT

Lowest one day mean ambient temperature (LODMAT) T_1 °C	Minimum design metal temperature	
	10 years data °C	30 years data °C
$-10 \leq \text{LODMAT}$	$T_1 + 5$	$T_1 + 10$
$-25 \leq \text{LODMAT} \leq -10$	T_1	$T_1 + 5$
$\text{LODMAT} \leq -25$ (see 5.2.2)	$T_1 - 5$	T_1

The minimum design metal temperature for the tank shall not take into account the beneficial effect of heating or insulation for design metal temperatures warmer than or equal to 0 °C .
For minimum design metal temperatures below 0 °C , then the beneficial effect of insulation or heating shall be agreed but the design metal temperature should not be warmer than 0 °C .

5.3 Design density

The design density shall be the maximum specified density of the contents.

Where flexibility of operation in a tank or within a group of tanks is required, the design density should be the maximum envisaged density of the products.

5.4 Yield strength

The yield strength of the material shall be the minimum specified value of:

- room temperature minimum specified yield strength for carbon and carbon manganese steels;
- elevated temperature ($> 100\text{ °C}$) yield strength for carbon and carbon manganese steels;
- room temperature 0,2 % proof strength for stainless steels;
- elevated temperature ($> 50\text{ °C}$) 0,2 % proof strength for stainless steels.

6 Materials

6.1 Carbon and carbon manganese steels

6.1.1 Plate materials

6.1.1.1 All carbon and carbon manganese steel plate used in the manufacture of tanks conforming to this document shall be in accordance with the minimum requirements of Tables 5 to 7 in conjunction with Table 9 and Figure 1, unless otherwise agreed (see A.2). When a steel grade other than those given in Tables 5 to 7 is to be used, it shall satisfy the requirements of Annex F.

Table 5 — Hot rolled products ≤ 275 N/mm² yield strength

Standard	Designation	Options	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^{a)} mm
EN 10025-2	S235 JR	1, 12	Type I	12
	S235 JO	1, 5, 12	Type II	30
	S235 J2	1, 5, 12	Type III	40
	S235 J2	1, 5, 12	Type III	40
	S275 JR	1, 12	Type I	12
	S275 JO	1, 5, 12	Type II	30
	S275 J2	1, 5, 12	Type III	40
	S275 J2	1, 5, 12	Type III	40
Option 1	Steelmaking process to be reported.			
Option 5	CEV from ladle analysis $\leq 0,42$ for plates thicker than 20 mm.			
Option 12	Inspection documentation shall be in accordance with EN 10204:2004, Cert. 3.1 except for nominal thickness plates (e.g. roof, bottom) where documentation may be in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2 as a minimum.			
Standard	Designation	Options	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^{a)} mm
EN 10025-3	S275 N	1, 2, 19 ^a	Type IV	40
	S275 NL	1, 2, 19 ^a	Type IV	40
EN 10025-4	S275 M	1, 2, 19 ^a	Type IV	40
	S275 ML	1, 2, 19 ^a	Type IV	40
Option 1	Steelmaking process to be reported.			
Option 2	CEV from ladle analysis $\leq 0,42$ for plates thicker than 20 mm.			
Option 19a	Charpy impact test to be carried out on each plate thicker than 20 mm.			
^a The maximum thickness shall be the lower of that specified in this table and that derived from Figure 1.				

NOTE 1 The allowed maximum thicknesses only apply to shell plates (not insert plates).

NOTE 2 The limited thickness of 40 mm of Type III materials can be increased to maximum of 45 mm for storing non-hydrocarbon and non-toxic materials, subject to agreements to be established between Purchaser and Contractor (see Annex A).

As a minimum the following additional requirements should be detailed:

- Additional NDT-tests to be agreed (see Tables 29 and 30);
- Additional number of test plates to be agreed (see Clause 17);
- Additional requirements to be specified in pWPS, WPS and WPAR (see Clause 17).

Table 6 — Hot rolled products > 275 N/mm² and ≤ 355 N/mm² yield strength

Standard	Designation	Options	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^a mm
EN 10025-2	S355 JR	1, 6, 12	Type V	10
	S355 JO	1, 6, 12	Type VI	15
	S355 J2	1, 5, 6, 12, 20	Type VII	40
	S355 J2	1, 5, 6, 12, 20	Type VII	40
	S355 K2	1, 5, 6, 12, 20	Type VIII	40
	S355 K2	1, 5, 6, 12, 20	Type VIII	40
Option 1 Steelmaking process to be reported. Option 5 CEV from ladle analysis ≤ 0,42 for plates thicker than 20 mm. Option 6 Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Ti and V to be recorded. Option 12 Inspection documentation shall be in accordance with EN 10204:2004, Cert. 3.1B except for nominal thickness plates (e.g. roof, bottom) where documentation may be in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2 as a minimum. Option 20 Charpy impact test to be carried out on each plate thicker than 20 mm.				
Standard	Designation	Options	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^a mm
EN 10025-3	S355 N	1, 2, 19 ^a	Type VIII	40
	S355 NL	1, 2, 19 ^a	Type IX	40
EN 10025-4	S355 M	1, 2, 19 ^a	Type VIII	40
	S355 ML	1, 2, 19 ^a	Type IX	40
Option 1 Steelmaking process to be reported. Option 2 CEV from ladle analysis ≤ 0,42 for plates thicker than 20 mm. Option 19 ^a Charpy impact test to be carried out on each plate thicker than 20 mm.				
^a The maximum thickness shall be the lower of that specified in this table and that derived from Figure 1.				

NOTE 1 The allowed maximum thicknesses only apply to shell plates (not insert plates). See also 9.1.6.

NOTE 2 The limited thickness of 40 mm of Types VII, VIII and IX materials can be increased to maximum of 45 mm for storing non-hydrocarbon and non-toxic materials, subject to agreements to be established between Purchaser and Contractor (see Annex A).

As a minimum the following additional requirements should be detailed:

- Additional NDT-tests to be agreed (see Tables 29 and 30);
- Additional number of test plates to be agreed (see Clause 17);
- Additional requirements to be specified in pWPS, WPS and WPAR (see Clause 17).

Table 7 — Hot rolled products > 355 N/mm² yield strength

Standard	Designation	Options	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^a mm
EN 10025-3	S420 N	1, 2, 19 ^a	Type X	40
	S420 NL	1, 2, 19 ^a	Type XI	40
EN 10025-4	S420 M	1, 2, 19 ^a	Type X	40
	S420 ML	1, 2, 19 ^a	Type XI	40
Option 1 Steelmaking process to be reported.				
Option 2 CEV from ladle analysis ≤ 0,42 for plates thicker than 20 mm.				
Option 19 ^a Charpy impact test to be carried out on each plate thicker than 20 mm.				
^a The maximum thickness shall be the lower of that specified in this table and that derived from Figure 1.				

NOTE 1 The allowed maximum thicknesses only apply to shell plates (not insert plates). See also 9.1.6.

NOTE 2 The limited thickness of 40 mm of Types X and XI materials can be increased to maximum of 45 mm for storing non-hydrocarbon and non-toxic materials, subject to agreements to be established between Purchaser and Contractor (see Annex A).

As a minimum the following additional requirements should be detailed:

- Additional NDT-tests to be agreed (see Tables 29 and 30);
- Additional number of test plates to be agreed (see Clause 17);
- Additional requirements to be specified in pWPS, WPS and WPAR (see Clause 17).

Table 8 — Hot rolled products for use at elevated temperatures (> 100 °C)

Standard	Designation	Steel type as given in Figure 1	Maximum thickness ^a Mm
EN 10028-2	P235 GH	Type II A	30
	P265 GH	Type II A	30
	P295 GH	Type VI A	40
	P355 GH	Type VI A	40
EN 10028-3	P275 NH	Type IV	40
	P275 NL2	Type IV	40
	P355 NH	Type VIII	40
	P355 NL2	Type IX	40
NOTE CEV from ladle analysis ≤ 0,42 for plates thicker than 20 mm.			
^a The maximum thickness shall be the lower of that specified in this table and that derived from Figure 1.			

NOTE 1 The allowed maximum thicknesses only apply to shell plates (not insert plates). See also 9.1.6.

NOTE 2 The limited thickness of 40 mm of Types IV, VI A, VIII and IX materials can be increased to maximum of 45 mm for storing non-hydrocarbon and non-toxic materials, subject to agreements to be established between Purchaser and Contractor (see Annex A).

As a minimum the following additional requirements should be detailed:

- Additional NDT-tests to be agreed (see also Tables 29 and 30);
- Additional number of test plates to be agreed (see Clause 17);
- Additional requirements to be specified in pWPS, WPS and WPAR (see Clause 17).

Table 9 — Charpy V-notch impact energy for steel types

Steel type	Charpy V-notch impact energy
L	27 J at +20 °C
LI	27 J at 0 °C
II A	27 J at -10 °C
LII	27 J at -20 °C
IV	27 J at -30 °C
V	40 J at +30 °C ^a
VI	40 J at +10 °C ^b
VI A	40 J at 0 °C
VII	40 J at -10 °C ^c
VIII	40 J at -20 °C
IX	40 J at -30 °C
X	55 J at +20 °C
XI	55 J at 0 °C

NOTE 1 The impact energy requirements are longitudinal values of:

27 J for grade 235 and 275 steels

40 J for grade 355 steel

55 J for higher than grade 355 steel

NOTE 2 There is no need under the atmospheric conditions in Europe to use steels with better toughness than line 6, of Figure 1.

a) extrapolation from 27 J at +20 °C

b) extrapolation from 27 J at 0 °C

c) extrapolation from 27 J at -20 °C

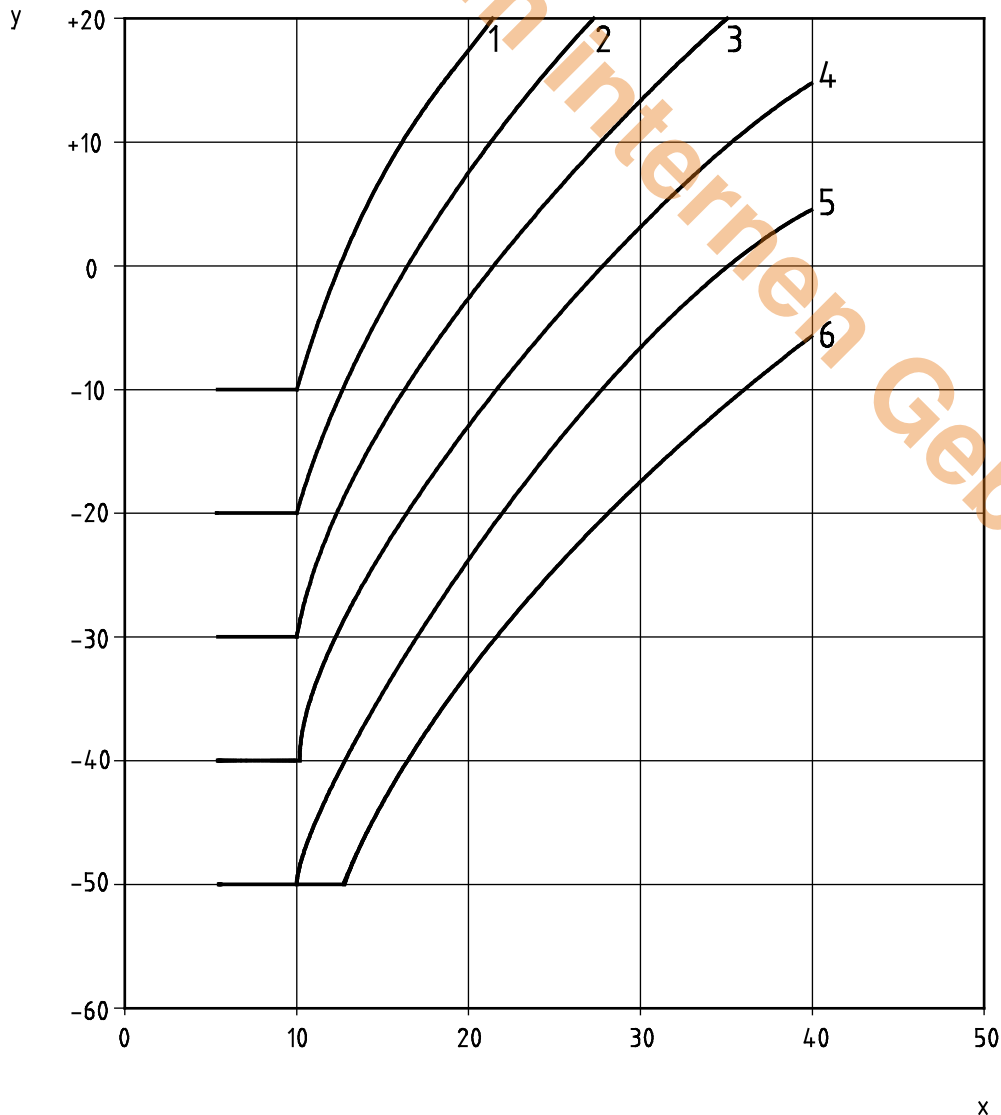
6.1.1.2 For design metal temperatures in excess of 100 °C, steels with elevated temperature yield strength values shall be in accordance with Table 8. See also 9.1.2, 9.3.3.7 and 9.3.3.9.

Other steel grades for which elevated temperature yield strength values are not specified in the material standard may also be used, provided:

- a) the actual value of each cast of the material delivered shall be certified by the steel manufacturer (see A.4) in accordance with EN 10025, or
- b) subject to approval by the appropriate authority, tensile tests at the elevated temperature of each cast are executed by an independent laboratory, providing the traceability is documented.

The test results shall be reported in an inspection document in accordance with EN 10204:2004, Cert. 3.1B.

6.1.1.3 When the maximum design metal temperature exceeds 250 °C, steels which are proven to be unaffected by ageing shall be used. The method of proof shall be subject to agreement (see A.5).



Key

T_{DM}	design metal temperature	E	nominal thickness
1	steel types I, V and X (impact test at +20 °C)	4	steel types II A and VII (impact test at -10 °C)
2	steel types VI (impact test at +10 °C)	5	steel types III and VIII (impact test at -20 °C)
3	steel types II, VI A and XI (impact test at 0 °C)	6	steel types IV and IX (impact test at -30 °C)

Figure 1 — Minimum temperature at which each type of steel can be used

NOTE The maximum thickness of 40 mm, shown in Figure 1 applies only to shell plates (not insert plates). For insert plates see 6.1.7.2.

6.1.2 Structural steel sections

6.1.2.1 All carbon and carbon manganese structural steel sections used in the manufacture of tanks conforming to this document shall be in accordance with Tables 5 to 7 or Table 10.

Table 10 — Structural steel products

Standard	Designation	Steel type
EN 10210-1 and -2	S235 JRH	Type I
	S275 JOH	Type II
	S275 J2H	Type III
	S275 NH	Type IV
	S275 NLH	Type IV
	S355 JOH	Type VI
	S355 J2H	Type VII
	S355 NH	Type VIII
	S355 NLH	Type IX

6.1.2.2 Structural steel shall have inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2, except for steels S275 NH/NLH and S355 NH/NLH which shall have Inspection certificate 3.1.B

6.1.2.3 Pads, gussets etc. shall be from steel in accordance with 6.1.1.

6.1.3 Forgings

6.1.3.1 Forgings shall be manufactured from steel products by open die forging or ring rolling in accordance with EN 10250 and EN 10222.

6.1.3.2 The mechanical properties of forgings shall also be in accordance with 6.1.6 and 6.1.7.

6.1.3.3 Flanges provided for shell nozzles shall be marked by stamping or indelible paint. Marking shall include the following information:

- manufacturer's name or mark;
- size and pressure rating;
- steel grade;
- identification number; and
- stamp of the manufacturer's inspector.

6.1.3.4 Inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert. 3.1B shall be supplied with flanges used in nozzles attached to materials requiring inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert 3.1B. This shall include the name of the producer of the initial material and the mechanical properties of the finished forging.

Inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2 shall be supplied with other flanges.

Flanges for roof nozzles, manholes and clean-out doors can be cut from plates. The quality of the cut flange should be guaranteed by the manufacturer of the flange, either by using plate with

specified transverse properties in accordance with Z15 of EN 10164, or by ultrasonic inspection to ensure the absence of laminations.

6.1.4 Pipes

6.1.4.1 Pipes used for nozzle bodies shall be either seamless tubes or longitudinal welded tubes in accordance with the appropriate parts of EN 10216 or EN 10217.

6.1.4.2 The mechanical properties of pipes shall also be in accordance with 6.1.6 and 6.1.7.

6.1.4.3 Pipes provided for piping connected to the shell shall be marked in accordance with the appropriate parts of EN 10216 or EN 10217.

6.1.4.4 Inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert 3.1B shall be supplied with pipes used in nozzles attached to materials requiring inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert 3.1B. This shall include the name of the producer of the initial material and mechanical properties of the finished piping.

6.1.4.5 Inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2 shall be supplied with other piping.

6.1.4.5 Pipes provided for the manufacture of heating coils shall be in accordance with an appropriate European material standard and, if necessary, should conform to EN 13480.

6.1.5 Welding consumables

Welding consumables shall be in accordance with EN ISO 2560, and, shall be used in the approval procedures in accordance with Clause 17. Appropriate inspection documentation shall be supplied.

The approval procedure test shall demonstrate that the yield strength and tensile strength of the welded joint exceeds the strength of the base materials being joined.

The welded joint shall also be chemically compatible with the materials being joined and the stored product.

6.1.6 Charpy V-notch impact energy requirements of carbon and carbon manganese steels

6.1.6.1 General

When specified in the relevant clause of this document, Charpy V-notch impact energy testing shall be carried out in accordance with EN ISO 148-1. The impact energy value shall be in accordance with the requirements of the relevant material specification or weld metals in accordance with 6.1.6.3.

The specified Charpy V-notch impact test values for plates, forgings, pipe and weld metal are determined from three specimens, the value taken shall be the average of the three results. The individual value of only one specimen shall be not less than 70 % of the specified minimum average value. When the material is less than 10 mm thick, 10 mm × 5 mm specimens shall be used and they shall demonstrate 50 % of the values specified for full size specimens.

6.1.6.2 Plates

The required impact test temperatures and levels of impact energy for the shell plates, bottom annular plates and roof compression areas shall conform to the requirements of the material specifications specified in 6.1.1. For shell plates and bottom annular plates purchased to an

alternative specification, then the impact test temperature and levels of impact energy shall conform to the requirements of Annex F.

Impact testing shall not be required for bottom plates other than annular plates.

Impact testing of bottom annular plates shall not be required when the shell plates attached to them are not required to be impact tested.

Impact testing shall not be required for shell plates, or materials attached to shell plates, less than 6 mm thick, nor when the minimum design metal temperature and the thickness are within the limits given in Table 11.

NOTE Roof plates do not normally require impact testing, but it might be required for roofs for very high pressure tanks where the plate thickness exceeds 6 mm (see Figure 1).

Table 11 — Conditions for waiving impact testing

Minimum design metal temperature °C	Thickness Mm
≥ + 10	≤ 20
≥ 0	≤ 13
≥ - 10	≤ 10
< - 10	≤ 6

6.1.6.3 Weld metals

6.1.6.3.1 Weld metals for carbon and carbon manganese steels shall be impact tested when the materials they are joining are required to be impact tested at 0 °C or lower. Impact testing of weld metals shall not be required where plate materials are exempt from impact testing in accordance with 6.1.6.2. When impact testing is required, weld metal specimens shall be removed from the welding procedure test plates required by Clause 17 and shall meet the requirements of 6.1.6.3.2 or 6.1.6.3.3 as appropriate.

6.1.6.3.2 Vertical shell welds shall be impact tested at the test temperature required for the plate material and shall show not less than the value required for the thicker plate material. When connections are made between materials of different thicknesses or different grades, then the impact requirements for the weld metal shall be the more stringent of the two.

6.1.6.3.3 Horizontal shell welds shall be impact tested at the test temperature of the thicker plate material being joined or at -10 °C, whichever is the least stringent, and shall show not less than 27 J.

6.1.7 Mountings

6.1.7.1 Unless otherwise agreed (see A.2), reinforcing plates, insert plates, nozzle bodies and flanges shall be of the same general type of material as the shell plates to which they are welded. They shall also conform to the impact energy requirements of 6.1.6. The nominal thickness, e , for use in Figure 1 shall be taken as the nominal thickness of the component except for the following:

a) Weld-neck flanges

The nominal thickness shall be taken as the thickness at the weld or 25 % of the flange thickness, whichever is greater.

b) Hubbed or plain slip-on flanges

The nominal thickness shall be taken as the nominal thickness of the branch, e_n , to which the flange is welded or 25 % of the flange thickness, whichever is greater.

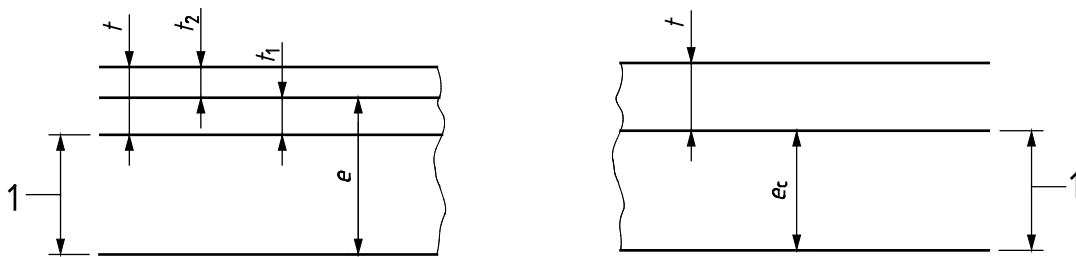
6.1.7.2 Insert plates of ferritic steel which exceed 40 mm thickness shall show Charpy V-notch impact energy values ≥ 27 J at -50 °C, irrespective of the design metal temperature.

6.1.7.4 Permanent attachment materials shall show the same Charpy V-notch impact energy values as the shell plates to which they are welded.

6.1.8 Thickness tolerances

6.1.8.1 The measured thickness at any point more than 25 mm from the edge of any nominal thickness³ bottom, shell, roof or annular plate (e) shall be not less than the specified thickness less half the total thickness tolerance specified in EN 10029:2010, Table 1: class D (see Figure 2 a)).

6.1.8.2 The measured thickness at any point more than 25 mm from the edge of shell plates and roof plates whose thickness has been calculated shall not be less than the calculated minimum thickness (e_c), e.g. EN 10029:2010, Table 1: class C, i.e. only positive tolerances are permitted (see Figure 2 b)).



a) Nominal plates (see 6.1.8.1)

b) Calculated thickness plates (see 6.1.8.2)

Key

- E nominal thickness (bottom, annular, shell or roof plates)
- e_c calculated minimum thickness of plate including any corrosion allowance
- T total thickness tolerance
- t_1 minus $\frac{1}{2}$ total thickness tolerance
- t_2 plus $\frac{1}{2}$ total thickness tolerance
- 1 minimum allowed thickness

Figure 2 — Plate thickness tolerances

³ Those plates whose thickness is determined by minimum specified values.

6.2 Stainless steels

6.2.1 General

6.2.1.1 Selection of materials

All stainless steel plates and structural sections used in the manufacture of tanks conforming to this document shall be in accordance with the minimum requirements given in EN 10088-1 and EN 10088-2. See also EN 10028-7 for flat products made of steels for pressure purposes.

Martensitic stainless steels shall not be used.

Ferritic stainless steels shall be limited to a maximum thickness of 10 mm.

Austenitic and austenitic-ferritic stainless steels shall be selected from Table 12.

6.2.1.2 Chemical properties

The stainless steel grades specified (see A.1) shall be suitable for the product to be stored, and shall be in accordance with EN 10088-2 or EN 10088-3:2014, Tables 7, 10 and 11.

6.2.1.3 Mechanical properties

The minimum specified mechanical properties shall conform to those given in the appropriate part of EN 10088. For tanks intended to operate at elevated temperatures, the required values of yield strength shall be determined by interpolation of the values specified in EN 10088-2 or EN 10088-3:2014, Tables 10 and 15.

Table 12 — Stainless steels for tank fabrication

Steel designation	
Grade	Number
Austenitic	
X2CrNi18-9	1,4307
X2CrNi19-11	1,4306
X2CrNiN18-10	1,4311
X5CrNi18-10	1,4301
X6CrNiTi18-10	1,4541
X6CrNiNb18-10	1,4550
X1CrNi25-21	1,4335
X2CrNiMo17-12-2	1,4404
X2CrNiMoN17-11-2	1,4406
X5CrNiMo17-12-2	1,4401
X1CrNiMoN25-22-2	1,4466
X6CrNiMoTi17-12-2	1,4571
X6CrNiMoNb17-12-2	1,4580
X2CrNiMo17-12-3	1,4432

Steel designation	
Grade	Number
X2CrNiMoN17-13-3	1,4429
X2CrNiMo17-13-3	1,4436
X2CrNiMo18-14-3	1,4435
X2CrNiMoN18-12-4	1,4434
X2CrNiMoN18-15-4	1,4438
X2CrNiMoN17-13-5	1,4439
X1NiCrMoCu31-27-4	1,4563
X1NiCrMoCu25-20-5	1,4539
X1CrNiMoCuN25-25-5	1,4537
X1CrNiMoCuN20-18-7	1,4547
X1CrNiMoCuN25-20-7	1,4529
Austenitic-ferritic	
X2CrNiN23-4	1,4362
X2CrMnNiN21-5-1	1,4262
X2CrNiMoN22-5-3	1,4462
X2CrNiMoCuN25-6-3	1,4507
X2CrNiMoN25-7-4	1,4410
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1,4501
Stainless steels selected from EN 10088-1	

6.2.1.4 Surface finish

Depending on the stored product, all information which will allow the manufacturer to order the materials, taking into account the information given in EN 10088-2 or EN 10088-3:2014, Table 6 shall be specified (see A.1).

6.2.2 Plate materials

The materials shall be marked as required by the tank manufacturer (see A.5) with reference to EN 10088-2:2014, Table 20.

Inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert 3.1B shall be supplied for all plate materials.

6.2.3 Structural steel sections

Unless otherwise specified, inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Test report 2.2 shall be supplied for structural stainless steel sections.

6.2.4 Forgings

6.2.4.1 Forgings shall be manufactured from stainless steel products by open die forging or ring rolling in accordance with EN 10222-4 and EN 10250-4.

6.2.4.2 The mechanical properties of forgings shall be equivalent to the properties used in the tank design.

6.2.4.3 Flanges provided for shell nozzles shall be marked by stamping or indelible paint. Marking shall include the following information:

- manufacturer's name or mark;
- size and pressure rating;
- steel grade;
- identification number; and
- stamp of the manufacturer's inspector.

6.2.4.4 Flanges shall be supplied with inspection documentation in accordance with EN 10204:2004, Cert 3.1B, including the name of the producer of the initial material and mechanical properties of the finished flange.

NOTE Flanges for roof nozzles, manholes and clean-out doors can be cut from plate.

6.2.5 Pipes

6.2.5.1 Pipes used for nozzles shall be either stainless steel seamless tubes or longitudinal welded tubes in accordance with EN 10216-5 or EN 10217-7.

6.2.5.2 Mechanical properties of pipes shall be equivalent to the properties used in the tank design.

6.2.5.3 Pipes for piping connected to the shell shall be marked by stamping or indelible paint. Marking shall include the following information:

- manufacturer's name or mark;
- steel grade;
- identification number; and
- stamp of the manufacturer's inspector.

6.2.5.4 Pipes shall be supplied with inspection documentation in accordance with EN 10204:2004 Cert 3.1B, including the name of the producer of the initial material.

6.2.5.5 Pipes provided for the manufacture of heating coils shall be in accordance with EN 10216-5 or EN 10217-7 and, if necessary (specified by the purchaser – see Annex. A.1) shall be designed and fabricated in accordance with EN 13480.

6.2.6 Welding consumables

Welding consumables shall be in accordance with EN ISO 3581, shall be supplied with the appropriate inspection documentation, and shall be used in the approval procedures in accordance with Clause 17.

The approval procedure tests shall demonstrate that the yield strength and tensile strength of the welded joint exceeds the strength of the base materials being joined.

The welded joint shall be chemically compatible with the materials being joined and the stored product.

6.2.7 Anchors and structural bolts

All anchors and structural bolts shall have metric threads in accordance with EN ISO 898 and, unless otherwise agreed between purchaser and contractor, carbon steel bolts should be hot dip galvanized in accordance with EN ISO 1461 (see Annex A.2).

7 Design loads

7.1 Loads

The design shall take account of the loads listed below and specified in 7.2.1 to 7.2.14:

- a) liquid induced loads during operation and testing;
- b) internal pressure loads during operation and testing;
- c) thermally induced loads;
- d) dead loads;
- e) insulation loads;
- f) live loads;
- g) concentrated live loads;
- h) snow loads;
- i) rainfall induced loads;
- j) wind loads;
- k) seismic loads;
- l) loads resulting from connected piping and attachments;
- m) foundation settlement loads; and
- n) emergency loads.

7.2 Load values

7.2.1 Liquid induced loads

During operation, the load due to the contents shall be the design weight of the product to be stored from the maximum design liquid level to empty.

During test, the load due to the contents shall be the weight of the test medium from the maximum test liquid level to empty.

7.2.2 Internal pressure loads

During operation, the internal pressure load shall be the load due to the specified design pressure and design internal negative pressure.

During test, the internal pressure load shall be the load due to the specified test pressure and test internal negative pressure.

7.2.3 Thermally induced loads

When the stored product needs to be kept at an elevated temperature, the resulting thermal loads shall be evaluated.

NOTE For tanks designed to operate at 100 °C or less, loads resulting from temperature effects can be ignored.

7.2.4 Dead loads

The dead loads shall be considered as those resulting from the weight of all component parts of the tank and components permanently attached to the tank.

7.2.5 Insulation loads

The insulation loads shall be those resulting from the self-weight of the insulation.

7.2.6 Distributed live load

The distributed live load shall be taken from ENV 1991-21-1 Table 6.10 and shall be subject to agreement (see A.2) see also National normative annexes for applicable loads per country/region.

7.2.7 Concentrated live load

The concentrated live load shall be subject to agreement (see A.2).

7.2.8 Snow loads

The snow loads shall be in accordance with EN 1991-1-3.

7.2.9 Rainfall loads

The loads applied to floating roofs shall be in accordance with D.3.2.

7.2.10 Wind

7.2.10.1 Wind pressure

The 3 second wind gust velocity (V_w) to be used in the design shall be not less than 45 m/s. Where the 3 second wind gust velocities are expected to exceed 45 m/s and or the tank shell is higher than 30 m, national data shall be consulted to establish an appropriate value for the average 3 second wind gust velocity (V) which shall be subject to agreement (see A.2). The

appropriate design 3 second wind gust velocity (V_w) is to be calculated according to the following formula:

$$V_w = V * S_1 * S_2 * S_3 * S_4$$

where

V_w = design 3 second wind gust velocity

V = average 3 second wind gust velocity based on national data (see EN 1991-1-4)

S_1 = factor to take funnelling effect to exposed hill sides into account ($S_1 = 1,0$ for unexposed areas and $S_1 = 1,10$ for exposed hill sides)

S_2 = factor to take tank shell height into account:

$S_2 = 1,00$ for tank shell height ≤ 10 m;

$S_2 = 1,03$ for heights of tank shell $10 < H \leq 20$ m;

$S_2 = 1,07$ for heights of tank shell $20 < H \leq 30$ m;

For higher tanks use formula of curve: $y = 0,00005 X^2 + 0,0015 X + 0,98$, resulting is the following values of factor S_2

$S_2 = 1,12$ for heights of tank shell $30 < H \leq 40$ m

$S_2 = 1,18$ for heights of tank shell $40 < H \leq 50$ m

$S_2 = 1,25$ for heights of tank shell ≤ 60 m.

S_3 = statistical factor: use $S_3 = 1,0$ for cylindrical tanks and in areas where wind recordings are available for 50 years or longer

When national data expresses the average wind gust velocity in other than the 3 second gust averaged value, a conversion factor S_4 shall be used to find the 3 second average wind gust velocity by using the formula:

$$V_w(3 \text{ seconds}) = S_4 * V_{ref} \text{ (of other averaged value)}$$

S_4 for V_{ref} of 3 seconds = 1,0

S_4 for V_{ref} of 1 minute = 1,25

S_4 for V_{ref} of 10 minutes = 1,49

S_4 for V_{ref} of 1 hour = 1,56

NOTE By using the following formula the load due to wind (in kN/m^2) should be calculated:

$$q = \frac{(V_w)^2}{1600} \text{ where } V_w \leq 45 \text{ m/s}$$

or

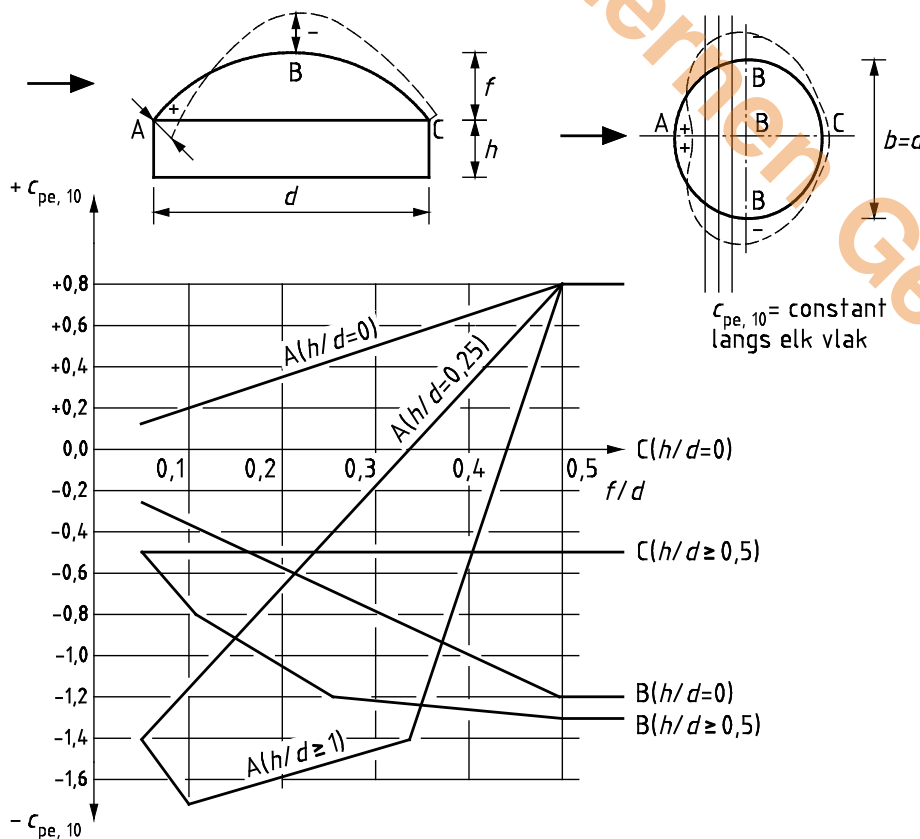
$$q = \frac{(45)^2}{1600} * \left(\frac{V_w}{45} \right)^2 \text{ where } V_w \text{ exceeds } 45 \text{ m/s.}$$

For the tank shell a shape factor should be used of $c_1 = 0,6$, whereas the shape factor for conical and dome roofs is $c_2 = 0,5$. This results in a wind load acting at the vertical projected area of the shell of $0,6 * q$ and on the vertical projected area of roofs of $0,5 * q$

7.2.10.2 Wind suction

a) dome roof

Wind blowing over shallow roofs (cone or dome roofs in the format provided in this norm) induces a suction load over the single and double curved roof surfaces. Figure 3 gives, per section (A, B, and C)) of a roof, typical pressure coefficients $C_{pe,10}$ that shall be used to determine the pressure or suction from the wind to the roof structure.



Key

- d is diameter of tanks
- f is height of dome roof
- $C_{pe,10}$ is pressure coefficient
- A, B and C is area where wind load/wind suction works

Figure 3 — Wind suction

In accordance with 10.2.2 of this standard, the curvature of domes roof shall be between the following limits:

$$0,8 * d \leq R \leq 1,5 * d$$

where

- d is diameter of tank shell
- R is radius of domed roof

This leads to the following examples of different f/d ratios:

Table XX — XXX

type dak	ratio f/d
0,8 D	0,176
1,0 D	0,134
1,2 D	0,109
1,5 D	0,086

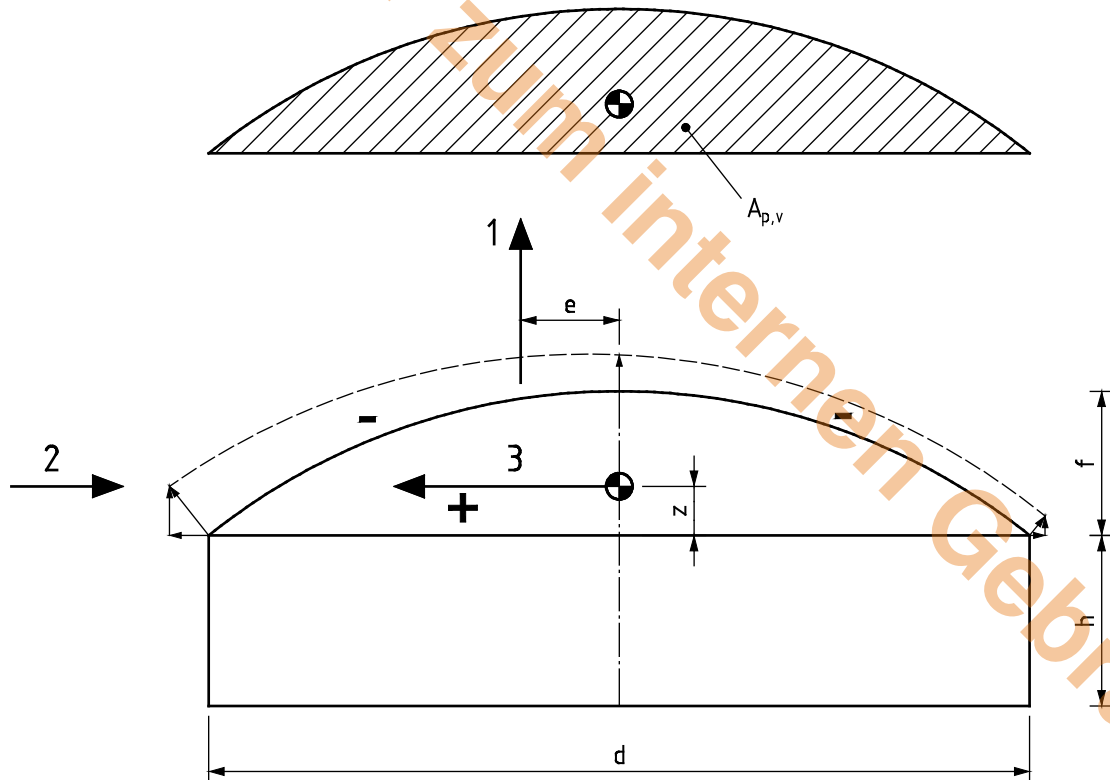
From the graph in of EN 1991-1-4:2005, Figure 7.12 and for storage tanks equipped with dome roofs, the $C_{pe,10}$ values in areas A, B and C can be assessed. In Table XX the combined A, B and C values, based on the different surfaces and the centre of gravities of the plotted graphs, the following $C_{pe,10}$ values have been detailed for dome roofs:

Table XXX — XXX

type dak	ratio f/d	ratio h/d													
		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
0,8 d	0,176	-0,57	-0,70	-0,80	-0,90	-0,92	-0,94	-0,97	-0,99	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01
1,0 d	0,134	-0,55	-0,68	-0,77	-0,86	-0,88	-0,90	-0,92	-0,94	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96
1,2 d	0,109	-0,54	-0,67	-0,76	-0,84	-0,86	-0,88	-0,89	-0,91	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93
1,5 d	0,086	-0,51	-0,64	-0,71	-0,79	-0,80	-0,81	-0,82	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84

NOTE The European continental expression is used. Where a decimal comma in above tables in the values is used, the UK readers read a decimal point.

The suction induced load acts perpendicular to the roof surface. When dividing the $C_{pe,10}$ factors into a vertical and a horizontal component, the different components of the factor $C_{pe,10}$ as well as the centre of gravity of the resulting loads in vertical and horizontal direction, relative to the centre line of the tank have been assessed in Figure 4 and Table XXX.



Key

- $A_{p,v}$ is vertical cross sectional projected area of the dome roof
- z is distance from centre fo gravity of the dome to the base of the roof
- e is eccentricity of the resulting vertical load component relative to the centre line of the tank
- $C_{pe,10, vertical}$ is vertical component of the $C_{pe,10}$ load factor that acts perpendicular to the roof surface
- $C_{pe,10, horizontal}$ is horizontal component of the $C_{pe,10}$ load factor that acts perpendicular to the roof surface

NOTE The horizontal component of the $C_{pe,10}$ value expressed in above table, works in opposite direction of the shape factor that acts to the vertical cross sectional area pf the roof.

I.e. when the horizontal component has a value of $C_{pe,10, horizontal} = 0,39$ working towards the wind, whereas the $C_{pe,10}$ shape factor of $c_2 = 0,5$ works in opposite direction, the resulting load of the wind equals $(0,5 - 0,39) * q = 0,11 * q$ in the lee side direction. When the horizontal component has a value of $C_{pe,10, horizontal} = 0,72$ working towards the wind, whereas the $C_{pe,10}$ shape factor of $c_2 = 0,5$ works in opposite direction, the resulting load of the wind equals $(0,72 - 0,5) * q = 0,22 * q$ in the wind ward direction.

Figure 4 — Dome roof

Table XXX — XXX

type of roof	ratio f/d	projected area $A_{p,v}$	distance Z	value	ratio h/d														
					0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
0,8 d	0,1755	0,1199 d ²	0,0597 d	Cpe,10, vertical	-0,57	-0,70	-0,80	-0,90	-0,92	-0,94	-0,97	-0,99	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01	
				Cpe,10, horizontal	0,22	0,33	0,34	0,34	0,41	0,48	0,54	0,61	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
				eccentricity e	d/24,5	d/20,4	d/22,7	d/25,0	d/21,5	d/18,9	d/17,0	d/15,6	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4	d/14,4
1,0 d	0,1340	0,0906 d ²	0,0452 d	Cpe,10, vertical	-0,55	-0,68	-0,77	-0,86	-0,88	-0,90	-0,92	-0,94	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	-0,96	
				Cpe,10, horizontal	0,32	0,44	0,44	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
				eccentricity e	d/16,1	d/14,7	d/16,8	d/18,9	d/17,2	d/15,8	d/14,7	d/13,8	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0	d/13,0
1,2 d	0,1091	0,0735 d ²	0,0367 d	Cpe,10, vertical	-0,54	-0,67	-0,76	-0,84	-0,86	-0,88	-0,89	-0,91	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	
				Cpe,10, horizontal	0,39	0,51	0,50	0,49	0,53	0,58	0,63	0,68	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
				eccentricity e	d/13,2	d/12,5	d/14,4	d/16,4	d/15,3	d/14,3	d/13,5	d/12,8	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2	d/12,2
1,5 d	0,0858	0,0575 d ²	0,0287 d	Cpe,10, vertical	-0,51	-0,64	-0,71	-0,79	-0,80	-0,81	-0,82	-0,83	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	
				Cpe,10, horizontal	0,44	0,57	0,54	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
				eccentricity e	d/11,0	d/10,7	d/12,5	d/14,4	d/13,8	d/13,2	d/12,7	d/12,2	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8	d/11,8

b) cone roof

In case a conical shaped membrane (un-supported) roof or rafter supported roofs are used the proposed slope of these type of roofs is 1:5.

The $C_{pe,10}$ values have been assessed, based on the theories expressed in the following publications:

- Sabransky, I.J., Melbourne, W.H., “Design pressure distribution on circular silos with conical roofs”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, volume 26, 1987.
- Macdonald, P.A., Kwok, K.C.S, Holmes, J.J, “Wind loads on circular storage bins, silos and tanks, Point pressure measurements on isolated structures”, Research report R529, School of Civil Mining Engineering, University of Sydney, Australia, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 31: 1988.
- Sosa, E.M, “Computational buckling analysis of cylindrical, thin walled above ground tanks”, University of Puerto Rico, Mayaguës campus, 2005.

These publications show the $C_{pe,10}$ values, valid over the total roof surfaces of a conical roof, based on the following h/d ratios given in Figure 5.

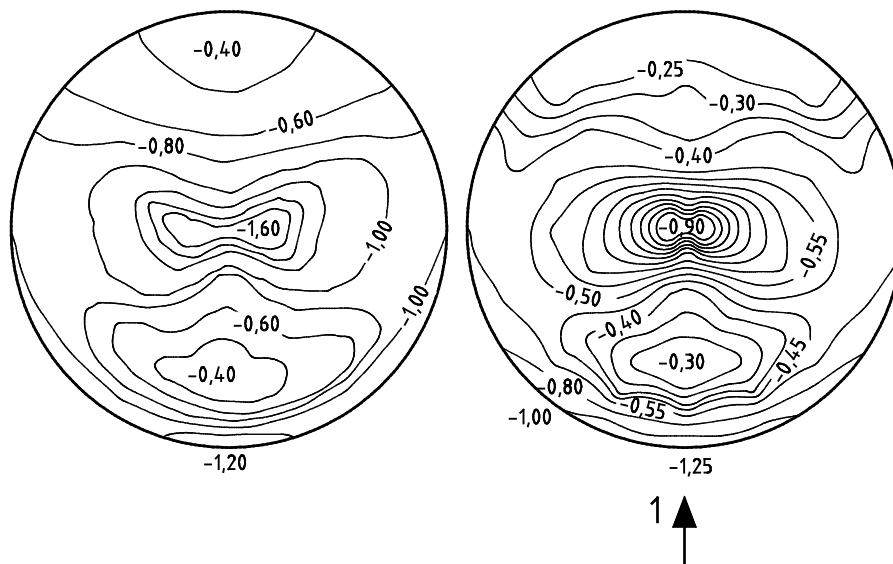


Figure 5 — Cone roof

The left figure is for a tanks with an h/d ratio of 0,4

The right figure is for a tanks with an h/d ratio of 1,0

For intermediate h/d ratios the values have been interpolated.

Also on conical roofs, the suction induced load acts perpendicular to the roof surface. When converting the $C_{pe,10}$ factors into a vertical and a horizontal component, the different components of the factor $C_{pe,10}$ as well as the distance of the centre of gravity of the resulting loads in vertical direction, relative to the centre line of the tank, have been assessed in below figure and table:

In Figure 6 and Tables XXX, the $C_{pe,10}$ values according to above figures have been altered in order to simplify the extrapolation of wind suction in different areas of the roof (area between a and ab, area between ab and b, area between b and bc and area between bc and c).

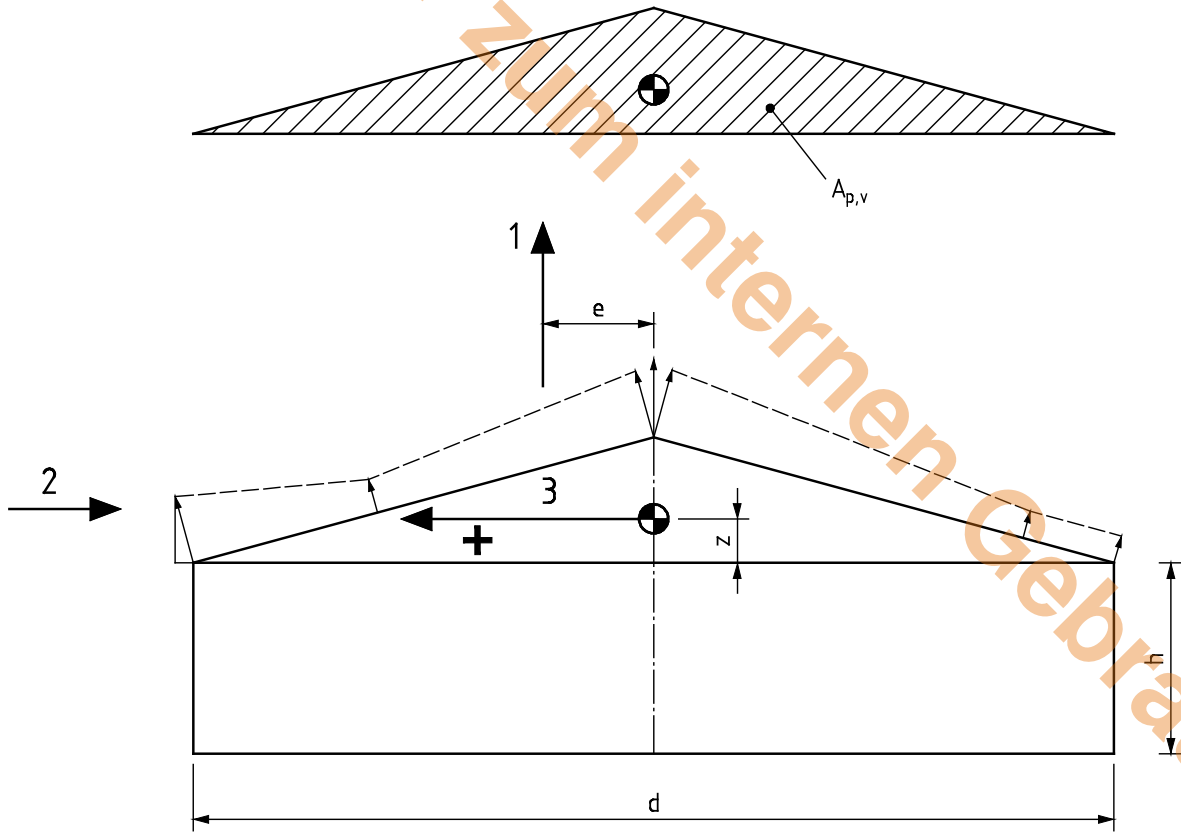


Figure 6 — Cone roof

Table XXX — XXX

Area	Ratio h/d	
	0,4	1,0
a	-1,20	-1,25
ab	-0,60	-0,45
b	-1,30	-0,70
bc	-0,40	-0,25
c	-0,40	-0,25

Table XXX —XXXX

projected area $A_{p,v}$	distance z	Value	ratio h/d								
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05 d^2	0,025 d	C _{pe,10,average,vertical}	0,99	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,66	0,61	0,55
		C _{pe,10,average,horizontal}	-0,12	-0,13	-0,15	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,24
		eccentricity e	$d/57,6$	$d/49,8$	$d/42,7$	$d/37,2$	$d/32,0$	$d/27,9$	$d/24,2$	$d/21,0$	$d/17,9$

NOTE For ratios exceeding $h/d = 1,0$ values stipulated in above table for $h/d = 1.0$ are also applicable without change.

where

z = is $f/4$ = distance from centre of gravity of cone to the base of the roof

f = is height of cone ($0,1*d$)

$A_{p,v}$ = $(d*f)/2 = 0,05*d^2$ (vertical cross sectional projected area of the cone roof)

e = is eccentricity of the resulting vertical load component relative to the centre line of the tank

$C_{pe,10, vertical}$ = is vertical component of the $C_{pe,10}$ load factor that acts perpendicular to the roof surface

$C_{pe,10, horizontal}$ = is horizontal component of the $C_{pe,10}$ load factor that acts perpendicular to the roof surface

7.2.11 7 Seismic loads

The tank shall be designed to withstand seismic loads derived from local seismic data. The vertical and horizontal accelerations to be used in the design shall be specified (see A.1).

NOTE 1 Seismic design provisions should be in accordance with Annex G.

NOTE 2 For OBE, calculations should be based upon seismic loads which have up to 10 % probability of being exceeded during the lifetime of the tank.

NOTE 3 For SSE, calculations should be based upon seismic loads which have up to 1 % probability of being exceeded during the lifetime of the tank.

7.2.12 Loads resulting from connected piping and attachments

Loads resulting from pipes, valves and other items connected to the tank and loads resulting from settlement of independent item supports relative to the tank foundation, the stiffness of the tank shell, the radial deflection and meridional rotation of the shell nozzles due to outward bulging of the tank shell under full hydrostatic load shall be included in the design. Pipework shall be designed to minimize loads applied to the tank, so that no significant forces and moments are induced in the tank shell.

7.2.13 Foundation settlement loads

Settlement loads to be used in the design shall be subject to agreement (see A.2) and are only required to be taken into consideration where uneven settlement might be expected during the lifetime of the tank (see I.3.4).

7.2.14 Emergency loads

The emergency loads to be used in the design shall be subject to agreement (see A.2).

7.2.15 Load combinations

The tank shall be designed for the most severe combination of the loads specified in 7.2, except that the following shall not be considered to act simultaneously:

- a) design wind and seismic loads;
- b) test loads and design wind loads;

- c) test and seismic loads;
- d) live and snow loads.

8 Tank bottoms

8.1 General

Tanks shall be designed with a single bottom unless otherwise specified by the purchaser (see A.1).

NOTE 1 For other types of bottoms, see Annex H.

NOTE 2 Typical layouts are given in Figure 3.

NOTE 3 Tank bottoms should have a design gradient no greater than 1:100 unless otherwise specified (see A.1). For tank bottoms with a gradient greater than 1:100, the design and foundation should be subject to agreement (see A.2). Consideration should be given to the operating conditions, the anticipated level of settlement, and the type of foundation employed

Full support of the tank bottom by the tank foundation shall be assumed for design purposes.

NOTE 4 Tank foundations and typical pads should be in accordance with Annex I.

8.2 Materials

8.2.1 Materials for tank bottoms shall conform to 6.1 or 6.2, as appropriate.

8.2.2 Where Charpy V-notch impact testing of the bottom shell course is required, the annular plate material shall also be impact tested and shall achieve the same minimum energy level (corrected for sub-standard specimen size if necessary) at the same impact test temperature as the bottom shell course to which it is attached (see 6.1.6.2).

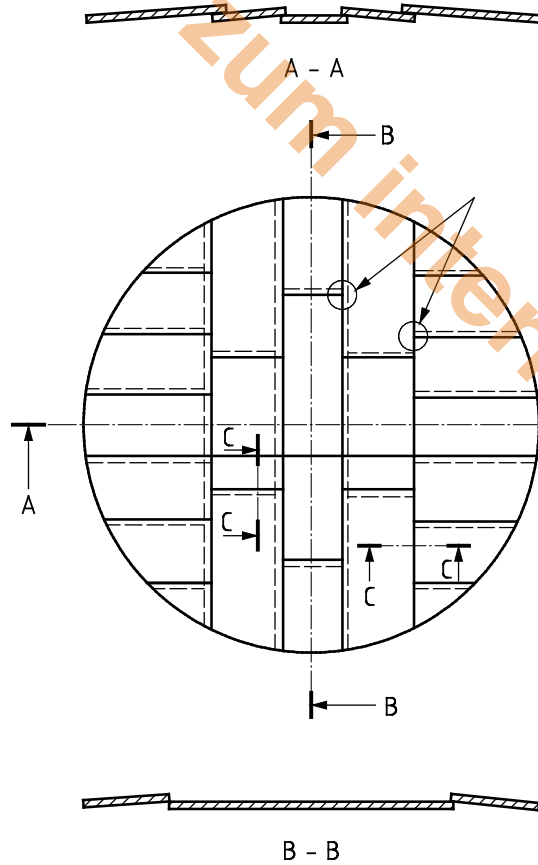
8.2.3 The specified nominal thickness of both the rectangular bottom plates and the bottom sketch plates shall be not less than that specified in Table 13 excluding the corrosion allowance. In addition, the bottom plate thicknesses in the corroded condition shall be sufficient to resist uplift due to the design internal negative pressure.

NOTE It is permissible to utilize a minimum guaranteed residual liquid level to assist in resisting this uplift if this is agreed (see A.2).

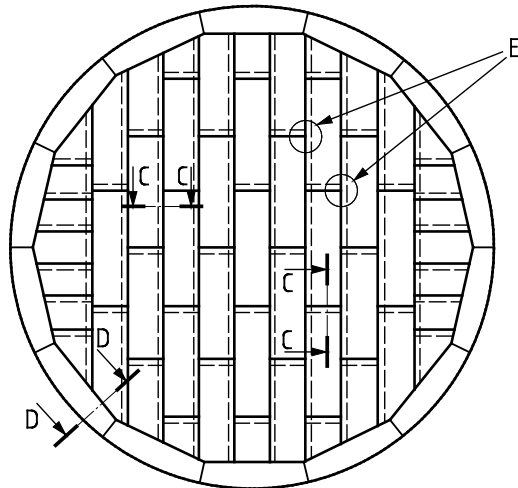
Table 13 — Minimum nominal bottom plate thickness

Material	Lap welded bottoms	Butt welded bottoms
C and C Mn steels	6 mm	5 mm
Stainless steels	5 mm	3 mm

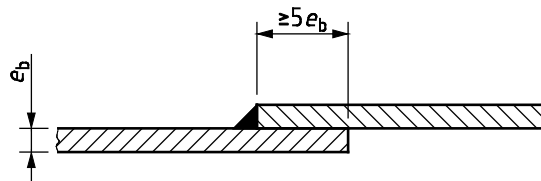
8.2.4 The annular plate shall have the same specified minimum yield strength as the bottom shell course to which it is attached.



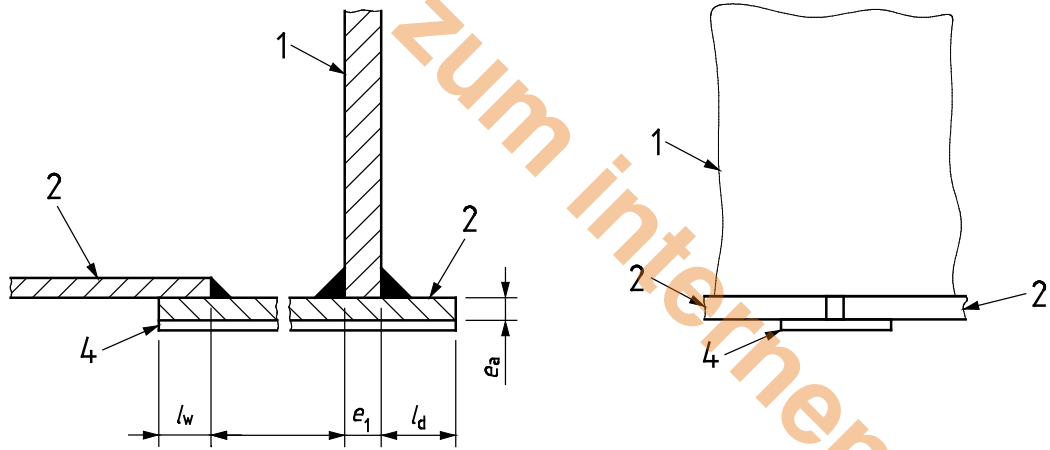
a) with bottom plates at the perimeter



b) with annular plates at the perimeter



c) Section C-C, overlap of bottom plates



Key

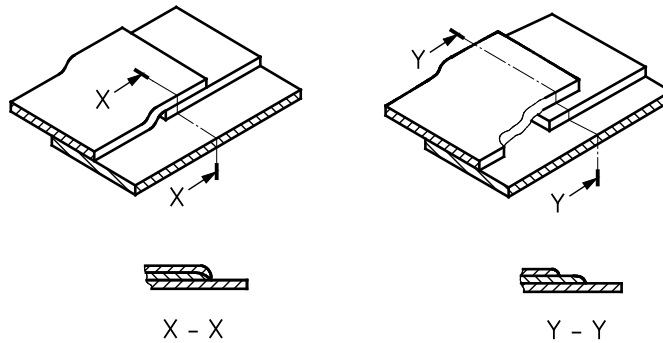
1 Shell plate

2 Annular plate

3 Bottom plate

4 Backing strip

d) Section D-D, annular plates



e) View E, Typical cross joints in bottom plates where three thicknesses coincide

Figure 7 — Typical bottom layouts of tanks

8.3 Design

8.3.1 Bottoms of tanks greater than 12,5 m diameter, shall have a ring of annular plates (see Figure 3 b)) having a minimum nominal thickness, e_a , excluding corrosion allowance (CA) either:

a) not less than that given by the following equation;

$$e_a = 3,0 + e_1/3 \quad (1)$$

where

e_1 is the thickness of the first course excluding corrosion allowance, in mm; or

b) not less than 6 mm;

whichever is the larger.

NOTE 1 Bottoms of tanks up to and including 12,5 m diameter can be constructed without a ring of annular plates (see Figure 3 a)).

NOTE 2 The value of CA that could be added to the calculated thickness of e_a should be limited to 3 mm maximum, unless designer proves by calculations of maximum stress levels and stress cycles that the derived thickness does not impose a problem (see also EN 1993-4-2).

8.3.2 Bottoms of tanks that will be fitted with floating covers or floating roofs shall be reinforced by patch plates in the area where the support legs rest on the bottom (see C.3.3.2 and D.3.13).

8.3.3 The minimum width, l_a as shown in Figure 3 d) shall be either:

a) as given by equation (2):

$$l_a > \frac{240}{\sqrt{H}} e_a \quad (2)$$

In case the relative density of the contents exceeds 1,0, the dimension l_a should be multiplied with the factor :

$$\frac{1}{\sqrt{W_s}}$$

where

e_a is the thickness of the annular plate, in mm;

H is the maximum design liquid height, in m;

W_s is relative density of content (when higher than 1,0);

or

b) 500 mm

whichever is the larger.

The distance, l_d from the outer surface of the shell plate to the outer edge of the bottom plates or annular plates shall be not less than 50 mm and not more than 100 mm (see Figure 3 d)).

8.3.4 The minimum distance between vertical joints in the lowest shell course and the annular butt joints shall be ten times the thickness of the lowest shell course.

8.4 Fabrication

8.4.1 All bottom plates shall be lap welded unless butt welding is specified by the purchaser or the designer (see A.1).

8.4.2 All joints in bottom plates to be lap welded shall be welded on upper side only with a continuous fillet weld and with a minimum lap of five times the thickness of the plate (see Figure 3 c)).

8.4.3 The bottom plates shall be lapped over the annular plates where they are used, shall be welded on the upper side only with a continuous fillet weld and shall have a minimum lap, l_w of 60 mm (see Figure 3 d)).

8.4.4 At the end of cross joints in lap welded bottom plates where three thicknesses occur, the upper plate shall be hammered down and welded as indicated in detail X-X or Y-Y in Figure 3 e), cutting back the upper plate if the upper plate overlaps the intermediate plate.

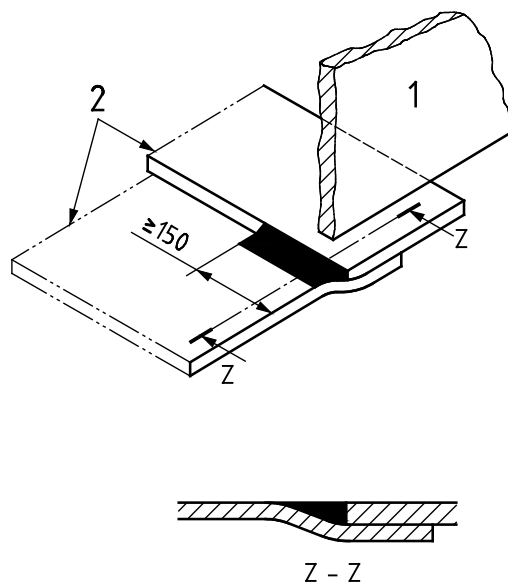
8.4.5 Where butt welding is specified for bottom plate welds and bottom to annular plate welds, backing strips (permanent or temporary) shall be used. Where permanent backing strips are used, consideration shall be given to the effect of thermal movement and type of foundation, where applicable.

8.4.6 For tanks without annular plates, the ends of lap welded joints in the bottom plates under the lowest course of shell plates shall be welded flush with the surface for a minimum distance of 150 mm as shown in Figure 4.

8.4.7 For tanks with annular plates, the radial seams connecting the ends of the annular plates shall be full penetration butt welded.

NOTE A backing strip of the form shown in Figure 9 is acceptable.

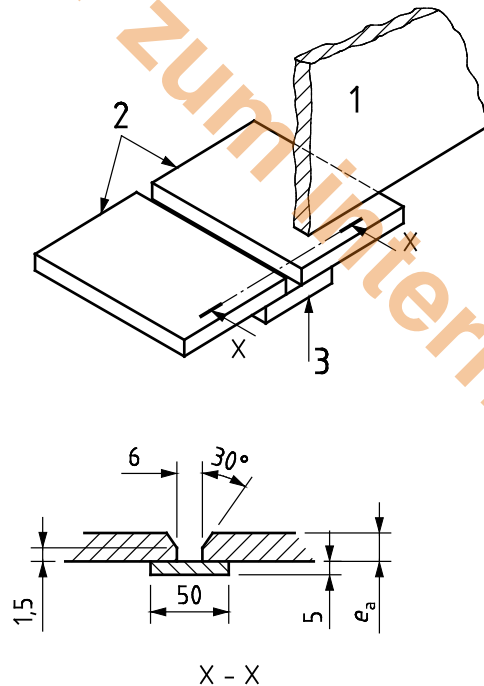
Dimensions in mm



Key

- 1 shell plate
- 2 bottom plates bottom

Figure 8 — Typical bottom plate joint under shell plates for tanks without annular plates



Key

- 1 shell plate
- 2 annular plates
- 3 backing strip

Linear dimensions in mm

Figure 9 — Typical annular plate joint under shell plates for tanks with annular plates

8.4.5 The attachment between the bottom edge of the lowest course of shell plates and the bottom plates or annular plates shall be continuous fillet welds on both sides of the shell plate.

The minimum throat thickness of each fillet weld shall be equal to the thickness of the shell plate or annular plate (see Figure 3 d)) except that the specified throat thickness need not exceed 9,5 mm and where the shell plate thickness is less than the bottom plate or annular plate thickness, the specified throat thickness need not exceed the appropriate value given in Table 14.

Table 14 — Fillet weld throat thickness when shell plate is thinner than bottom plate or annular plate thickness

Shell plate thickness mm	Fillet weld throat thickness mm
<5	3,0
5	4,5
>5	6,0

9 Shell design

9.1 Design and test stress

9.1.1 The stresses used in calculations for tanks with a maximum design metal temperature less than 100 °C for carbon and carbon/manganese steels (and less than 50 °C for stainless steels) shall be the appropriate value from a) and b).

- a) The maximum allowable design stress in shell plates shall be two thirds of the minimum specified yield strength of the material (or 0,2 % proof strength for stainless steel) with a maximum design stress of 260 N/mm²;
- b) The maximum allowable test stress in shell plates shall be 75 % of the minimum specified yield strength of the material (or 0,2 % proof strength for stainless steel) with a maximum design stress of 260 N/mm².

9.1.2 Where the maximum design metal temperature of carbon and carbon manganese steel is equal or greater than 100 °C for carbon and carbon/manganese steels (or equal and greater than 50 °C for stainless steels), the design stress shall be two thirds of the certified minimum specified yield strength (or 0,2 % proof strength) of the steel at the maximum design metal temperature.

For tanks storing products at elevated temperature and constructed from carbon, carbon-manganese and low alloy steels, the minimum specified Yield Strength (f_y) of such steels should be reduced in order to take the effect of elevated temperatures into account. However the temperature where such reductions would be valid depends on the material qualities selected for the storage tanks

Specific reduction factors $K_{p;\theta}$ (on the minimum specified Yield Strength) can be found in EN 1993-1-2:2005 (22) These values are valid for materials selected from tables 5 through and including 8 of this norm (Section 6.1.1). See table 15.

Table 15 — XXX

Storage temperature θ_a (degrees C)	Reduction factor ($K_{p,\theta}$) with respect to f_y at θ_a	Allowable stress (S) in accordance with BS 2654 and EN 14015 at elevated temperature θ_a (N/mm ²)
< 100	1,000	0,667 * f_y but ≤ 260
≥ 100	1,000	0,667 * f_y
≥ 200	0,807	0,538 * f_y
≥ 300	0,613	0,409 * f_y

NOTE 1 The applicable reduction factor $K_{p;\theta}$ also can be established by using the formula:

Where: T = applicable elevated temperature ≥ 100 °C.

NOTE 2 For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation can be used.

9.1.3 When the maximum design density of the contained liquid, W , is less than or equal to 1,0 kg/l, the shell of the tank will be subjected to a stress during the hydrostatic test to the

maximum design liquid level which is equal to, or greater than, the stress during service, and this shall be allowed for.

When the maximum design density of the contained liquid, W , exceeds 1,0 kg/l, the shell of the tank shall not be subjected to an overstress during the hydrostatic test to the maximum design liquid level. In this case, one of the following options shall be selected subject to agreement (see A.2):

- a) The filling height under operational conditions (containing a liquid with W exceeding 1,0 kg/l) shall be reduced in order not to overstress the tanks nor its foundation.
- b) To apply a reduction of the design allowable stress by the factor $1/W$ s. However, the first filling with liquid of the maximum design density shall be undertaken under careful supervision observing the same caution as would apply to the hydrostatic test, and the requirements of 19.13 shall be followed

9.1.4 In calculating the thickness of plate required, the joint efficiency factor shall be taken as 1,0, providing all non-destructive tests as required in Tables 29, 30 and 31 for the shell are executed.

9.1.5 The specified thickness of the shell plates shall be not less than the specified nominal thicknesses specified in Table 15.

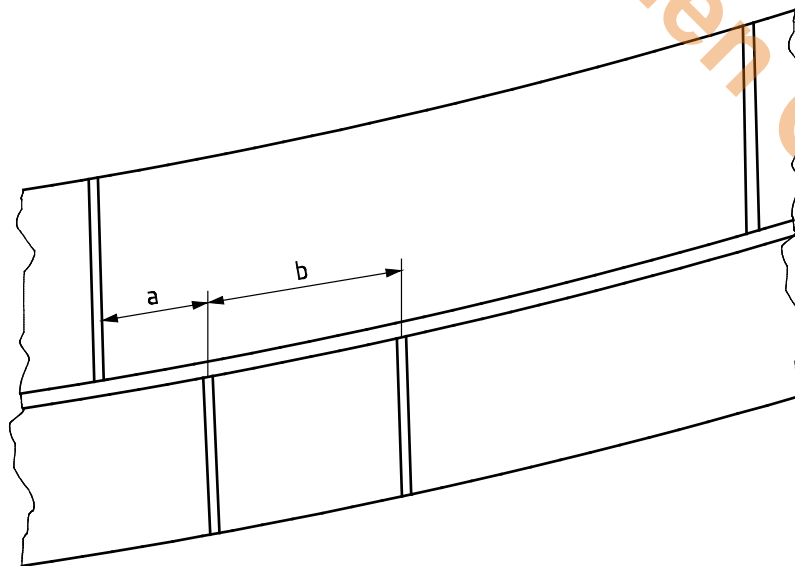
Table 16 — Minimum specified nominal shell thickness

Tank Diameter D	Minimum specified nominal shell thickness E	
	Carbon and carbon manganese steels	Stainless steels
M	mm	mm
$D < 4$	5	3
$4 \leq D < 10$	5	3
$10 \leq D < 15$	5	4
$15 \leq D < 30$	6	5
$30 \leq D < 45$	8	6
$45 \leq D < 60$	8	-
$60 \leq D < 90$	10	-
$90 \leq D$	12	-
For stainless steel tanks of diameter 45 m and greater, the minimum shell thickness shall be subject to agreement (see A.2).		
NOTE 1 These specified thickness requirements are needed for construction purposes and therefore can include any corrosion allowance, provided that the shell is shown by calculation to be safe in the corroded condition in accordance with 9.2.		
NOTE 2 For large diameter tanks with low heights, the lowest shell course might be rather thin, so that the stability should be checked taking into account the vertical loads and possible uneven settlement of the foundations.		

9.1.6 In no case shall the specified thickness of the shell or reinforcing plate (except insert plates) be greater than 40 mm. Subject to agreement between the Purchaser and the Designer this limit may be increased to maximum 45 mm for normal shell plates, providing the reduction of the minimum specified yield strength or 0,2 % proof strength will be taken into account in conformity with the applicable material specification, or as stipulated in the material norms EN 10025 and EN 10028.

9.1.7 No course shall be constructed at a thickness less than that of the course above, irrespective of the materials of construction, except for the top compression area.

9.1.8 The minimum circumferential dimensions of a shell plate shall be 1 m (see Figure 6).



Key

- a) Minimum distance between vertical joints in adjacent courses (see 9.4)
- b) Minimum circumferential dimension of shell plate ($b \geq 1$ m)

Figure 10 — Shell plate arrangements

9.2 Internal loads

9.2.1 The tank shell thickness shall be computed on the basis that the tank is filled to the top of the vertical tank shell, including the height of the vertical section of the top curb angle. When the height of the shell includes a wind skirt with overflow openings and/or seismic freeboard, the maximum product height for calculation purposes shall be the overflow height or the height less the seismic freeboard. The calculation shall be based on the design density of the stored product and the design density of the test medium.

9.2.2 The required minimum thickness of shell plates shall be the value in 9.1.5, or the values computed by the following formulae, whichever is the greatest:

$$e_c = \frac{D}{20S} \{98W(H_c - 0,3) + p\} + c \tag{3}$$

$$e_t = \frac{D}{20S_t} \{98 W_t(H_c - 0,3) + p_t\} \tag{4}$$

where

- c is the corrosion allowance, in mm;
 D is the tank diameter, in m;
 e_c is the shell thickness required for design conditions, in mm;
 e_t is the shell thickness required for test conditions, in mm;
 H_c is the distance from the bottom of the course under consideration to the height defined in 9.2.1, in m;
 p is the design pressure (this can be neglected for tanks with a design pressure less than or equal to 10 mbar), in mbar;
 p_t is the test pressure (and is equal to the design pressure times 1,1 for design pressures greater than 10 mbar), in mbar;
 S is the allowable design stress (see 9.1.1), in N/mm²;
 S_t is the allowable test stress (see 9.1.2), in N/mm²;
 W is the maximum design density of the contained liquid under storage conditions, in kg/l;
 W_t is the maximum design density of the test medium, in kg/l;

NOTE See 6.1.8 for the interpretation of thickness tolerances.

The design calculation should be performed with the actual density of the test medium. When potable water is being used as the test medium, use $W = 1,0$ as the relative density of this test medium in the design calculations. For harbour water use $W = 1,03$ and for sea water uses $W = 1,05$. When no potable water is used, always clean the tank internally by spraying with potable water after completion of the hydrostatic test in order to prevent remaining salt deposits and debris from the test medium will initiate progressive corrosion of the tank interior.

In case the design density is higher than that of the test medium the operational filling height shall be determined by the following formula:

$$H_f = \frac{W_{product}}{W_{test\ medium}} * \frac{S_{test}}{S_{operational}} * H$$

Where:

- H is total height of the vertical tank shell including the height of the vertical section of the top curb angle.
 H_f is maximum filling height under operational conditions.
 $W_{product}$ is relative density of the stored product used during the design.
 $W_{test\ medium}$ is relative density of the test medium used.
 $S_{operational}$ is allowable design stress (use 2/3 of minimum specified Yield Strength of the tank shell material with a maximum of 260 N/mm² (see 9.1.1.a).
 S_{test} is allowable design stress (use 3/4 of minimum specified Yield Strength of the tank shell material with a maximum of 260 N/mm² (see 9.1.1.b).

9.2.3 The hoop stress in each course shall be computed at 0,3 m above the centre line of the horizontal joint in question.

When the adjacent upper and lower courses are made from materials with different specified minimum yield strengths and specified minimum ultimate tensile strengths, and when:

$$\frac{H_u - 0.3}{S_u} \geq \frac{H_L - 0.3}{S_L} \quad (5)$$

where

H_L is the distance from the bottom of the lower course to the height defined in 9.2.1, in m;

H_U is the distance from the bottom of the upper course to the height defined in 9.2.1, in m;

S_L is the allowable design stress of the lower course, in N/mm²;

S_U is the allowable design stress of the upper course, in N/mm²;

then the thickness of the upper course shall be calculated using the modified formulae:

$$e_c = \frac{D}{20S} (98 WH_c + p) + c; \quad e_t = \frac{D}{20S_t} (98 W_t H_c + p_t) \quad (6)$$

9.3 Wind and vacuum loads

9.3.1 Stiffening rings

9.3.1.1 Open top tanks shall be provided with a primary stiffening ring to maintain roundness when the tank is subjected to wind loads. The primary stiffening ring shall be located at or near the top of the top course and preferably on the outside of the tank shell.

9.3.1.2 Fixed roof tanks with roof structures shall be considered to be adequately stiffened at the top of the shell by the roof structure, and a primary stiffening ring is not therefore considered necessary.

9.3.1.3 In certain cases, for both open-top and fixed roof tank shells designed in accordance with this document, secondary stiffening rings shall be required to maintain roundness over the full height of the tank shell under wind and/or vacuum conditions of loads (see 9.3.3).

9.3.1.4 In so far as the primary stiffening ring is designed to stabilize the full tank height, the secondary stiffening rings are not required to carry panel loads, but shall prevent preferential local buckling of the tank shell.

9.3.1.5 Stiffening rings shall comprise:

- a) structural sections or formed plate sections;
- b) sections built up by welding;
- c) a combination of such types of sections assembled by welding.

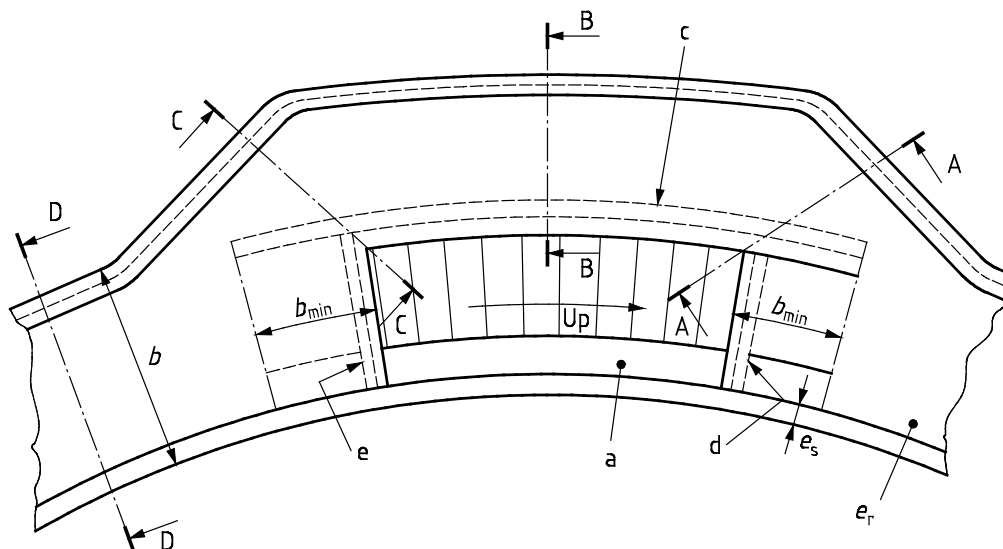
The outer periphery of stiffening rings shall be circular or polygonal.

9.3.1.6 The minimum size of angle for use alone, or as a component in a built-up stiffening ring, shall be 60 mm × 60 mm × 5 mm. The minimum nominal thickness of plate for use in formed or built-up stiffening rings shall be 5 mm, when its width does not exceed 600 mm, and shall be 6 mm if over 600 mm wide.

9.3.1.7 Stiffening rings or portions thereof which are to be regularly used as walkways shall have a width of not less than 600 mm clear of the projecting top corner ring on the top of the tank shell, shall be located 1 m below the top of the top corner ring, and shall be provided with handrailing on the otherwise unprotected side and at the ends of the section to be used as a walkway.

9.3.1.8 When a stairway opening is installed through a primary stiffening ring, adequate compensation shall be provided to ensure the section modulus at any section through the opening conforms to 9.3.2.1.

The shell adjacent to such an opening shall be stiffened with a horizontally placed angle or bar. The other edges of the opening shall be stiffened with an angle or vertically placed bar or plate. The cross-sectional area of these edge stiffeners shall be at least equivalent to the cross-sectional area of that portion of shell included in the section modulus calculation of the stiffening ring (see 9.3.2.2). These stiffeners, or additional members, shall be positioned and designed so as to provide a suitable toe-board around the opening. The stiffening members shall extend beyond the end of the opening for a distance equal to, or greater than, the minimum depth of the rectangular ring sections. The end stiffening members shall be connected into the side stiffening members and shall be connected to them in such a manner as to develop their full strength (see Figure 7).



NOTE 1 The cross-sectional area of a, c, d, and e shall equal $32e_s^2$. The section of the figure designated "a" can be a bar or an angle whose wide leg is horizontal. The other sections can be bars or angles whose wide legs are vertical.

NOTE 2 Bars c, d, and e can be placed on the top of the girder web, provided they do not create a tripping hazard.

NOTE 3 The section modulus of sections A-A, B-B, C-C and D-D should conform to 9.3.2.1.

NOTE 4 The stairway can be continuous through the stiffening ring or can be offset to provide a landing.

NOTE 5 See 9.3.1.8 for toeboard requirements.

Figure 11 — Stairway opening through a stiffening ring

9.3.1.9 Brackets shall be provided for all primary stiffening rings when the dimension for the horizontal leg or web exceeds 16 times the leg or web thickness. Such brackets shall be placed at intervals as required for the dead load and vertical live load that may be placed upon the ring. However, the spacing shall not exceed 24 times the width of the outside compression flange.

9.3.1.10 Stiffening rings which can trap liquids shall be provided with adequate drain holes.

9.3.1.11 Stiffening rings shall be attached to the tank shell by continuous fillet welds on the top edge.

Continuous or intermittent underside welds shall be specified (see A.1).

Continuous welds shall be used for all joints which, because of their location, might be subjected to corrosion from entrapped moisture.

The end-to-end joints in ring sections (see 16.7.6) shall be full penetration butt welds.

9.3.2 Primary stiffening ring (wind girder) design

9.3.2.1 The required minimum sections modulus Z , in cm^3 of the primary stiffening ring (see details d) and e) of Figure J.1) shall be determined by equation (7).

$$Z = 0,058 D^2 H_f \frac{V_w^2}{45^2} \quad (7)$$

where

D is the diameter of the tank (tanks in excess of 60 m diameter shall be considered to be of this dimension when determining the section modulus), in m;

H_f is the height of the tank shell including any freeboard provided above the maximum filling height (see 9.2.1), in m;

V_w is the design 3 second wind gust velocity specified in 7.2.10, in m/s.

9.3.2.2 The section modulus of the primary stiffening ring shall be based upon the geometry of the applied members. The maximum portion of the tank shell in the corroded condition that can be included shall be a distance of 16 plate thicknesses below and, where applicable, above the ring shell attachment.

9.3.2.3 When the primary stiffening rings are located more than 600 mm below the top of the shell, the tank shall be provided with a top corner ring conforming to detail a) or b) of Figure J.1.

The minimum sizes of the top corner ring shall be:

60 mm × 60 mm × 5 mm for top shell courses 5 mm and thinner

80 mm × 80 mm × 6 mm for top shell courses 6 mm and thicker.

9.3.2.4 When top corner rings are being used as primary wind girders and are attached to the top edge of the shell ring by butt welding, the maximum portion of the tank shell to be included in the section modulus shall be 16 plate thicknesses less the vertical leg length of the angle.

9.3.3 Secondary stiffening ring (wind girder) design

9.3.3.1 The sizes of angles for the secondary stiffening rings are not related to the design loads, but shall be determined with respect to tank diameter, in accordance with the values given in Table 17.

The orientation and fixing of such secondary rings shall be as shown in detail c) of Figure J.1.

Table 17 — Minimum dimensions of angles

Tank Diameter	Minimum dimensions of angles
D	
M	mm × mm × mm
$D \leq 20$	100 × 65 × 8
$20 < D \leq 36$	120 × 80 × 10
$36 < D \leq 48$	150 × 90 × 10
$48 < D$	200 × 100 × 12

NOTE Other shapes may be used provided they have equivalent moduli.

These angles shall be in contact with and welded to the tank shell plates.

9.3.3.2 Junctions between adjacent parts of the secondary stiffening rings shall develop the full strength of the section at the point of junction.

Butt welds are preferred, and shall have complete penetration.

Whether or not adjacent sections are butt welded, the welding of such a joint shall be such that it produces fusion between the adjacent sections only and not fusion to the shell plate surface. Mouse holes (approximately 20 mm radius) shall be provided for drainage purposes.

9.3.3.3 The vertical positioning of secondary stiffening rings shall be calculated by first determining the height of a complete tank shell of equivalent stability, of the same diameter and of the same thickness as the top course of shell plating. An analysis of this equivalent tank shell in association with the required wind and vacuum design criteria shall determine the number of secondary rings required. These rings shall be located on the top course, or on a course of similar thickness, but if the location is not on such courses, the actual positioning shall be determined by converting back the equivalent shell course heights to their actual values.

NOTE The full analysis is illustrated by way of the examples given in Annex J.

A secondary stiffening ring shall not be located within 150 mm of a main circumferential tank seam.

9.3.3.4 The design 3 second wind gust velocity used in the calculations shall be that specified in 7.2.10.

9.3.3.5 The internal negative pressure or vacuum (p_v) to be used for the design of secondary stiffening rings shall be as follows:

- a) Open top tanks: 5 mbar irrespective of the design wind speed;
- b) Fixed roof tanks: the design internal negative pressure, (see Table 3).

9.3.3.6 The formulae to be used in the design of secondary stiffening rings for tanks with a design internal negative pressure not exceeding 6,0 mbar shall be as follows:

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{5/2} \quad (8)$$

$$H_E = \sum H_e \quad (9)$$

$$K = \frac{95\,000}{3,563 V_w^2 + 580 p_v} \quad (10)$$

$$H_p = K \left(\frac{e_{\min}^5}{D^3} \right)^{1/2} \quad (11)$$

$$L = \frac{HE}{(n+1)} \quad (12)$$

where

D is the tank diameter, in m;

e_{\min} is the thickness of the top course (corroded condition where applicable = $e_{\text{as built}}$ less corrosion allowance), in mm;

e is the thickness of each course in turn (corroded condition = $e_{\text{as built}}$ less corrosion allowance) in mm;

h is the height of each course in turn below any primary stiffening ring, in m;

H_e is the equivalent stable height of each course at e_{\min} , in m;

H_E is the equivalent stable full shell height at e_{\min} , in m;

H_p is the maximum height of the unstiffened shell in its transposed format, in m;

K is a load factor;

L is the location of wind girder to tank shell in its transposed format (when one girder is required), or intermediate distances on shell in its transposed format (if more than one wind girder is required).

p_v is the design internal negative pressure, in mbar (see Table 3 in 5.1);

V_w is the design 3 second wind gust velocity specified in 7.2.10, in m/s.

NOTE 1 Examples of calculations using these formulae are given in J.4 and J.5.

NOTE 2 When using the wind theory expressed in EN 1991-1-4 and the related national Annexes of that norm, the following method and ROARK formula may be used to assess the parameter H_p :

$$H_p = \frac{0.807 * E}{q'} * \left(\frac{1}{1 - g^2} \right)^{\frac{3}{4}} * \left(\frac{e_{\min}^{\frac{5}{2}}}{R^{\frac{3}{2}}} \right)$$

Where

E is Young's modulus of steel at operational temperatures in N/mm²

ν is Poisson's ratio of steel (0,3)

e_{\min} is the thickness of each course in turn (corroded condition = $e_{\text{as built}}$ less corrosion allowance) in mm;

R is Radius of tank shell in mm

q' is combined external load on tank shell (dynamic wind pressure q_p in N/mm² and vacuum p_v in N/mm²)

Where

q_p is dynamic wind pressure in N/mm², derived from the formula:

$$q_p = \frac{1}{2} * \rho * V_w^2$$

and

ρ is density of air

When inserting the value of $E = 210\,000$ N/mm², changing R in D (in m), specifying p_v in mbar and applying a value for $\rho = 1,25$ the formula for H_p would read:

$$H_p = \frac{16269}{0.625 * V_w^2 + 100 * p_v} * \sqrt{\left(\frac{e_{\min}^5}{D^\epsilon}\right)}$$

9.3.3.7 Elevated temperature

a) For carbon and carbon-manganese steel tanks with a design temperature equal or exceeding 100 °C), H_p shall be multiplied by the ratio of the modulus of elasticity of steel at elevated temperature to its modulus of elasticity at ambient temperature.

b) For stainless steel tanks with a design temperature equal or exceeding 50 °C, H_p shall be multiplied by the ratio of the modulus of elasticity of stainless steel at elevated temperature to the modulus of elasticity of carbon and carbon manganese steel at ambient temperature.

For carbon, carbon-manganese and low alloy steels operated at or above 100 °C and for stainless steels operated at temperatures at or above 50 °C the factor of 95 000 should be changed as follows:

$$95\,000 * (E / 210\,000)$$

Where:

E is Young's modulus of steels used at elevated temperatures (θ_a) above the temperature stipulated above for carbon,

carbon-manganese and low alloy steels and stainless steels (respectively ≥ 100 oC and ≥ 50 oC) in N/mm².

For tanks storing products at elevated temperature $\theta_a \geq 100$ °C and constructed from carbon, carbon-manganese and low alloy steels steel the reduction factor ($k_{E,\theta}$) with respect to the Young's Modulus and the factor 95 000 can be taken from the following table:

Table XXX — XXX

Storage temperature θ_a (degrees C)	Reduction factor ($K_{E,\theta}$) with respect to E at θ_a	Young's Modulus of general steel types in accordance with EN 10025, and EN 10028 (N/mm ²)	Reduction of factor 95000 in formula of load factor K in stability calculations
< 100	1,000	210 000	95 000
≥ 100	1,000	210 000	95 000
≥ 200	0,900	189 000	85 500
≥ 300	0,800	168 000	76 000

NOTE 1 For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation can be used.

NOTE 2 The reduction factors ($k_{E,\theta}$) with respect to the Young's Modulus (E) at elevated temperatures (θ_a) have been taken from EN 1993-1-2:2005.

9.3.3.9 Where the accumulated distributed load combination of snow loads, insulation load and internal negative pressure, or live loads, insulation loads and internal negative pressure, exceeds 1,2 kN/m², causing increased vertical axial loads, the shell shall be checked for stability. This should also be done when additional structural weight is added to the steel roof in case the total distributed loads exceed 1,2 kN/m². The design methodology shall be subject to agreement (see A.2).

The allowable axial compression stress to be taken into account is:

$$s_c = \frac{1}{\sqrt{3}} * \frac{E}{\sqrt{1-\nu^2}} * \frac{e}{R * SF}$$

Where:

ν is Poisson's ratio = 0,3

SF is imperfection factor to cater for deviation from an ideal round cylinder to a actual cylinder = 10. SF is derived from the multiplication of a safety factor of $\gamma = 2,07$ with a knock down factor (according to ASME) of $KD = \frac{1}{0.207}$

E is Young's modulus of steels used at elevated temperatures (θ_a) above the temperature stipulated above for carbon, carbon-manganese and low alloy steels and stainless steels (respectively ≥ 100 °C and ≥ 50 °C) in N/mm² (E = 210000 N/mm² at ambient temperature).

e is thickness of shell course under consideration in mm.

R is Radius of the tank shell in mm.

With the given parameters ν , SF and E (at ambient temperature) this leads to a formula of:

$$s_c = 12411 * \frac{E}{210000} * \frac{e}{R}$$

For stainless steel tanks and for tanks operated under elevated temperatures the value of the constant C should be re-assessed by using the formula:

For tanks storing products at elevated temperature $\theta_a \geq 100$ °C and constructed from carbon, carbon-manganese and low alloy steels the reduction factor ($k_{E,\theta}$) with respect to the Young's Modulus and the factor C can be taken from the following table:

Table 17b —

Storage temperature (degrees C)	θ_a	Reduction factor ($k_{E,\theta}$) with respect to E at θ_a	Young's Modulus of general steel types in accordance with EN 10025, and EN 10028 (N/mm ²)	Reduction of factor 12411 in formula of allowable axial stress
< 100		1,000	210 000	12 411
≥ 100		1,000	210 000	12 411
≥ 200		0,900	189 000	11 170
≥ 300		0,800	168 000	9 929

NOTE 1 For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation can be used.

NOTE 2 The reduction factors ($k_{E,\theta}$) with respect to the Young's Modulus (E) at elevated temperatures (θ_a) have been taken from EN 1993-1-2.

9.4 Shell plate arrangement

The tank shall be designed to have all courses vertical. The minimum distance between vertical joints in adjacent courses (see Figure 6 Key a)) shall be:

for plates up to and including 5 mm thick	100 mm
for plates above 5 mm thick	300 mm

9.5 Shell joints

All vertical and horizontal seams shall be butt joints in accordance with Clauses 17 and 18.

10 Fixed roof design

10.1 Loads

Roofs shall be designed to support the loads specified in Clause 7.2 including wind suction effects.

10.2 Type of roof

10.2.1 One of the following types of roof shall be specified:

- a self-supporting cone or dome roof with or without roof structure; or
- a column supported roof; or
- an aluminium geodesic dome roof, covering an open top tank, designed in accordance with Annex S; or
- a torrispherical roof (for tanks with diameters not exceeding 6m) designed in accordance with EN 1993-4-2, when so required by the purchaser (see A1).

NOTE Where significant settlement of the foundations is anticipated, special design provisions should be made for column supported roofs.

10.2.2 The roof slope of a self-supporting cone roof shall be 1 in 5 unless otherwise specified (see A.1).

Where a dome roof is adopted, the radius of curvature shall be between 0,8 and 1,5 times the diameter of the tank unless otherwise specified (see A.1).

The roof slope for a column supported roof shall be 1 in 16 unless otherwise specified (see A.1).

10.3 Roof plating with supporting structure

NOTE See for applicable loads section 7.

10.3.1 Roof supporting structures for cone, dome or column supported roofs shall be designed in accordance with EN 1993-1-1. The spacing of roof plate supporting members for cone roofs shall be such that the span between them does not exceed 2,0 m where one edge of the panel is supported by the top corner ring of the tank. Where this support is not present, the span shall not exceed 1,7 m. For dome roofs, this spacing shall be permitted to be increased to 3,25 m in accordance with EN 1993-4-2.

10.3.1.1 Roof plating shall satisfy the provisions of EN 1993-1-6. The roof plating may be designed using large deflection theory.

10.3.1.2 the maximum deflection in plates shall not exceed $0,004 * L$ (distance between rafters in m).

10.3.2 Roof plates shall be continuously fillet welded to the top corner ring of the tank. Where roof frangibility is required, roof plates shall not be attached to the internal roof-supporting structure.

Frangible roof-to shell junctions shall be in accordance with Annex K.

10.3.3 The specified thickness of all roof plating shall be not less than the following excluding any corrosion allowance.

- 5 mm for carbon and carbon manganese steels, and
- 3 mm for stainless steels.

10.3.4 The material used for the construction of roof structural members shall have a specified thickness of not less than:

- 5 mm for carbon and carbon manganese steels, and
- 3 mm for stainless steels.

NOTE This does not apply to the webs of rolled joists and channel sections, or to structures in which special provisions against corrosion are made.

10.3.5 Plates shall be lapped and continuously fillet welded on the outside with a minimum lap of $5 * e_{\text{roof}}$ in mm, unless otherwise specified (see 18.6 and A.1). The fillet weld shall be full size.

NOTE The plates should be lapped so that the lower edge of the uppermost plate is beneath the upper edge of the lower plate in order to minimize the possibility of condensation entering the lap joint.

Depending on the tank contents, it might sometimes be necessary for the lap joint to be double-welded or made as a butt joint (see 18.6).

10.3.6 The joint efficiency factor, J , shall be:

1,0 for butt welds;

0,35 for lapped joints with fillet welds on one side only;

0,5 for lapped joints with fillet welds on both sides.

The joint efficiency for lap welded joints between roof plates that have a compressive stress across the joint from the design vacuum or other external loads may be taken as 1,0. Such compressive stress shall be limited to 4,83 N/mm² (Table 5-2 note 2 API 620). Increases in joint efficiency for a lap welded roof plate shall be permitted subject to agreement (see A.2) provided this can be justified by special procedure tests simulating the actual configuration to be used on site.

The allowable design stress shall be taken as two thirds of the plate material yield stress.

10.3.7 All roof framing (for cone as well as for dome roofs) shall be provided with bracing in the plane of the roof surface conforming to the following.

- a) Cross bracing in the plane of the roof surface shall be provided in at least two bays (i.e. between two pairs of adjacent rafters) but as a minimum one every eighth bays, on all roofs exceeding 15 m diameter. Sets of braced bays shall be spaced evenly around the tank circumference;
- b) Additional vertical ring bracing, on trussed roofs only, shall be provided in an approximately vertical plane between trusses as follows:
 - 1) roofs over 15 m, up to and including 25 m diameter: one ring bracing;
 - 2) roofs over 25 m diameter: two ring bracings.

10.4 Roof plating without supporting structure (membrane roofs)

10.4.1 All membrane roofs shall be of either butt welded or double fillet welded lap construction. In case double fillet weld are used these welds shall be full size.

10.4.2 Membrane roofs shall be designed to withstand the internal design pressure and to resist buckling due to external loads.

For pressure

$$e_p = \frac{pR_1}{20SJ} \quad \text{for spherical roofs} \quad (12)$$

$$e_p = \frac{pR_1}{10SJ} \quad \text{for conical roofs} \quad (13)$$

Determine e_{p1} with above formula: use $P = P_{\text{design}}$ (see Table 3) in mbar – self-weight of corroded roof plates and $S = 2/3$ of yield with a maximum of 260 N/mm² (see 10.3.6)

Determine e_{p2} with above formula: use $P = P_{\text{design}}$ (see Table 3) in mbar – self-weight of corroded roof plates + wind induced suction (see 7.2.10.2) and $S = 0,9$ of Yield strength or 0,2 % proof strength at design temperature in original formula.

Use either e_{p1} or e_{p2} whichever is higher.
for buckling

$$e_p = 40 R_1 \sqrt{\frac{10 p_e}{E}} \quad (14)$$

where

e_p is the roof plate thickness excluding any corrosion allowance, in mm;

E is Young's modulus, in N/mm² at design temperature;

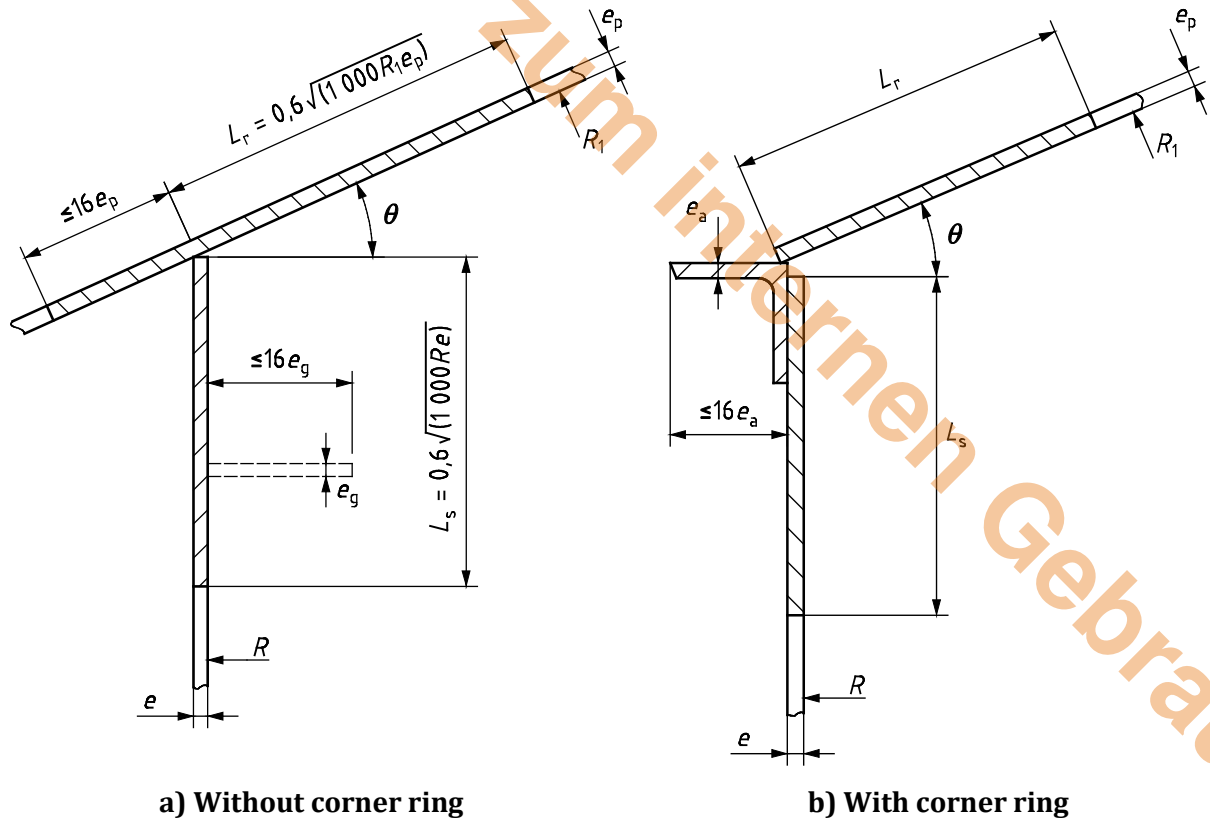
J is the joint efficiency factor as specified in 10.3.6;

p_e is the external loads (see 7.2) plus self-weight of the plates plus the design internal negative pressure where applicable, in kN/m²;

R_1 is the radius of curvature of roof, in m (for conical roofs, $R_1 = R/\sin\theta$ (see Figure 8)).

10.5 Compression area at the junction of the shell and roof

10.5.1 The compression area is the region at the junction of the shell and the roof which is considered to resist forces imposed by the design pressure, and the maximum dimensions making up the compression region shall be as shown in the shaded area of Figure 8.



a) Without corner ring

b) With corner ring

Key

- e is the thickness of shell, in mm;
- e_a is the thickness of top corner ring (see Table 18), in mm;
- e_g is the thickness of the horizontal girder, in mm;
- e_p is the thickness of roof plate at compression ring, in mm;
- L_r is the effective roof length, in mm;
- L_s is the effective shell length, in mm;
- R is the radius of tank shell, in m;
- R_1 is the radius of curvature of roof, in m (for conical roofs = $R/\sin \theta$).

Note For more top corner configuration see App F, figure F-2 of API 650

Figure 12 — Typical shell-roof compression areas

10.5.2 The compression area to be provided, A (in mm²), excluding any corrosion allowance, shall be not less than that determined by the following equation:

$$A = \frac{50 p_c R^2}{S_c \tan \theta} \tag{15}$$

Determine A_1 with above formula, whilst using $P_{c1} = P_{\text{design}}$ (see Table 3) in mbar – self-weight of corroded roof plates

Determine A_2 with above formula, whilst using $P_{c2} = P_{\text{design}}$ (see Table 3) in mbar – self-weight of corroded roof plates + wind induced suction (see 7.2.10.2). Use $S_c = 0,9 \cdot \text{Yield strength}$ or $0,2 \%$ proof strength at design temperature in original formula.

Use either A_1 or A_2 whichever is higher.

where

R is the radius of the tank, in m;

S_c is the allowable compressive stress which (unless otherwise specified) shall be taken as 120 N/mm² for all steels as a maximum. For carbon and carbon manganese steel tanks at elevated design temperatures exceeding 100 °C this value shall be reduced by the ratio of the yield strength at the design temperature to the yield strength at ambient temperature. For stainless steel tanks this shall be done when the design temperatures exceeds 50 °C.

θ is the slope of roof meridian at roof to shell connection, in degrees (see Figure 8);

Based on Figure 8b the provided area A consists of the cross-sectional area of the angle bar + the section of the shell plates $[(L_s - h_p) * e_s]$ + the section of the roof plates $(L_r * e_p)$, provided that the roof plates in that area are butt welded. If roof plates in that area are lap welded that roof area cannot be taken into account.

where

L_s is the contributing length of vertical portion of shell;

h_p is the height of profile of top curb angle;

e_s is the 'corroded' thickness of top shell course (is shell course thickness less any corrosion allowance specified by the Purchaser).

10.5.3 If a horizontal girder is required to provide additional cross-sectional area, this girder shall be placed as close to the junction as possible (see Figure 8 a)).

Additional compression area shall be provided by thickening the roof or shell plate (subject to the maximum thicknesses prescribed in Tables 5 to 8), by adding a bar or structural member, or by a combination of these. The additional compression area shall be arranged such that the centroid of the compression area falls within a vertical distance equal to 1,5 times the average thickness of the two members intersecting at the intersection point above or below the horizontal plane through the intersection point.

10.5.4 The compression area shall be checked for tension loads due to external loads and/or design internal negative pressure conditions, and the allowable design stress S , as defined in 9.1.1, shall not be exceeded.

10.5.5 When a structurally supported roof is used, the compression area shall be checked for tension forces applied from the roof structure.

Care shall also be taken to avoid excessive bending in the compression region at the rafter connection to the shell periphery.

10.5.6 For fixed roof tanks the minimum area defined by A in 10.5.2, or the minimum sizes of top curb angle given in table 18, whichever is the greater, shall be provided

Table 18 — Minimum size of top corner ring

Tank diameter D M	Minimum size of top corner ring mm × mm × mm
$D \leq 10$	60 × 60 × 6
$10 < D \leq 20$	60 × 60 × 8
$20 < D \leq 36$	80 × 80 × 10
$36 < D \leq 48$	100 × 100 × 12
$48 < D$	150 × 150 × 12

10.6 Venting requirements

10.6.1 General

The precise requirements for the venting of fixed roof tanks designed to this document shall be in accordance with 10.6.2 to 10.6.4 inclusive or as specified (see A.1).

Venting systems shall be in accordance with EN ISO 28300:2008, providing the following additional requirements are taken into account:

a) Malfunction of a blanketing system (if applicable)

If the inert gas blanketing system malfunctions, high quantities of gas can be introduced into the tank and this excess gas shall be vented from the tank by the tank venting and emergency venting system without exceeding the tank design pressure.

The maximum possible gas flow under fault conditions shall be specified (see A.1).

b) Other possible causes

The emergency flow capacity required to allow for other possible causes shall be specified (see A.1).

These shall include:

- malfunction of tank heating regulators (if applicable);
- leakage of tank heating system (if applicable);
- exceeding the maximum allowable pumping capacity due to wrong connections within the pumping systems;
- chemical reactions;
- poor pipe cleaning;
- product transfer by pressurized gas.

c) Emergency vacuum venting

The emergency vacuum flow capacity required to allow for the following possible causes shall be specified (see A.1):

- a sudden cool-down due to cold liquid being sprayed into a hot, empty tank;
- malfunction of a sprinkler system;
- excessive liquid flow out of the tank.

NOTE Under emergency conditions the tank shell insulation or the tank roof insulation might be blown-off from the tank surface (by an explosion or any other undesired event) and the heat radiation from a nearby fire could raise the product evaporation to such an extent that the derived combined capacity of the emergency vents and the operational vents might be inadequate when the environmental factor 'f' (which caters for the presence of insulation) within the formulae for calculation of the vent capacities.

The Purchaser shall specify whether or not a contractor shall take into account the 'environmental factor f' for insulated tanks when determining the maximum flow through relief vents under emergency conditions (See Annex A).

10.6.2 Scope of venting provided

The venting system provided shall cater for the following:

- a) normal vacuum relief;
- b) normal pressure relief;
- c) emergency pressure relief, unless it is specified that it is not to be included (see A.1).

Where emergency pressure relief is required, it shall be provided by vents or by the provision of a frangible roof-to-shell joint (see Annex K).

10.6.3 Venting capacity

The number and size of vents provided shall be based on the venting capacity obtained from EN ISO 28300 and shall be sufficient to prevent any accumulation of pressure or vacuum exceeding the values specified in 10.6.4.

NOTE 1 These vents can be fitted with mesh screens to prevent the ingress of foreign matter. The use of fine mesh is not recommended because of the danger of blockage, especially under winter conditions.

NOTE 2 Consideration should be given to the possibility of corrosion when selecting material for the wire mesh screen as it could adversely effect the venting capacity.

10.6.4 Accumulation of pressure and vacuum

10.6.4.1 The set pressure plus the accumulation to permit the valve(s) (including those of emergency relief vents) to achieve the required throughput for normal pressure relief shall not exceed the design pressure (see 5.1).

10.6.4.2 The chosen set vacuum plus the actual accumulation to permit the valve to achieve the required throughput shall not exceed the design internal negative pressure (see 5.1).

10.7 Internal floating roofs

When specified (see A.1), tanks shall be provided with internal floating roofs (see Annex C) and floating roof seals in accordance with Annex E.

11 Floating roof design

When specified (see A.1), open top tanks shall be provided with floating roofs designed in accordance with Annex D, and floating roof seals in accordance with Annex E.

12 Tank anchorage

12.1 General

Tank anchorage shall be provided if, under one of the following conditions, there might be a tendency for the shell and the bottom plate close to the shell, to lift off its foundations.

The Stability ratio (S_r) shall be the determining factor:

$$S_r = M_r / M_w$$

Which can be found from the following equation:

$$W_r / (2 * \pi * R) = M_w / (\pi * R^2)$$

Thus:

$$W_r / M_w = (2 * \pi * R) / (\pi * R^2)$$

Which delivers:

$$(W_r * R) / M_w = 2 \text{ and}$$

$$S_r = M_r / M_w = 2$$

where

S_r is Stability ratio;

W_r is Resisting weight of the total tank structure excluding the weight of the tank bottom in N;

R is Radius of tank shell in m;

M_r is Resisting moment about the shell to bottom joint at the lee side of the wind in Nm;

M_w is Wind induced overturning moment about the shell to bottom joint at the lee side of the wind in Nm.

The following criteria shall be met:

S_r	Result
$S_r \geq 2,0$	no uplift
$1.5 \leq S_r < 2,0$	uplift is induced
$S_r < 1.5$	overturning is induced

The Stability ratio S_r shall be assessed under evaluation of the following five (5) cases:

- a) Uplift of an empty tank due to internal design pressure counteracted by the effective weight of the corroded roof, shell and permanent attachments; In formula:

$$\frac{[(\text{weight of corroded shell, roof and any permanent attachments})]}{(\text{internal pressure} * A_{\text{proj}})} \geq 0$$

Where:

$$A_{\text{proj}} = \text{horizontal projected area of the roof} = \pi/4 * d^2$$

'corroded' means the original design thicknesses less the corrosion allowance, specified by the Purchaser.

- b) Uplift due to internal design pressure in combination with wind loads (see 7.2.10.1) and wind suction over the roof area (see 7.2.10.2) counteracted by the effective corroded weight of roof, shell and permanent attachments plus the effective weight of a product column with a maximum height W_L (for a density of 0,7 and limited width L_b (see below). In formula:

$$\frac{[(\text{corroded weight of shell, roof and any permanent attachments} + \text{weight of liquid column at a maximum height of } W_L \text{ (for density} = 0,7) \text{ and limited width } (L_b) - (\text{uplift from internal pressure} * (A_{\text{proj}} - A_{\text{product column}}))] * d/2}{[(\text{wind on shell} * h/2) + \{(\text{horizontal wind load on roof, including horizontal component of wind induced suction}) * (h+f)\} + \{(\text{vertical component of wind suction} * (d+e_c)/2\}]} \geq 2,0$$

where

h is tank shell height in m;

f is centre of gravity of a dome roof or a cone roof in m;

e_c is eccentricity of vertical component of the wind induced suction over the total roof surface in m.

$$A_{\text{product column}} = \pi/4 * (d^2 - (d-L_b)^2)$$

Width (L_b) and height (W_L) of the product column shall be assessed, based on following rules:

$$W_L = \text{MIN} [(59 * e_b * (S_{by} * h_l)^{0.5}); (140,8 * h_l * d)]$$

Where:

e_b is required thickness of bottom plates (not including corrosion allowance specified by the Purchaser) underneath the tank shell in mm. These bottom plates shall have the following restrictions:

- 1) $e_b \leq e$ lowest shell course less corrosion allowance specified by the Purchaser.
- 2) when $e_b >$ thickness of normal bottom plates the minimum width L_b of the product column to be taken into account shall be:

$$L_b = \text{MAX} [450 \text{ mm} ; \text{MIN} [(0,0291 * e_b * (S_{by} / h_l)^{0.5}) ; (0,0355 * d)]]$$

S_{by} is minimum specified Yield Strength of bottom plates underneath the shell in N/mm²

h_l is design liquid height in tank in m

d is diameter of tank in m

- c) Uplift on an empty tank due to internal design pressure in combination with wind loads counteracted by the effective weight of the corroded roof, shell and permanent attachments; In formula:

$$\frac{[(\text{weight of corroded shell, roof and any permanent attachments} - \text{uplift from internal pressure}) * d/2]}{[(\text{wind on shell} * h/2) + \{(\text{wind on roof} * (h+f))\}]} \geq 1,5$$

- d) Uplift on an empty tank due to internal design pressure in combination with two third of the moments induced by the wind loads (see 7.2.10.1) and wind suction over the roof area (see 7.2.10.2) and counteracted by the effective weight of the corroded roof, shell and permanent attachments; In formula:

$$[(\text{weight of corroded shell, roof and any permanent attachments} - \text{uplift from internal pressure}) * d/2] / \{[(2/3 * (\text{wind on shell} * h/2) + \{\text{horizontal wind on roof, incl. horizontal component of suction}\} * (h+f)) + (\text{vertical component of wind suction})] * (d-e_c)/2\} \geq 1,5$$

- e) If required by Annex G.

12.2 Anchorage attachment

The effects of the bending moments at the anchorage connection to the shell shall be evaluated.

An acceptable procedure for anchor chair design is given in AISI E-1, Volume II, Part VII "Anchor Bolt Chairs". The design of the shell for local anchorage forces and bending moments resulting from the anchorage may also follow the requirements of EN 1993-4-1:2007, 5.4.6 and 5.4.7.

The anchorage shall not be attached to the bottom plate, but shall be principally attached to the shell. The design shall accommodate movements of the tank due to thermal changes and changes in hydrostatic pressure, and minimize any induced stresses in the shell.

NOTE Examples of typical anchorage designs and a worked model calculation are shown in Annex M.

12.3 Holding down bolt or strap

12.3.1 Allowable tensile stress

For the design conditions given, the allowable tensile stress in the holding down bolt or strap shall not exceed one half of the specified minimum tensile strength or two third of the minimum specified yield strength of the bolt or strap material, whichever is the lower. In formula:

$$S_a = \text{MIN} [(0,67 * R_e) ; (0,5 * R_m)]$$

12.3.2 Cross-sectional area

Each holding down bolt or strap shall have a minimum cross-sectional area of 500 mm² and, if corrosion is anticipated, a minimum corrosion allowance of 1 mm shall be added, i.e. 2 mm on diameter of bolt or 2 mm on thickness of strap.

NOTE 1 The cross-sectional area of threaded bolts is the area at the root of the threads.

NOTE 2 It is recommended that anchor points are spaced at a maximum of 3 m intervals and should, as far as possible, be spaced evenly around the circumference.

NOTE 3 No initial tension should be applied to the holding down bolt or strap, so that it becomes effective only should an uplift force develop in the shell of the tank (see also 16.3). Nuts shall only be finger tight fastened when tank is full under hydrostatic test.

NOTE 4 Steps should be taken before the tank goes into service to ensure that the holding down bolts or straps cannot work loose, or become ineffective over a long period.

12.3.3 Anchor bolt load to resist uplift

When anchor bolts are required, the design bolt load shall be calculated as follows:

$$t_a = [4.M_w / (d.N)] - [W_r / N]$$

where

t_a is design tension load per anchor in N (**)

M_w is wind moment in Nm (see 12.1)

d is anchor bolt circle (c.t.c.) in m

N is number of anchor bolts (based on maximum spacing of 3 m)

W_r is weight of shell + roof + framing -uplift from internal pressure in N (see 12.1)

(** for allowable tension load per anchor see 12.3.1.)

12.4 Resistance to uplift during test

The anchorage shall be capable of resisting the uplift produced by the test loads applied to the tank. For this condition, the stresses in the holding down bolt or strap shall not exceed 85 % of the specified minimum yield strength of the bolt or strap material.

Use following values for R_m and R_e of bolting materials, based on the specified material quality:

material	R_m [N/mm ²]	R_e [N/mm ²]
4,6	400	240
5,6	500	300
8,8	800	640
10,9	1 000	900

use $R_e = 560$ N/mm² (see EN 1993: never exceeding $0,7 * R_m$)

use $R_e = 700$ N/mm² (see EN 1993: never exceeding $0,7 * R_m$)

13 Mountings

13.1 Shell nozzles O/D 80 mm and above

13.1.1 Set on nozzles shall not be permitted in sizes O/D 80 mm and above.

Where nozzles are used as manholes, they shall have a minimum internal diameter of 600 mm, unless otherwise agreed (see A.2).

NOTE The typical details and dimensions of shell manholes for tanks where the pressure (design or test) does not exceed 25 m water gauge are given in Figure 9. These dimensions include a nominal 3 mm corrosion allowance.

13.1.2 The nozzle body thickness shall be not less than that given in Table 19.

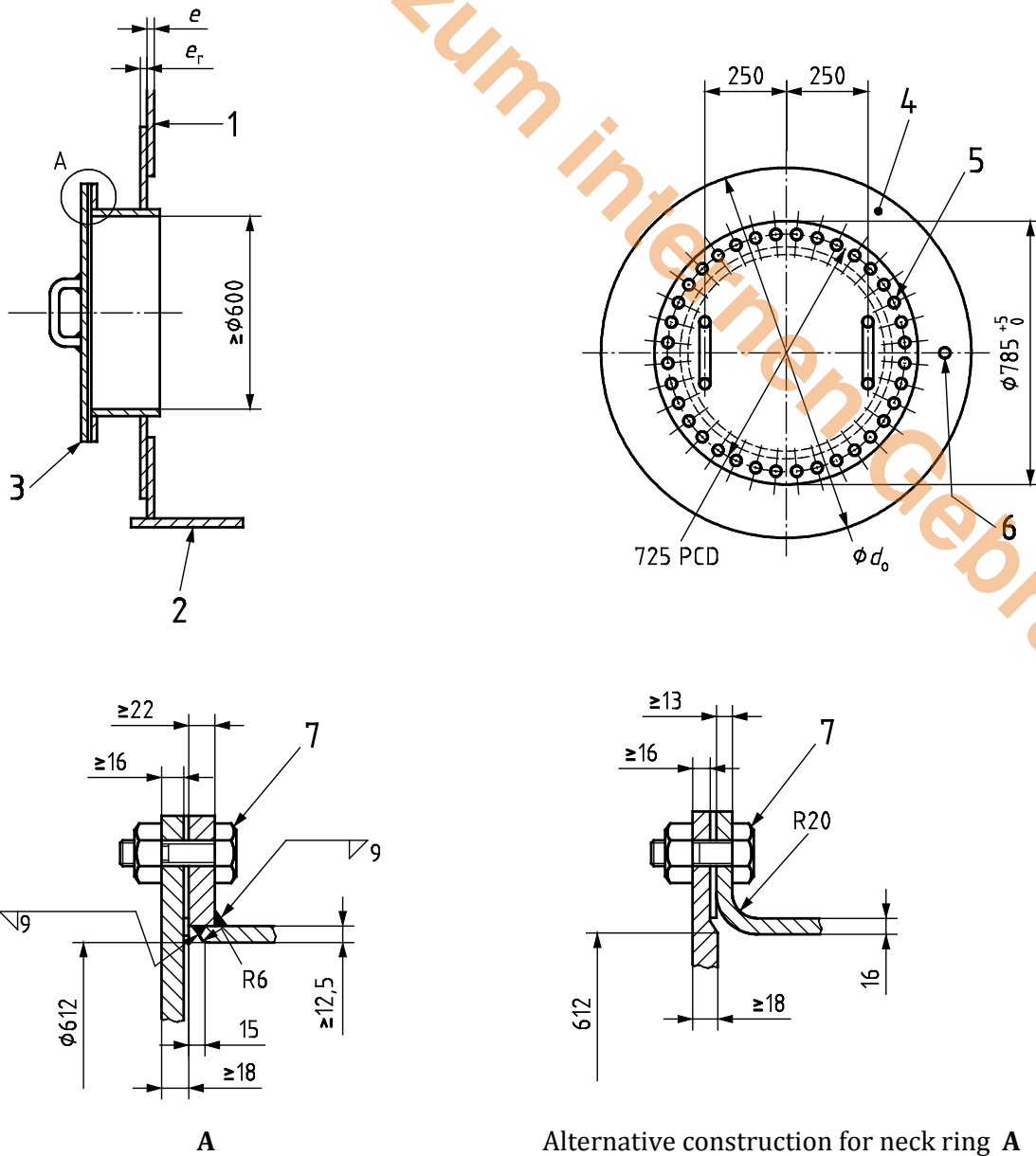
Table 19 — Minimum shell nozzle body thickness

Outside diameter of nozzle d_n Mm	Minimum shell nozzle body thickness e_n	
	Carbon and carbon manganese steel Mm	Stainless steel Mm
$80 \leq d_n \leq 100$	7,5	6,0
$100 < d_n \leq 150$	8,5	7,0
$150 < d_n \leq 200$	10,5	8,0
$200 < d_n$	12,5	9,0

Flanges should conform to EN 1759-1, class 150 or EN 1092-1, PN 25. Check whether PN 25 could be reduced to PN 20 as PN 20 equals 150 LBS.

13.1.3 Reinforcement shall be provided as specified in 13.1.4 or 13.1.5.

Dimensions in millimetres



Key

- | | | | |
|---|----------------------------|---|--|
| 1 | tank shell | 5 | 36 x $\phi 22$ holes for M20 bolts |
| 2 | tank bottom | 6 | $\phi 6$ tell-tale hole in reinforcing plate |
| 3 | joint faces to be machined | 7 | M20 bolt |
| 4 | reinforcing plate | | |

NOTE Fillet weld dimensions refer to throat thickness

Figure 13 — Typical shell manhole

13.1.4 The cross-sectional area of reinforcement provided (area replacement method), measured in the vertical plane containing the axis of the mounting, shall be not less than:

$$0,75 d \times e_1 \quad (16)$$

where

D is the diameter of the hole cut in the shell plate, in mm.

e_1 is the greater of e_c or e_t derived from 9.2.2,

NOTE If a shell plate thicker than required for product or hydrostatic loading is used, the excess shell plate thickness, within a vertical distance both above and below the centreline of the hole in the tank shell plate, can be considered as reinforcement.

For tanks operated at elevated temperatures (exceeding 100 °C for carbon and carbon/manganese steels and exceeding 50 °C for stainless steel) the 0,75 factor shall be increased by the ratio of the yield strength (or 0,2 % proof strength) at ambient temperature and the yield strength (or 0,2 % proof strength) at elevated temperature.

The reinforcement may be provided by any one or any combination of the following three methods.

- a) The addition of a thickened shell insert plate (see Figure 10 and 11), or a circular reinforcing plate, the limit of reinforcement being such that:

$$1,5 d \leq d_r \leq 2d \quad (17)$$

where

d_r is the effective diameter of reinforcement, in mm.

A non-circular reinforcing plate may be used provided these minimum requirements are conformed to.

- b) The provision of a thickened nozzle or manhole body. The portion of the body which can be considered as reinforcement is that lying within the shell plate thickness and within a distance of four times the body thickness from the shell plate surface (see Figure 12). When the body thickness is reduced within this distance, the limit of the length of reinforcement is the point at which the reduction begins.

13.1.5 As an alternative to the area replacement methods specified in 13.1.4, the reinforcement may be made by the provision of thickened nozzle body protruding both sides of the shell plate as shown in Figure 13.

The minimum length L of nozzle (see Figure 13) providing reinforcement shall be:

$$L \geq 1,17 \sqrt{r_m e_n} \quad (18)$$

where

$$r_m = \frac{r_o + r_i}{2} \quad (19)$$

The thickness of the nozzle shall be determined by reference to Figure 14 such that the stress concentration factor of S_{cf} does not exceed 2. (Use a replacement factor Y (see below) and the formula r_o/r_i)

Where:

r_o = Outside radius of nozzle in mm

r_i = inside radius of nozzle in mm

The replacement factor, y , shall be:

$$y = 1,56 \sqrt{\frac{e_n^3}{r_m e_s^2} + \frac{e_n}{2r_m}} \quad (20)$$

where

e_s is the actual provided shell plate thickness (and mm);

e_n is the nozzle body thickness (in mm);

r_m is the mean radius for the nozzle (in mm).

13.1.6 The width of the plate containing the mounting and its reinforcement shall be at least equal to the full width of the course and its length shall be not less than its width.

13.1.7 An extension pipe or flange welded to either the inside or outside of the nozzle and not forming part of the required reinforcement shall not be considered part of the assembly.

13.1.8 Subsequent welds to nozzle bodies shall not be closer to any weld which has been post-weld heat treated than:

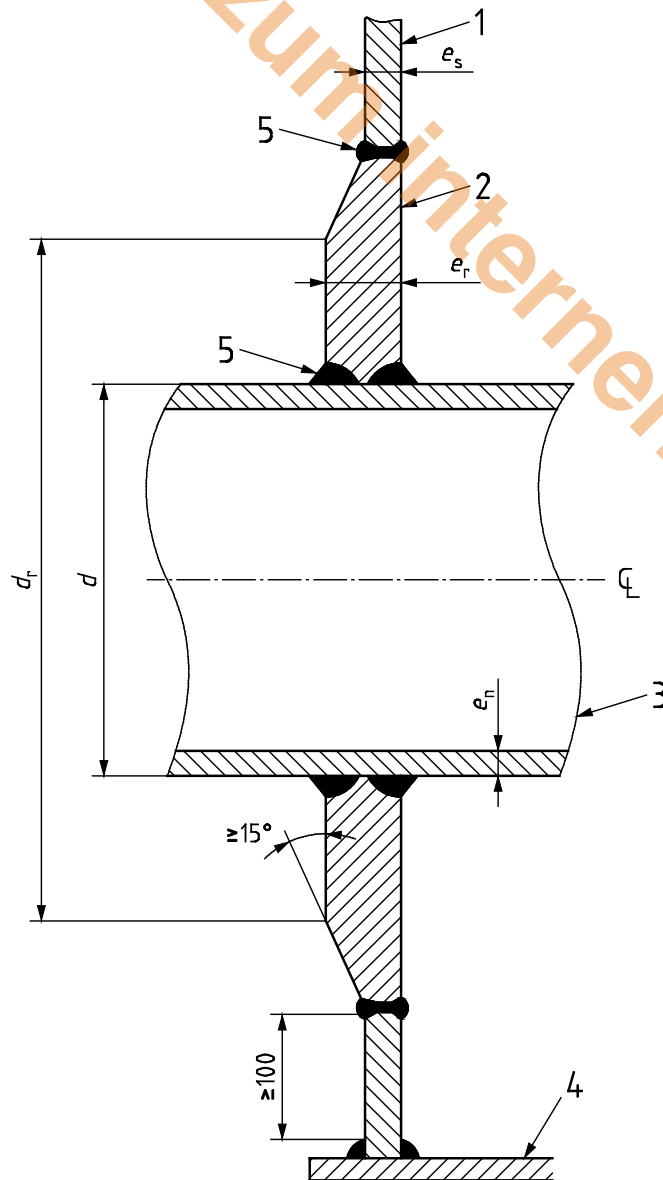
$$2,5 \sqrt{r_i e_n} \quad (21)$$

where

e_n is the wall thickness of the nozzle, in mm;

r_i is the inside radius of the nozzle, in mm.

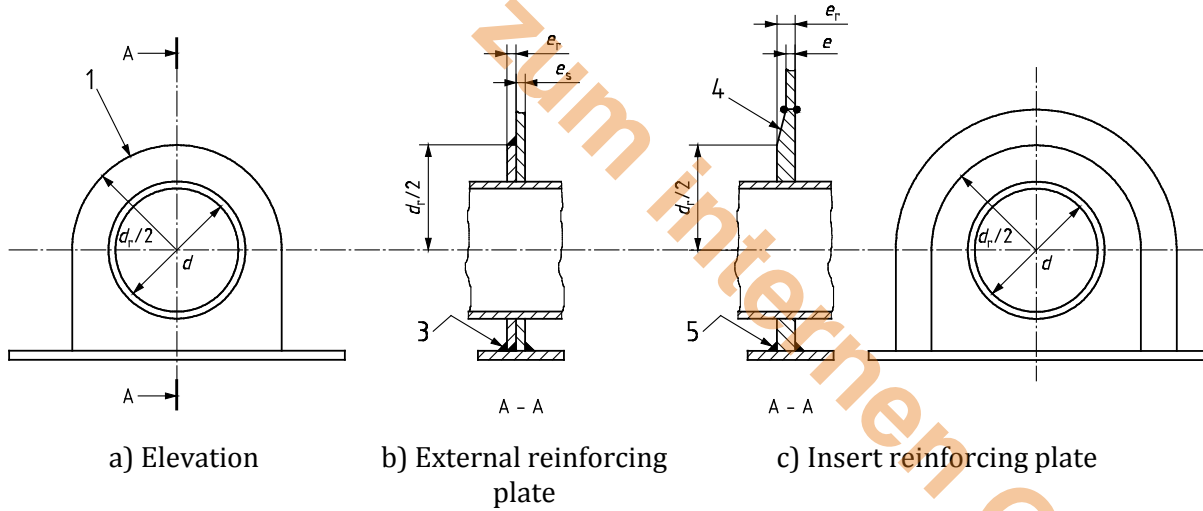
Dimensions in millimetres



Key

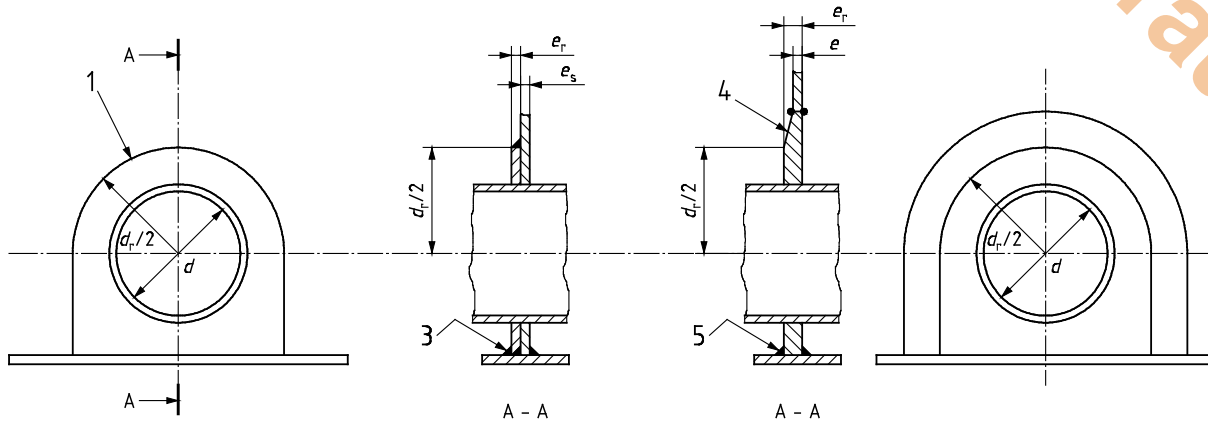
- 1 shell plate
- 2 insert plate
- 3 nozzle
- 4 bottom plate
- 5 for welding details see 13.7

Figure 14 — Shell insert-type reinforcement (see 13.1.4)



Key

- 1 external reinforcing plate
- 2 insert reinforcing plate
- 3 See details d) and e)
- 4 1:4 transition
- 5 See detail f)



d) External reinforcing plate

Shop PWHT nozzle assembly

e) External reinforcing plate

Non-PWHT nozzle assembly

f) Insert reinforcing plate

PWHT or non-PWHT nozzle assembly

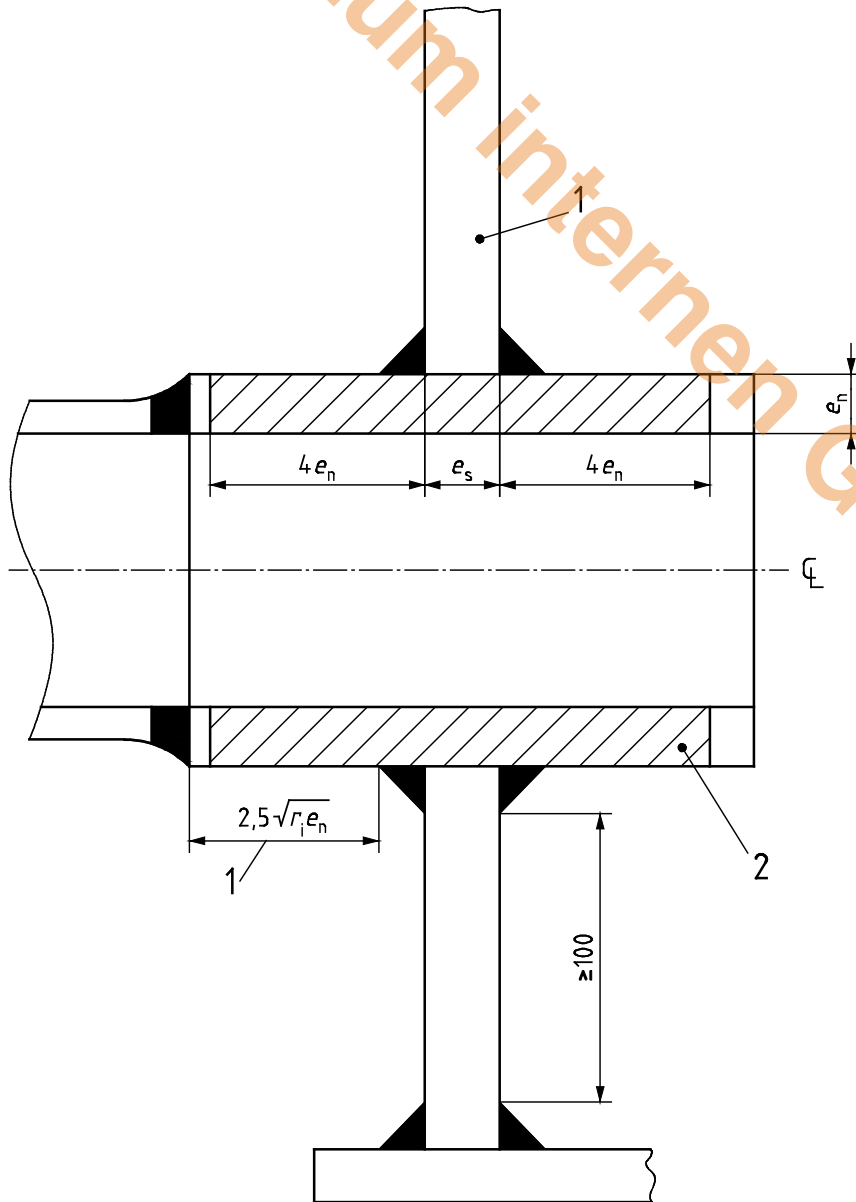
$F = \text{the lesser of } 0,707e_b \text{ and } e_r/2$

Key

- 1 Nozzle centre line
- 4 Site weld
- 5 Shop weld ground flush

Figure 15 — Reinforcement details for low type nozzles

Dimension in millimetres

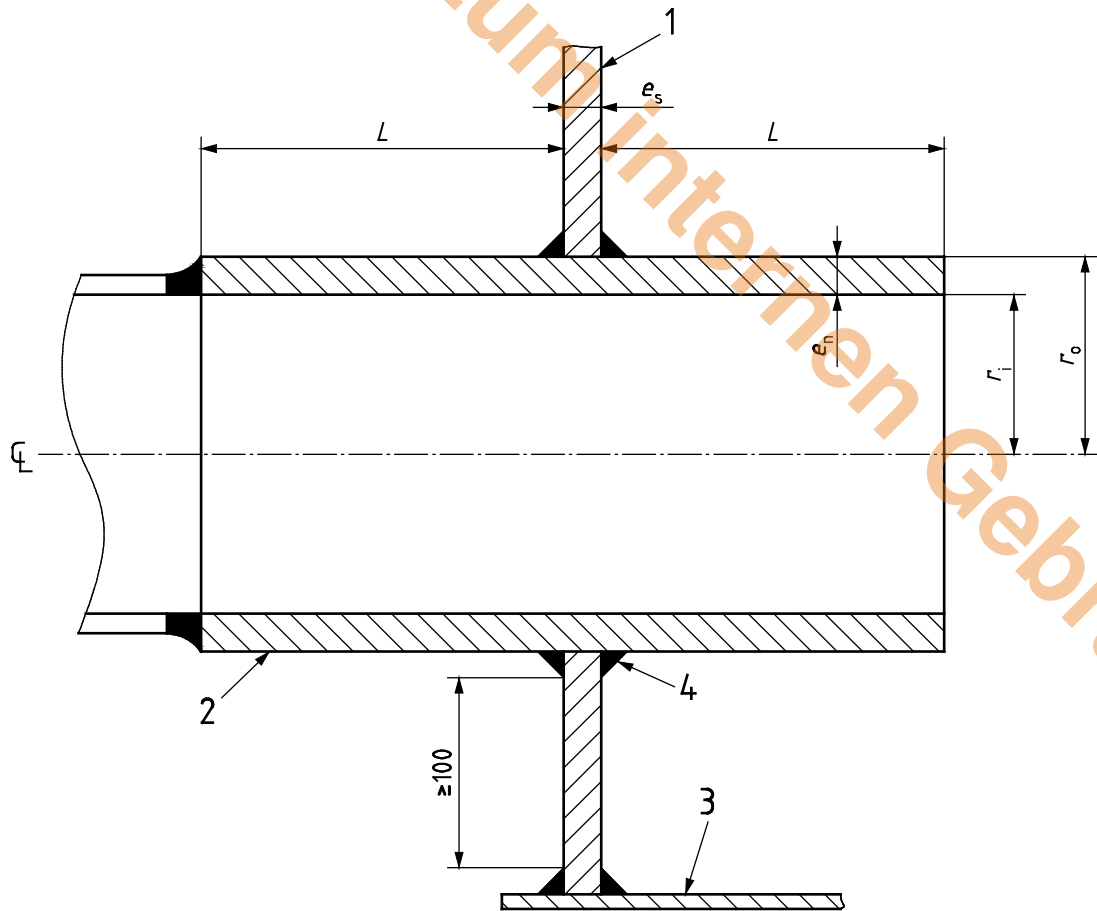


Key

- 1 shell plate
- 2 nozzle

Figure 16 — Thickened nozzle shell reinforcement

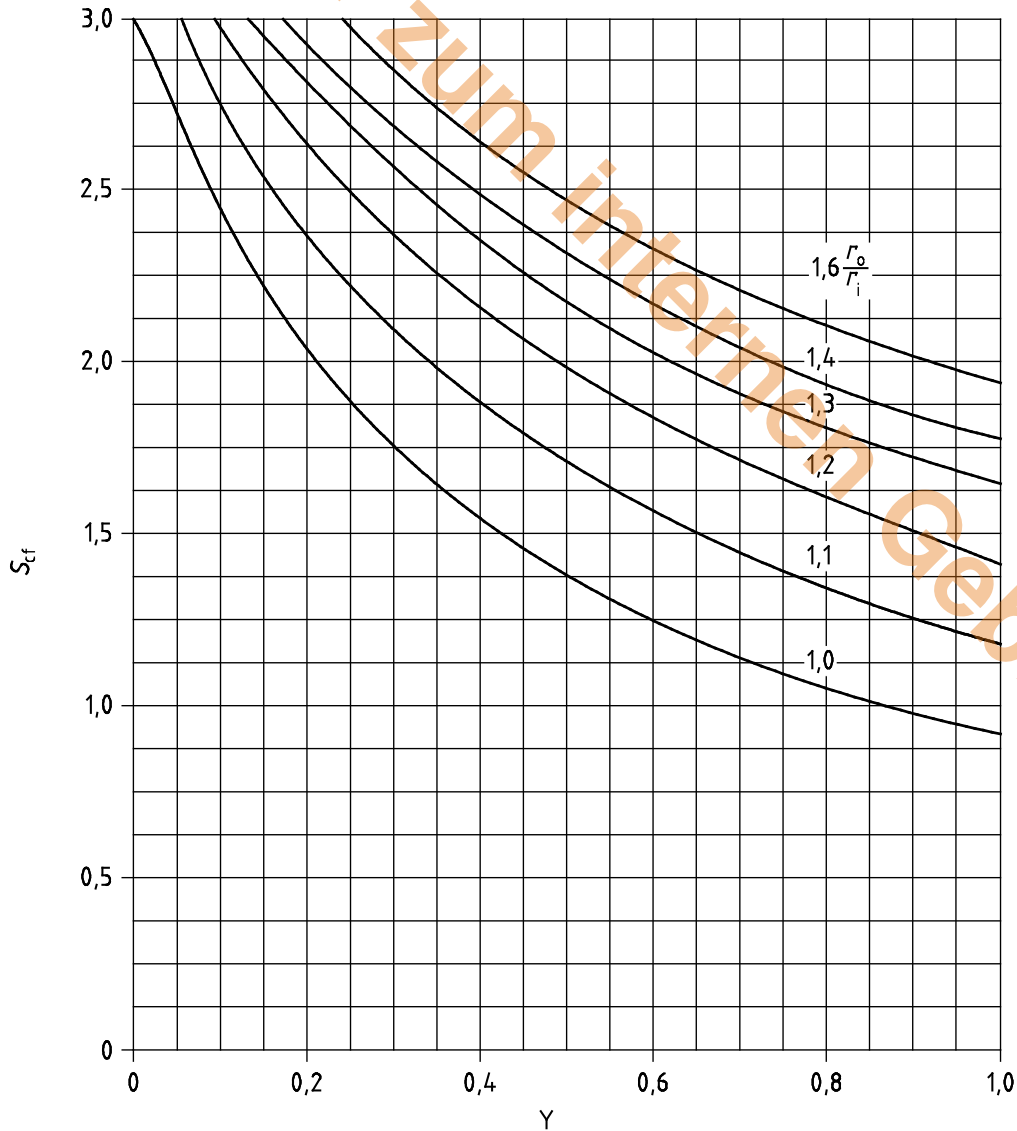
Dimension in millimetres



Key

- | | | | |
|---|-------------|---|---------------------------|
| 1 | shell plate | 3 | bottom plate |
| 2 | nozzle | 4 | for weld details see 13.7 |

Figure 17 — Alternative barrel type nozzle reinforcement (see 13.1.5)



Key

S_{cf} Stress concentration factor

Y Replacement factor

Curves shown in graph indicate the value of r_o/r_i

NOTE Reference should be made to R.T. Rose, Strength of rim reinforcement for manholes in welded storage tanks. [3]

Figure 18 — Graph for the determination of the thickness of barrel-type nozzle reinforcement (see 13.1.5)

13.2 Shell nozzles less than O/D 80 mm

No additional reinforcement shall be required for nozzles less than O/D 80 mm, provided that the thickness of the nozzle wall is not less than that given in Table 20.

NOTE Set-on nozzles can be used.

Table 20 — Minimum shell nozzle body thickness

Outside diameter of nozzle d_n Mm	Minimum shell nozzle body thickness e_n	
	Carbon and carbon manganese steel Mm	Stainless steel Mm
$d_n \leq 50$	5,0	3,5
$50 < d_n < 80$	5,5	5,0

13.3 Roof nozzles

13.3.1 Roof manholes shall have a minimum inside diameter of 500 mm. They shall be suitable for attachment by welding to the tank roof plates. The manhole covers shall be either as specified (see A.1) or of the multiple bolt, fixed or hinged type.

NOTE See Table 21 and Figure 15 for details of bolted manholes.

Rescue holes, if required, shall have a minimum inside diameter of 600 mm.

Table 21 — Manhole dimensions

Dimensions in millimetres

Type of hole	I/D d_i	Cover plate dia. d_c	Pitch circle diameter PCD	Number of bolts	Gasket diameter		Diameter of hole in roof plate d_h	O/D of reinforcing plate d_r	e_n
					inside	Outside			
Man	500	660	600	16	500	660	520	1 060	6
Rescue	600	760	700	20	600	760	625	1 170	6

13.3.2 Flanged nozzles for fixed roof tanks with design pressures up to and including 60 mbar shall be as shown in Figure 16 and Table 22. Other designs and details can be used and shall be subject to agreement (see A.2).

NOTE For nozzle diameters > 80 mm, the thickness includes a 3 mm corrosion allowance.

Dimensions in millimetres

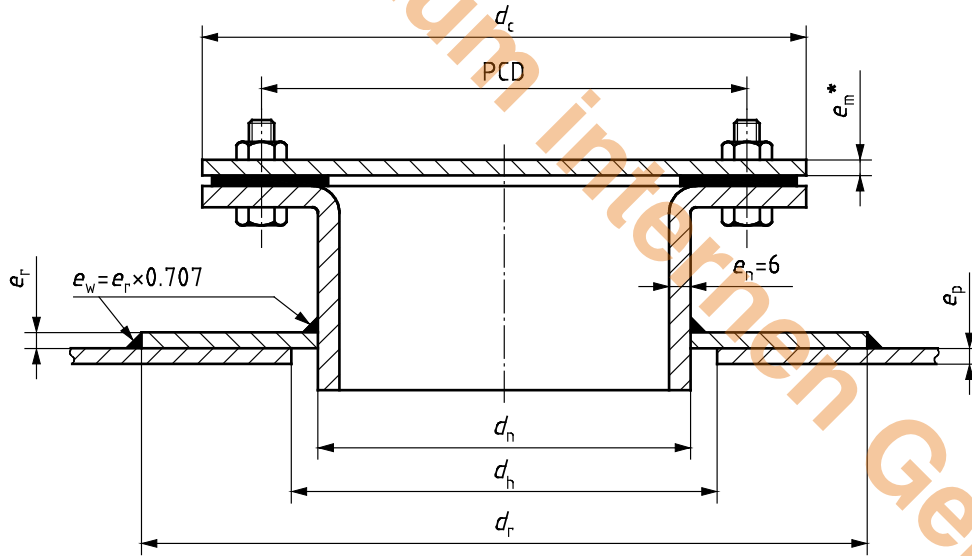
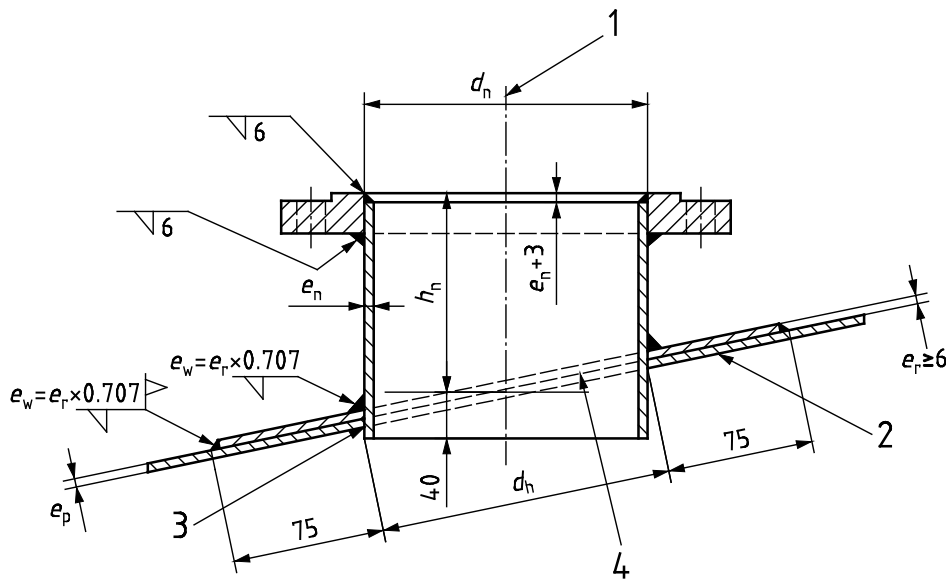


Figure 19 — Bolted manholes



Key

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 1 | Axis is vertical | 2 | Roof plate |
| 3 | Depending on the tank contents, it might be necessary to seal weld | 4 | When roof nozzle is used for venting purposes the neck shall be trimmed flush with the reinforcing plate or roof line. |

NOTE Fillet weld sizes refer to throat thickness

Figure 20 — Flanged roof nozzles (see Table 22)

Table 22 — Roof nozzle dimensions

Dimensions in millimetres

Nominal diameter of nozzle	Outside diameter of nozzle d_n	Diameter of hole in roof plate d_h	Minimum height of nozzle h_n	Minimum nozzle wall thickness e_n		O/D of reinforcing plate
				Carbon and carbon manganese steel	Stainless steel	
25 note3	34	40	150	3,4	2,7	125
50 note3	60	66	150	3,9	2,7	175
80	89	95	150	5,5	3,0	225
100	114	120	150	6,0	3,0	275
150	168	174	150	7,1	3,4	375
200	219	230	150	8,2	3,7	450
250	273	284	200	9,3	4,0	550
300	324	336	200	9,5	4,5	600
NOTE 1 Flanges should conform to class 150 of EN 1759-1, or PN 25 of EN 1092-1. Check whether PN 25 could be reduced to PN 20 as PN 20 equals 150 LBS.						
NOTE 2 See Figure 16.						
NOTE 3 Reinforcing plates are not required on nozzle of 50 mm nominal diameter or smaller but can be used if necessary (A2)						

13.4 Studded pad connections

Studded pad connections for the attachment of inspection windows, instruments, etc., shall be butt welded or fillet welded to the tank shell or roof as detailed in Figure N.3. Adequate reinforcement shall be provided when the hole in the shell or roof plate exceeds 80 mm diameter. Where reinforcement is required, this shall be in accordance with 13.1.4 or 13.1.5 and the whole cross-sectional area of the pad can be considered as reinforcement.

13.5 Nozzle loads

Nozzles and shell shall be designed to withstand the loads resulting from connected piping and attachments (see 7.2.12).

13.6 Flush type clean-out doors and water draw-off sumps

13.6.1 General

In view of the complicated stress patterns, the use of flush type doors and sumps shall be kept to a minimum. The design shall be agreed (see A.2).

NOTE Examples of suitable designs are given in Annex O.

13.6.2 Flush type clean-out doors

When it is proposed to embody flush type clean-out doors in the bottom course of shell plating, the vertical opening shall not exceed 915 mm or half the shell plate width, whichever is the lesser. The assembly shall be prefabricated and post-weld heat treated in accordance with 18.10.

Typical details are shown in Figures O.1, O.2, O.3 and O.4.

13.6.3 Water draw-off sumps

13.6.3.1 Water draw-off sumps shall be fully supported by the foundation. Suitable local excavations of the foundation shall be prepared in accordance with the approved foundation design drawings.

Typical details are shown in Figure O.5.

13.6.4 Combined water draw-off and clean-out sump

Also these types of combined water draw-off and clean-out sumps shall be fully supported by the foundation away from the outer flange.

Combined water draw-off and clean-out sumps shall not be used in tanks where the shell plate thickness exceeds 20 mm.

Typical details are shown in Figure O.6 (re-instate complete figure 32 from BS 2654).

The assembly shall be prefabricated and post-weld heat treated in accordance with 18.10.

13.7 Nozzle welding details

13.7.1 Partial penetration welds shall only be used when the shell thickness is not more than 12,5 mm and the allowable design stress is less than 185 N/mm².

NOTE Nozzle welding details are given in Annex N.

13.7.2 The toes of fillet welds connecting the nozzle or reinforcing plates to the shell, or the centre line of butt welds connecting insert plates to the shell, shall be not closer than 100 mm to the centre line of any other shell butt joint, the toe of the shell to bottom fillet weld, or the toe of fillet welds of adjacent attachments.

NOTE The reinforcing plate or insert plate can be extended to the shell to bottom junction provided the plate intersects the bottom at 90° (see Figure 11).

Subject to agreement (see A.2), when it is impractical for all the nozzles to avoid crossing the shell welds of small diameter tanks with a wall thickness up to 10 mm, the tangent to the cut-out in the shell at the centre line of the shell butt weld shall be at an angle between 45° and 90° to the centre line (see Figure 17). The shell weld at the cut out shall be subjected to 100 % MPI or DPI.

Any shell butt weld which then underlies a reinforcing plate shall be ground smooth and subject to 100 % radiographic inspection.

13.7.3 The dimensions of the welds connecting set-through nozzles to the shell shall be as shown in Figure N.1.

NOTE These weld dimensions are not required to be greater than twice the wall thickness of the mounting.

When the thickness of nozzle bodies manufactured from rolled carbon and carbon manganese steel plate exceeds 20 mm, either material with specified through thickness properties in accordance with EN 10164 shall be used, or a minimum layer of 3 mm of weld metal shall be applied to the surface of the body, prior to welding the nozzle to the shell (see Figure 18). Z-quality and alternative method to be agreed (see A2).

13.7.4 Butt joints connecting insert plates to the shell plates shall have full penetration and complete fusion.

13.7.5 The throat thickness of fillet welds around the periphery of reinforcing plates shall be 70 % of the thickness of the reinforcing plate with a maximum of 14 mm.

13.8 Flange drilling

Unless otherwise specified (see A.1), the flanges of all mountings except shell and roof manholes shall be made and drilled in accordance with EN 1759-1, class 150 or EN 1092-1, PN 20. The orientation of mating flanges shall be checked for compatibility.

13.9 Post-weld heat treatment of nozzles

The manufacturer shall arrange for post-weld heat treatment (PWHT), in accordance with 18.10 for all nozzles included in Table 28, in accordance with the shell thickness and the nozzle diameter.

13.10 Heating and/or cooling systems

Heating or cooling of the product shall be achieved by the use of a heat transfer fluid in a heating or cooling device (see Annex P) or heated by electrical means. The method shall be subject to agreement (see A.2).

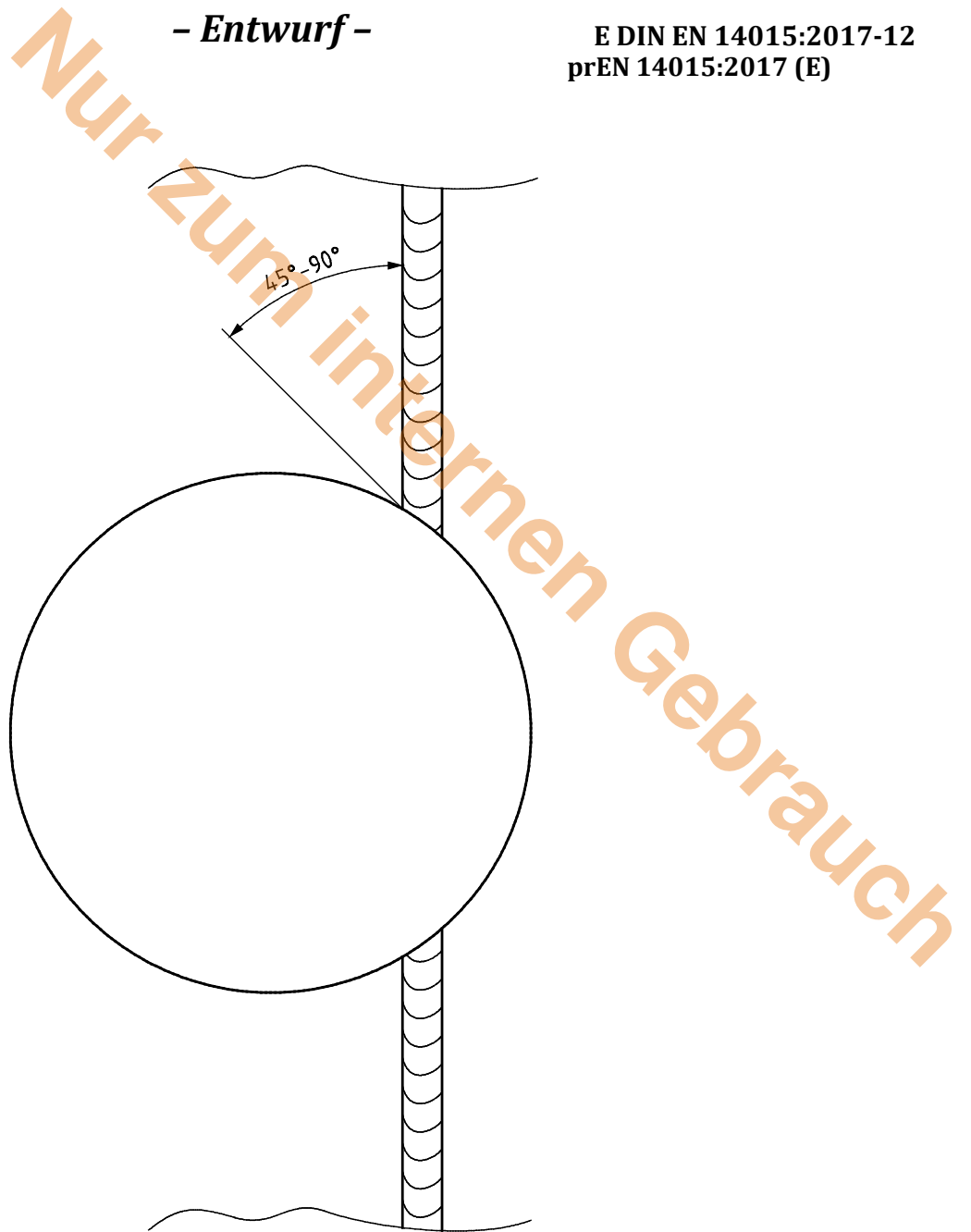
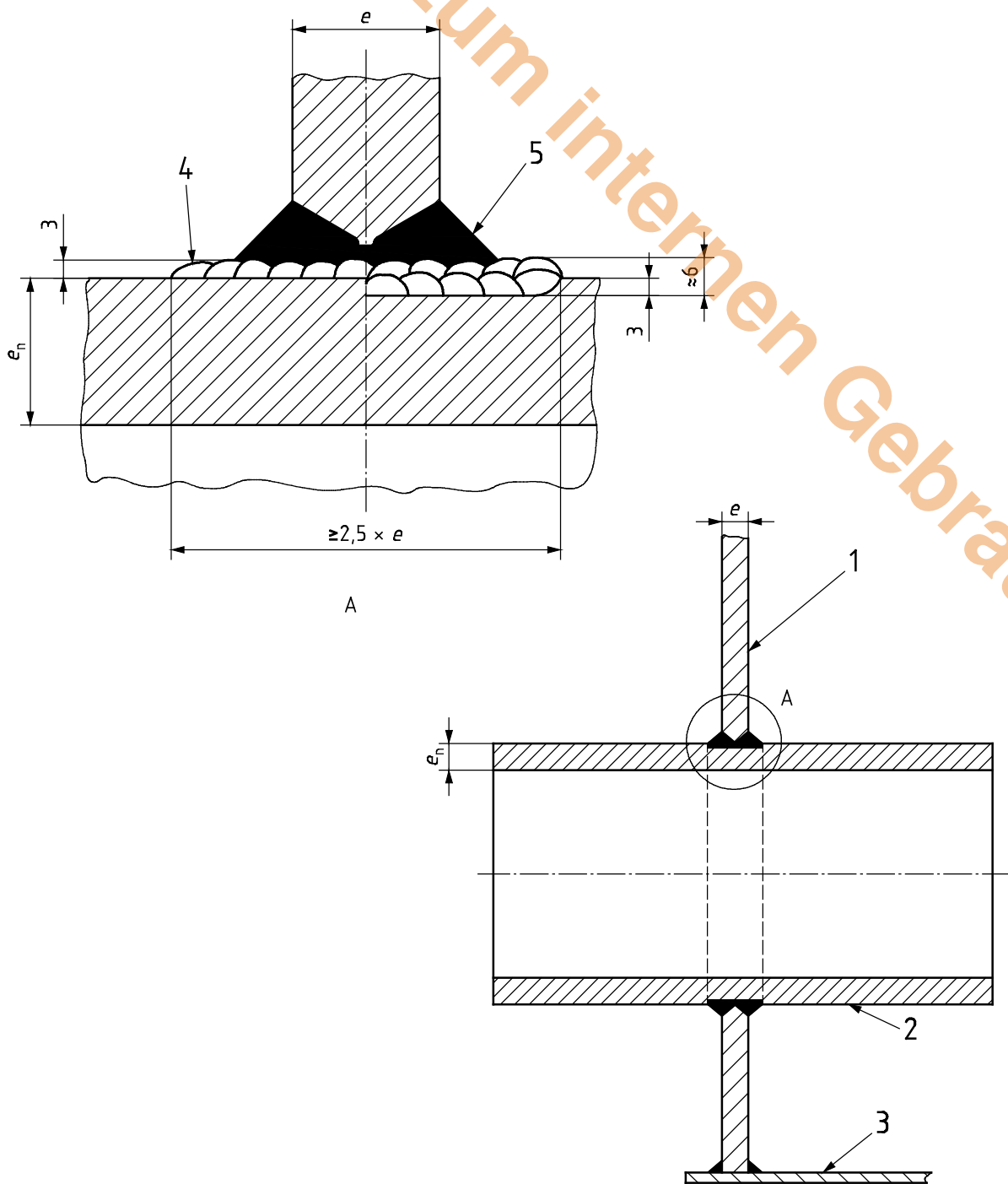


Figure 21 — Openings for nozzles that intersect shell welds

Dimensions in millimetres



Key

SSSXX

S

NOTE For nozzle attachment, an alternative is to remove 3 mm from the nozzle and replace with at least two layers of weld overlay.

Figure 22 — Details of weld overlay for nozzles

13.11 Stairways and walkways

13.11.1 Stairways and walkways shall be in accordance with EN ISO 14122, together with the specific requirements in 13.11.2 to 13.11.6, 13.12 and 13.13.

13.11.2 Stairways and walkways shall be of metallic construction and the minimum clear walking space shall be 600 mm.

NOTE 1 It is recommended that the angle of stairways to the horizontal plane should not exceed 45°.

NOTE 2 For stairways on insulated tanks, see Annex Q.

13.11.3 The stairway treads shall be of the non slip type.

NOTE 1 The rise should normally be 200 mm, and the tread should have a minimum width of 200 mm measured at the mid length of tread. The rise can be adjusted to within ± 5 mm to make treads level with landings or platforms.

NOTE 2 Attention is drawn to possible local or National Regulations.

13.11.4 Spiral type stairways incorporating stair treads welded directly to the shell, or by means of local pads, shall only be permissible where:

- c) the minimum specified yield strength of the shell material does not exceed or equal 275 N/mm²; or
- d) the minimum specified yield strength of the shell material exceeds 275 N/mm² and the shell thickness does not exceed 12,5 mm.

Where the minimum specified yield strength of the shell material exceeds 275 N/mm² and the shell thickness exceeds 12,5 mm, stairways shall be independently supported or affixed by horizontally oriented continuous welds (see 13.15).

13.11.5 Stairways and walkways shall be capable of supporting a minimum superimposed load of 2,4 kN/m², a concentrated load of 5 kN at any location, together with the wind loads specified for the design of the shell.

NOTE Where the vertical rise of stairways is more than 6 m, the intermediate landing or landings should be provided.

13.11.6 Tank walkways which extend from one part of a tank to any part of an adjacent tank, or to the ground, or any other structure, shall be so supported as to permit free relative movement of the structures joined by the walkway.

13.12 Handrailing

13.12.1 Handrailing to tank roofs, stairways and walkways shall be solid steel bar or sections, and shall be designed to protect personnel and prevent objects from falling.

NOTE The handrail should be capable of withstanding a point load of 1 kN applied at any point and in any direction.

13.12.2 Handrails shall be provided on both sides of walkways and stairways, except on spiral stairways where the distance between the tank shell and the inner stringer is less than or equal to 200 mm when no inner handrail is required. At breaks in the handrail, any space between the tank and the platform which exceeds 150 mm in width shall be floored.

13.12.3 For tanks over 12,5 m diameter, where access is required to fittings at or near to the centre of the roof, hand railing and treads shall be provided.

13.12.4 The full strength of the members shall be maintained at the joints.

13.13 Ladders

Fixed steel ladders shall be provided with safety cages and intermediate platforms.

NOTE Attention is drawn to local or National regulations.

13.14 Earthing connections

All tanks shall be fitted with earthing connections (see for more guidance EN-IEC 62305) tanks with diameter smaller or equal 20 m should be equipped with a minimum of 2 earthing connections. For tanks with diameters exceeding 20 m the maximum distance between earthing connection at grade level should not exceed 30 m. For details see figure XX (see Figure 27 of BS 2654, changes brass stub into stainless steel)

13.15 Permanent attachments

13.15.1 Permanent attachments welded to tank shells thicker than 12,5 mm shall be kept to a minimum and shall preferably be disposed in a horizontal direction.

NOTE If vertical fillet welds are necessary, these should be made with special care, having due regard to their stress-intensifying effect.

13.15.2 Vertical attachment welds shall not be located within 150 mm of any main vertical seam and horizontal attachment welds shall not be made on top of any main horizontal seam.

Stud welded and similar attachments shall not be permitted on plates exceeding 13 mm in thickness.

13.16 Temporary attachments

The requirements governing the location, orientation, welding and procedure for the provision of temporary attachments other than the location of temporary key plate erection attachments shall be the same as for permanent attachments (see 13.15).

14 Insulation

The permanent attachments associated with the requirements for the insulation of a storage tank shall conform to 13.15.

NOTE Tanks designed to conform to this document might require to be insulated for various reasons, e.g. maintaining product temperature. Although the design of this insulation is not specified in this document, the recommendations of Annex Q should be taken into consideration.

15 Shop fabrication of tank components

15.1 General

During the development of the fabrication procedures of the tank, the manufacturer shall take account of the product to be stored.

15.2 Reception and identification of materials

When the materials and equipment to be used in the fabrication of a tank are received, they shall conform to the requirements set out in the order to the supplier (in terms of quality, quantity, dimensions, surface finish, appearance, inspection documents etc.), and shall be suitable for their intended use.

All flats, rolled sections and forged parts to be used shall bear the identifying marks specified in the order and at the very least those specified in the product standards. Materials used in construction of ladders, stairways supports and other similar attachments need not contain such marking.

It shall be verified that the packaging of welding consumables is in good order and their markings conform to the requirements of the purchase order and of the product standard.

15.3 Handling and storage of materials

Stainless steel plates shall be stored and handled with equipment incorporating protection to avoid surface contamination.

Machined parts such as flanges and machined surfaces shall be protected against corrosion and mechanical damage during transport and storage.

Welding consumables shall be protected and stored in accordance with the conditions laid down by the welding consumable standard and/or the supplier's recommendations. Consumables for issue to site shall be stored in their original packaging.

15.4 Material markings

The method of marking shall be subject to agreement (see A.2). The preferred method of marking shall be die-stamping using low stress stamps with a minimum radius of 0,25 mm. However, this method is not suitable for plates less than 6 mm thick, and paint or ink marking shall be used instead. The manufacturer shall ensure that the paint or ink is compatible with the material to which it is applied and will not cause damage to the plate surface, and is also compatible with the product to be stored.

Markings on material ordered with inspection documents in accordance with EN 10204:2004, Cert. 3.1 and higher, shall remain visible after erection of the tank. In case the marking becomes obliterated during fabrication, at least one marking shall be transferred to a location visible after completion of the tank.

Reinforcing plates, pipes, flanges and similar items requiring material inspection documents, as mentioned above, and specified in Tables 5 to 8, shall be marked.

Prior to cutting, the identification marks on materials to be used in the subsequent construction of the shell or any other structural part of the tank shall be transferred to the different component parts. Unless otherwise specified, marking shall be visible on the inside of the tank.

Transfer of mill identification markings shall only be executed by an authorized person.

Markings shall remain legible at least until the hydrostatic test of the tank. In case the tank is painted, records of the marking and their location should be kept (e.g. drawings/sketches etc.)

If the material specification does not permit marking or identification on the plate, etc., the identification marks shall be noted on a drawing or an identification list.

NOTE Non-welded components not subject to pressure loads need not be marked for material identification.

15.5 Plate preparation and tolerances

Preparation tolerances of plates shall be adapted to suit the assembly tolerances (see Clause 16).

Plates to be used in construction of lap welded bottoms and roofs shall meet the normal mill tolerances specified in the steel standard, and comply with 6.1.8.

The method of cutting shall be appropriate to the materials. Shearing of plates above 10 mm thickness shall be subject to agreement (see A.2).

When trimming edges, special attention shall be paid to their uniformity and the angle of chamfers.

Thermal cut edges shall be free from oxide and cutting scale and cleaned before welding. All plate edges shall be straight with no irregularities exceeding 2 mm. The tolerance on plate length and width (course height) shall be ± 2 mm. Grinding shall be allowed if necessary.

The plates constituting the shell shall be rectangular and the lengths of the diagonals shall not differ by more than 3 mm, or the value specified in the steel standard if more stringent.

The layout of plates in the shell shall be in accordance with 9.4.

Cut-outs for openings and nozzles shall be produced by machining or thermal cutting and ground smooth. Sharp corners shall be avoided. The distance between the opening and the nearest plate edge shall conform to 13.7.2 unless otherwise agreed (see A.2).

For the minimum circumferential dimensions of a shell plate reference is made to 9.1.8 and Figure 6.

15.6 Preparation of nozzle components

Component parts of nozzles (pipes, flanges etc.) shall be prepared by machining, mechanical or thermal cutting. Thermal cutting shall only be permitted for pipe ends not requiring subsequent welding, unless otherwise agreed (see A.2).

15.7 Plate forming and tolerances

Shell plates should be rolled to the radius of the tank irrespective of the diameter of the tank, Depending on the tank diameter and plate thickness dimensions the forming of plates might not be required, subject to agreement (see A2).

When required, shell plates shall have their ends preset before forming.

After forming, the plates shall be inspected for geometry and surface imperfections.

Local thinning of the plates by the forming process shall be permitted such that the final thickness of the plate shall not be less than 95 % of the plate thickness, determined in accordance with 9.2, over an area of $6e$ by $6e$.

Special precautions shall be taken for stainless steels to avoid contamination of plate surfaces during the forming process.

15.8 Openings

15.8.1 Nozzles

Two types of nozzles shall be considered according to their location (see Clause 13):

- those positioned on the tank roof;
- those positioned anywhere on the shell or bottom.

Flanges shall be manufactured from forgings or from plates. Where plates are used, they shall be guaranteed free from laminations.

The weld preparation for the butt welds shall be such as to ensure total penetration and shall be examined.

On all flanges, bolt holes shall be offset from the vertical and horizontal axes (see 13.8).

The manufacturer shall arrange for PWHT if the nozzle falls within the requirements of Table 28.

The PWHT shall be in accordance with 18.10.

15.8.2 Inspection windows

The welding of the window body to the tank shall be carried out in such a manner as to keep deformation of the machined surface to which the glass is to be fitted to a minimum.

15.8.3 Nozzles for mixers

The method of assembly, the quality of welds and their geometry shall be selected to avoid any stress concentration or crack initiation features.

15.8.4 Clean-out doors

The manufacturer shall arrange for PWHT as specified in 18.10.

The preparation of the assemblies where these are welded to the shell, shall allow for full penetration welds, and, as for mixers, the method of assembly, the quality of welds and their geometry shall be selected to avoid any stress concentration or crack initiation features.

15.8.5 Reinforcement plates

Nozzle reinforcement plates (see Figure 11) shall be of the same quality as the shell plates (see 6.1.7.2) to which the nozzle is fitted.

The reinforcement plates shall be formed so that, when assembled, they possess the same curvature as the shell course plate on which they are welded.

All nozzle reinforcement plates shall have at least one tapped hole for inspection purposes (see 19.8.1).

15.8.6 Insert plates

Nozzle insert plates (see Figure 10) shall be of the same quality as the shell plates (see 6.1.7.2) to which the nozzle is fitted.

The edges of insert plates, shall be tapered 1:4 to match the tank shell plates.

15.9 Welding

All welding of shop fabricated components shall be carried out in accordance with appropriately approved welding procedures and by appropriately approved welders as specified in Clause 17. All welding of shop fabricated components shall be carried out in accordance with Clause 18.

Temporary welds used for the assembly of parts of shop fabricated components shall be removed by mechanical grinding, chipping or gouging so that no weld material is left proud of the surface. For carbon steels with specified minimum yield strength ≥ 355 N/mm², these locations shall be examined for cracks in accordance with Table 29.

Slip-on flanges shall be welded from both sides.

All weld-neck flanges shall have full penetration butt welds.

Nozzles made from rolled plate over 20 mm thick which have not been manufactured from Z guaranteed plates (through thickness tension tested) shall be overlaid with weld metal on the shell side in the weld area (see 13.7.3 and Figure 18).

The minimum distance between nozzle welds and the nearest plate edge shall be in accordance with 13.7.2.

The manufacturer shall arrange for PWHT in accordance with 18.10 when required.

15.10 Surface condition

All welds shall be cleaned and brushed, and traces of slag removed.

Appropriate equipment shall be used for the fabrication of stainless steel tanks.

Welds on stainless steels shall be passivated and all traces of rust removed from the plates.

All surfaces shall conform to the requirements of Annex R.

15.11 Marking for erection purposes

All plates, sections and accessories shall be marked for identification purposes using paint, ink or labels as appropriate to the item.

When a number of identical items are to be despatched together, at least one item shall be marked so that assembly errors are avoided.

Identification marks shall be recorded on a drawing to facilitate assembly on site.

15.12 Packing, handling and transport to site

Packing shall be such as to avoid any damage of the components being transported.

When necessary, plates shall be placed on blocks to avoid permanent deformation.

When handling plates, the manufacturer shall employ lifting equipment capable of working in complete safety without damaging the materials. The use of grabs with an automatic clamping action shall not leave unacceptable imperfections on the plates.

Stainless steel plates shall be handled using equipment incorporating suitable protection.

Blocks, shims, etc. for stainless steel plates and prepainted plates shall be made of suitable materials and the manufacturer shall ensure that appropriate protection is used.

Machined surfaces shall be protected against corrosion and mechanical damage

NOTE 1 Small, finish-machined parts such as flanges should be placed in boxes or on pallets.

NOTE 2 Larger items may be transported in bulk so long as their machined surfaces are protected.

Gaskets shall be protected against damage in transport and storage.

Welding consumables shall be delivered in their original packaging which should give protection against damage and moisture pick-up during transport and storage.

16 Site erection and tolerances

16.1 General

16.1.1 All information necessary for the site erection of the tank shall be made available. This shall include at least the following information:

- erection specification including erection sequences;

- construction drawings;
- identification plans as required by 15.11;
- required construction tolerances;
- detailed welding procedures;
- documentation relating to examinations and inspections already performed;
- material inspection documents; and
- surface finish, insulation and painting specifications, where appropriate.

16.1.2 All components delivered to site shall be checked to ensure that they conform to the specification, and that they have not been damaged during transportation.

16.1.3 The method of assembly shall not produce constraints or permanent deformation inconsistent with the normal mechanical loads and outside the specified tolerances of the finished tank, empty or full.

16.1.4 Floating covers or floating roofs where specified, shall be installed and assembled in accordance with C.4 or D.6.

16.1.5 If required, the methods to be employed in the assembly of the tank including the methods to be used to hold plates in position for welding, the sequences of assembly and welding, means of access for welding, and the methods to be used to avoid wind damage during erection shall be specified (see A.3).

16.2 Foundations

16.2.1 General

The design and construction of the foundations for a tank are important to the integrity of the tank, but are not part of this document (see Annex I). Before the erection of the tank, it shall be ensured that the location, height, shape, geometry, horizontal plane or slope, surface finish and cleanliness of the supporting foundation conform to 16.2.2 and 16.2.3.

16.2.2 Peripheral tolerance

The datum height for the foundation and its permissible variation shall be specified (see A.1).

16.2.2.1 For tank pad foundations the following shall apply

The difference in level between any two points around the foundation shall be not more than 26 mm.

The difference in level between any two points 3 m apart around the periphery of the tank shall be not greater than 6 mm.

The tolerance of the inclination or slope of the foundation shall be such as to enable the final vertical tolerances of the tank to be achieved.

These tolerances also are applicable before the hydro-static test.

After the hydro-static test the above tolerances may be increased to the following :

The difference in level between any two points around the foundation shall be not more than 29 mm.

The difference in level between any two points 3 m apart around the periphery of the tank shall be not greater than 7 mm.

When measured levels exceed these tolerances the tank should be jacked-up and the foundation to be reinstated to the original tolerances.

16.2.2.2 For foundations made from concrete ring beams the following is applicable:

The difference in level between any two points around the foundation shall be not more than 12 mm.

The difference in level between any two points 9 m apart around the periphery of the tank shall be not greater than 6 mm.

These tolerances also are applicable before the hydro-static test.

After the hydro-static test the above tolerances may be increased to the following :

The difference in level between any two points around the foundation shall be not more than 14 mm.

The difference in level between any two points 9 m apart around the periphery of the tank shall be not greater than 7 mm.

When measured levels exceed these tolerances the tank should be jacked-up and the foundation to be reinstated to the original tolerances.

16.2.2.3 For concrete raft foundations the following is applicable:

The first 0,3 m of the foundation, or the width of the annular ring, whichever is greater, measured from the outside of the tank, radially towards the centre, shall conform to the tolerances as stated in 16.2.2.2 (same as applicable for the ring beam foundation). The remainder of the foundation shall be within ± 13 mm of the design shape.

16.2.3 Foundation surface tolerance

The surface tolerance, other than the area under the shell plate and specified for the raft foundation (see 16.2.2.3) shall be as follows:

- a) the sag in the as-built surface measured with a 3 m long template shall not exceed 10 mm;
- b) the difference between the design level and as-built level shall not exceed the values given
- in Table 23.

Table 23 — Foundation surface tolerances

Diameter of tank D m	Tolerances Mm
$D \leq 10$	10
$10 < D \leq 50$	$D / 1\,000$
$50 < D$	50

These tolerances also are applicable before the hydro-static test

After the hydro-static test the above tolerances shall be applicable as well:

16.3 Anchor points

When the tank is to be anchored to the foundation, details of the design of the anchorage system shall be provided as per Annex M, to ensure that the foundation design incorporates provision for the anchor points and their associated loads (see Clause 12).

At the time of taking over the foundation, the position and dimensions of anchor bolts or straps shall be checked to ensure that they are in accordance with the drawings.

The erector/manufacturer shall be responsible for the setting in place of the anchor rods, preferably after completion of erection of the tank to avoid damage. However, if the anchors have been precast into the foundation, the erector/manufacturer shall take due care to avoid damage to the anchors during erection of the tank.

The anchor points shall not restrict the relative movements due to expansion of the tank.

The threads of anchor rods shall be protected until the nuts are tightened to 'finger tight' after the tank has been filled with water and stabilized. Welding shall not be permitted on the anchor rods unless otherwise agreed (see A3).

Anchor straps shall be welded after the tank has been filled with water and stabilized, unless they incorporate a means of retightening.

16.4 Handling and storage

The requirements of 15.3 and 15.12 shall be met in respect of handling and storage.

Lifting and handling operations shall not lead to any permanent deformation.

NOTE During handling operations, all necessary precautions in the event of significant winds should be taken.

After reception of materials on the site, the plates shall be stored in such a manner that they do not suffer undue corrosion or damage.

Precautions shall be taken to avoid contamination of stainless steel plates by carbon steels.

Small items of equipment, accessories and welding materials shall be protected against the weather.

16.5 Rectification of parts damaged during transportation and handling

All parts damaged during transport or handling shall be subjected to a thorough examination.

A repair procedure shall be agreed (see A.2).

16.6 Bottom plates

Bottom plates shall be positioned on the foundation in such a manner as to avoid damaging the finished surface of the foundation.

Underside protection of the plates shall be as specified (see A.1).

Fillet welded bottom plates shall be assembled and welded with laps not less than those specified in 8.4.1. No three-thickness plate overlap shall be within 300 mm of any other three-thickness plate overlap or of the inner surface of the shell course. The other plates constituting the bottom shall be overlapped according to the drawing and the plate markings.

A check shall be made to ensure that the overlap of the bottom sketch plates to the annular plates is ≥ 60 mm.

A check shall be made to ensure that the overlap between plates is ≥ 5 times the thickness of these plates.

When a butt welded bottom is specified, the plates shall be assembled and butt welded so as to maintain the tolerances specified for the welded joint.

Localized uplift of the bottom plates from the surface of the foundation inside the tank shall be minimized by controlling the welding sequences, but in any case, it shall not exceed 0,25 % of the diameter of the tank, with a maximum of 100 mm. The uplift shall be measured at ambient temperature, excluding solar effects.

Localised uplift /bending of the outside area of the bottom shall not exceed 40 mm.

If an annular ring is to be fitted, its plates shall be assembled end to end and full penetration butt welded before the adjoining bottom and/or sketch plates are welded to it.

16.7 Shell to bottom, and shell

16.7.1 Assembly tolerances of first shell course on flat bottom

Where annular plates are specified, welding of the shell plates to the annular shall be finished before the bottom sketch plates will be welded to the annular plates.

Where annular plates are specified, all annular butt welds shall be welded and inspected before welding the shell to the annular plates.

Where annular plates are not specified, welding of the shell plates to the bottom plates shall not commence until all welding of the bottom sketch plates has been completed.

The erector shall ensure that the assembly methods used meet the tolerances specified in this document.

The maximum gap between the bottom course and the annular ring or bottom plates after fitting shall not exceed 3 mm.

After assembly and welding of the first shell course to the bottom,

- e) centre shall be determined from 3 diameters measured at 120° to each other;
- f) inside radius measured horizontally at a height of 200 mm above the bottom of the shell shall be within the limits given in Table 24.

Table 24 — Tolerance limits on inside tank radius

Radius	Tolerance	Measurement points
R m	mm	minimum number
$R \leq 5$	± 5	6
$5 < R \leq 20$	$\pm 0,1$ % of radius	8
$20 < R$	± 20	Each plate
NOTE Measurements should be remote from any fitting or opening.		

The distance between the outside of the bottom shell plate and the outer edge of the annular plate or bottom plate shall be in accordance with the value given in 8.3.4.

16.7.2 Tolerance on shell geometry

Local deformation in the full plate in the vertical direction shall be checked with a 1 m straightedge and in the horizontal direction with a 1 m long template matching the design radius of the tank.

The maximum difference between the design profile and the as built profile shall be as given in Table 25.

Table 25 — Maximum differences between the design and the as built profile

Plate thickness	Difference
E Mm	mm
$e \leq 12,5$	16
$12,5 < e \leq 25$	13
$25 < e$	10

16.7.3 Vertical tolerance

The maximum out of verticality of the top of the shell relative to the bottom of the shell shall not exceed 1/200 of the total height, or 50 mm, whichever is the lesser. The 1/200 tolerance shall apply to individual shell course heights.

Any settling of the tank noted during construction shall be recorded. Repairs of the foundation shall be carried out if uneven settling exceeds the values given in 16.2.

16.7.4 Tolerances on alignment of plates

16.7.4.1 Vertical joints

The misalignment of shell plates at vertical joints shall not exceed the values given in Table 26.

Table 26 — Misalignment at vertical joints

Shell plate thickness e mm	Misalignment Mm
$e \leq 8$	18 % of e
$8 < e \leq 15$	1,5
$15 < e \leq 30$	10 % of e
$30 < e$	3

16.7.4.2 Horizontal joints

When alignment between the neutral axes of plates is specified on the drawing, the deviation between the axes shall not exceed 20 % of the thickness of the upper plate, with a maximum of 3 mm.

In all cases, the internal diameter of the upper course shall be greater than, or equal to, the internal diameter of the lower course.

When alignment between the internal surface of the plates is specified on the drawing, the deviation between the surface of plates shall not exceed 20 % of the thickness of the upper plate, with a maximum of 3 mm.

16.7.5 Tolerances on shape of welded joints

A template shall be used to check the profile of welded joints.

Local deformation at the horizontal joints shall be checked using a 1 m straightedge with a cut-out for the weld.

Local deformation at vertical joints shall be checked using a 1 m long template shaped to the design profile of the tank with a cut-out for the weld.

The maximum tolerance between the design profile and the as-built profile shall be as given in Table 27.

Table 27 — Tolerances on shape of welded joints

Plate thickness E Mm	Tolerance mm
$e \leq 12,5$	10
$12,5 < e \leq 25$	8
$25 < e$	6

16.7.6 Primary and secondary stiffening rings (wind girders)

The primary and the secondary stiffening rings (wind girders) shall be welded onto the shell in accordance with a **9.3.1.11**.

The components of the primary and the secondary stiffening rings (wind girders) shall be assembled and joined together by full penetration butt welding.

When reinforcing plates or additional members for strengthening openings are used (see Figure 7), these shall be welded with a continuous weld at the corners and along each side.

These components shall be positioned on the shell to avoid the possibility of water retention.

16.8 Fixed roofs

16.8.1 General

Temporary supports, lifting lugs and cleats fitted to the tank crown or the roof and used for the installation of the roof, shall not cause damage or permanent deformation.

Whatever type of roof is to be assembled, the method of construction shall ensure full stability throughout the erection process.

16.8.2 Support framework

In the case of a roof containing a support framework, all necessary precautions to avoid the twisting of the support beams and the rotation of the structure as a whole by the use of anti-rotation stiffening shall be taken.

Welding of support framework elements, when required, shall be carried out by approved welders.

In the case of bolted assemblies, the bolted faces shall be smooth and clean. Tightening of bolts shall be carefully controlled.

16.8.3 Roof plates

When installing plates in lapped welded roofs, the welding faces shall be cleaned to remove all rust and paint, except in the case of prepainted plates where the protection was taken into account and included in the welding procedure qualification.

In order to avoid entrapment of condensation, the correct order of plate lapping shall be achieved ensuring that the lower plate is placed on top of the upper plate, unless otherwise specified (see A.1).

The fitting of plates shall be carried out in such a manner as to distribute the weights equally in order to avoid imbalance of the roof. Any temporary supports shall be left in place until the completion of the assembly.

When installing plates on butt welded roofs, the plates shall have their edges prepared to conform to the welding procedure to be used.

The roof plates as well as the shell plates in the compression area shown in Figure 8 shall be butt welded and shall be examined in the same manner as the shell welds. The connecting weld(s) between the vertical part and the roof part of this connection is a corner weld and may be made by fillet welds, where appropriate.

16.8.4 Roof plating and roof structure

Roof plating shall not be welded to the roof structure (see 10.3.2) unless specified (see A.1).

16.8.5 Frangible roofs

When frangibility of a fixed roof is required, Annex K shall apply.

16.9 Nozzles

Openings in the shell to accommodate nozzles shall be either machine or thermal cut. All thermal cut edges shall be ground.

The root gap between the nozzle and the edge of the cut plate shall be in accordance with the welding procedure used.

All reinforcing plates shall have at least one tapped hole for inspection purposes.

16.10 External attachments

Stairways, ladders and walkways installed on tanks shall be in accordance with 13.11.

All fillet welds shall be continuous to avoid corrosion areas.

During construction, the free movement of inter-connecting walkways (see 13.11.6) shall be ensured.

16.11 Internal attachments

All internal attachments shall be compatible with the product to be contained in the tank and shall be so designed and constructed as to avoid the possible retention of the product.

Where reinforcing plates are fitted to the bottom, they shall be welded to the bottom plate by continuous fillet welds.

16.12 Temporary attachments

16.12.1 Temporary access facilities where considered necessary shall be fitted.

As few assembly lugs as possible shall be used.

The welding of temporary attachments shall conform to 18.7.

16.12.2 When removing temporary attachments from shell plates, the attachment shall be left 3 mm to 6 mm proud of the plate surface or, alternatively, the securing weld shall be ground flush, taking care not to damage the parent plate ensuring no under-cutting of the plate surface occurs and the plate surface shall be inspected visually and by either the magnetic particle (see 19.6) or the dye penetrant (see 19.5) test method.

NOTE 1. Should under-cutting be present, reference should be made to EN 10163-3 for guidance on possible repair.

17 Approval of welding procedures and welders

17.1 General

All welding, including repair, tack or attachment welding, and all welders, shall be approved by welding and testing appropriate test pieces in accordance with 17.2 to 17.5.

In the case of pre-painted protection of the plates which may remain in place during the welding operation, the approval of the welding procedures shall be carried out on plates with this paint.

The following terms shall be as given in EN ISO 15607:2003, Clause 3:

- Preliminary Welding Procedure Specification (pWPS);
- Welding Procedure Specification (WPS); and
- Welding Procedure Approval Record (WPAR).

17.2 Welding procedure approval

17.2.1 General

If required by the purchaser, all WPSs and WPARs shall be submitted by the manufacturer and/or erector for acceptance.

Before undertaking the approval tests, the manufacturer and/or erector shall draw up a pWPS, which shall conform to EN ISO 15609-1.

The approval test pieces and their dimensions shall be in accordance with EN ISO 15614-1:2017, Clause 6.

17.2.2 Welding of test pieces

Test pieces shall be welded in accordance with EN ISO 15614-1:2017, 6.3.

17.2.3 Examination and testing of test pieces

17.2.3.1 The extent of examinations, location and NDE on the test pieces shall be in accordance with EN ISO 15614-1:2017, 7.1 to 7.3.

17.2.3.2 The destructive tests shall be performed in accordance with EN ISO 15614-1:2017, 7.4 with the following conditions:

- a) The joint tensile test shall fail in the plate material;
- b) Impact tests are not required for stainless steels;
- c) For carbon and carbon manganese steels, impact tests shall be carried out at the temperature determined from 6.1.6.

17.2.3.3 One set of three specimens shall be taken from the weld, and one set of three specimens from the HAZ. The minimum values of impact energy shall be 27 J on average, with only one smaller than 27 J, but not less than 19 J.

17.2.3.4 Where specified (depending on the product stored), the hardness in the weld and the HAZ of a carbon or carbon manganese steel test piece, produced in accordance with 17.3.1 shall be < 350 HV 10 (see EN ISO 6507).

17.3 Welding Procedure Approval Record (WPAR)

17.3.1 Preparation

WPAR's shall be prepared in accordance with EN ISO 15614-1:2017, Clause 9.

NOTE However, subject to agreement (A.2) existing WPAR's may be accepted if they have been approved in accordance with EN ISO 15614-1 or another standard, and when their scope conforms to 17.2, 17.3 and 17.4 of this document.

17.3.2 Range of approval

The range of approval of WPAR's shall be in accordance with EN ISO 15614-1:2017, Clause 8.

A test piece shall be produced for the welding of the first shell course to the bottom plate, and the range of approval shall be:

0,8 e to 1,1e

(22)

where

e is the thickness of the shell course.

17.4 Welders and welding operators approval

Welders shall be approved in accordance with EN ISO 9606-1.

Welding operators shall be approved in accordance with EN ISO 14732.

17.5 Production control test plates

17.5.1 Horizontal welds

Test plates shall not be required.

17.5.2 Vertical welds

17.5.2.1 One test plate per tank shall be produced when vertical welds are welded by an automatic or semi-automatic welding process, and the plate thickness exceeds 13 mm.

This test plate shall be produced during the welding of the bottom course V1, shall have a minimum dimensions in accordance with Figure 1 of EN ISO 15614-1:2017.

If the method of erection is such that the test plate cannot be placed at the end of a vertical weld, it shall be welded on a nearby bracket.

17.5.2.2 The following shall be performed on each test plate:

- NDE to locate the position of internal imperfections (see EN ISO 15614-1:2017, 7.1); and
- the mechanical test specimens shall be taken from an imperfection free area in accordance with EN ISO 15614-1:2017, 7.2 Figure 5, and 17.2.3 of this document, and the values specified in the WPS shall be obtained.

18 Welding

18.1 General

All welding, including repair, tack or attachment welding, shall be carried out in accordance with approved welding procedures, and shall be carried out by approved welders.

In addition to the requirements of Clause 17, the following welding-related rules, pertinent to the special conditions relating to site-built storage tanks, shall be observed.

All welding areas shall be clean and free from grease, paint, scale, etc. unless the paint is a weldable primer.

Welds shall be marked with the welders identification number for all work completed on a daily basis. This information shall be recorded on the master welding plan.

18.2 Welding sequences

The erector shall ensure by appropriate methods of assembly and welding sequences that distortion and shrinkage are kept to a minimum.

18.3 Welding of bottoms

18.3.1 Removal of coatings

Where a coating system is applied to the underside of bottom plates, it shall be removed in the area of the lap joints prior to welding.

18.3.2 Annular ring plates

All joints shall be full penetration butt welds (see 8.2.3).

Where backing strips are used, their removal should not be necessary, but a flexible layer shall be used on top of ring beam or raft foundations in order to minimize distortion.

18.3.3 Bottom plates

Joints shall be lapped and fillet welded, or full penetration butt welded (see 8.2.1 and 16.6).

Manual (111) and semi-automatic (114, 131, 135 and 136) (see EN ISO 4063) welding of fillet welds shall be with a minimum of two passes.

Where full penetration butt welded bottoms are used, the joining of backing strips to the bottom plate shall be agreed (see A.2).

18.4 Welding of shell to bottom

The edges of fillet welds shall not contain any unacceptable undercuts and the weld shape shall be in accordance with the requirements given in Table 32. This shall be checked using a template or other means.

18.5 Welding of shell

All vertical and horizontal joints shall be full penetration butt welds.

Excess weld metal exceeding 1 mm of the internal welds shall be removed by grinding.

Shell plates shall be centre line stacked unless otherwise agreed (see Annex A.2).

18.6 Welding of roof

Roof plates shall be fillet or butt welded as specified in 10.3.5 and 10.4.1.

Welds shall be leak tight and shall not have any excess weld metal or undercuts in excess of those specified in Table 32.

NOTE In the specific case where roof frangibility is required, see Annex K.

18.7 Temporary welds

Temporary welds used for the positioning of parts during assembly shall be made in full conformity to the approved welding procedures (see 17.1.2.)

The welding consumables shall be those specified in the approved welding procedures.

The preheating specified and used in the approved welding procedure shall also be applied to temporary welds.

18.8 Atmospheric conditions

When welding in moist weather conditions, the erector shall ensure the areas to be welded are dry. The drying temperature shall not be confused with the preheating temperature requirement.

When the parent metal temperature is below 5 °C, the material on both sides of the joint shall be warmed.

The welding stations shall be protected against excess ventilation due to wind or to chimney effects.

18.9 Preheating

When preheating is required, it shall encompass the whole thickness of the parts to be welded for a distance of four times the plate thickness or 75 mm, whichever is the greater, in any direction before welding begins.

Each welder or operator shall be capable of measuring the preheating temperature at all times.

18.10 Post-weld heat treatment

18.10.1 When post-weld heat treatment (PWHT) of carbon and carbon manganese steel sub-assemblies is required by 13.6.2, 13.9, 15.8.1, 15.8.4 and 15.9 (see Table 28), the procedures specified in 18.10.2 to 18.10.8 shall be applied.

Table 28 — Nozzles to be post-weld heat treated

Material grade	Shell plate thickness	Nozzle diameter
	<i>E</i> Mm	<i>d_i</i> mm
S275	≥ 25	> 300
S355	≥ 25	> 300
S420	≥ 20	All

18.10.2 The temperatures specified shall be the actual temperatures of any part of the assembly and shall be measured by thermocouples attached to the assembly,

The temperature from a sufficient number of points shall be recorded continuously and automatically to ensure that the whole assembly being heat treated is within the range specified.

18.10.3 The temperature of the furnace shall not exceed 400 °C at the time the assembly is placed in it.

18.10.4 The rate of heating T_h above 400 °C (in degrees Celsius per hour) shall be:

$$T_h \leq \frac{5500}{e} \text{ with a maximum rate of } 220 \text{ °C /h,} \quad (23)$$

where

e is the greatest shell plate thickness, in mm.

18.10.5 During the heating period, there shall be no variations in temperature throughout the assembly being heated greater than 150 °C within any 4 500 mm interval of length, and when at the holding temperature, the temperature throughout the assembly shall be within the range 550 °C to 600 °C.

18.10.6 During the heating and holding periods, the furnace atmosphere shall be so controlled as to avoid excessive oxidation of the surface. There shall be no direct impingement of the flame on the assembly.

18.10.7 When the assembly has attained a uniform temperature as specified in 18.10.5, the temperature shall be held constant for a period in minutes equal to e , the thickness in millimetres of the thickest plate, with a minimum of 30 minutes.

18.10.8 The assembly shall be cooled in the furnace to 400 °C at a rate of cooling T_c (in degrees Celsius per hour)

$$T_c \leq \frac{5500}{e} \text{ with a maximum rate of } 220 \text{ °C /h,} \quad (24)$$

where

e is the greatest shell plate thickness, in mm.

NOTE Below 400 °C, the assembly can be cooled in still air.

18.11 Repair welding

All defects in excess of the minimum requirement specified in 19.11 shall be removed by chipping, grinding or gouging one or both sides of the joint, as required, and rewelded using an approved welding procedure. Only sufficient cutting-out of the joints shall be done as is necessary to remove the defects.

All repairs carried out because of non-compliance with 19.11 shall be 100 % radiographically or ultrasonically examined unless the complete seam is removed and rewelded, in which case the original weld inspection percentage shall be followed.

Three subsequent repairs of shell plate welds in the same area lead to rejection of the plates.

19 Testing and inspection

19.1 General

All Non-Destructive Examinations and Tests (NDE & NDT) required by this document shall be the responsibility of the manufacturer or erector. They shall be carried out by a NDE unit or organization independent of the production departments of the manufacturer or erector as defined in 3.1.15

This independent NDE-unit or organization shall, as a minimum requirement, be a B-type of inspection unit as referenced in EN ISO/IEC 17020. (C-types of NDE-units or organizations are not allowed).

With the exception of the paragraph above, the erector shall have the authority to authorize a trained and experienced member of the erection staff to carry out the visual examination during erection. In this case, written authority shall be provided and attached to the reports.

Free access to the places of manufacture or erection at any stage of construction shall be given to the purchaser's inspectors in order that they can satisfy themselves of the quality of inspection being exercised and that the fabrication and erection instructions are being followed. As far as possible, these interventions shall be planned and carried out so as to avoid delaying or interfering with fabrication or erection.

19.2 Qualification of NDT personnel

NDT personnel shall possess a qualification corresponding at least to the level of work they are required to carry out. This qualification shall be certificated in accordance with EN ISO 9712.

The manufacturer/erector, or his chosen sub-contractor, shall prove the validity of the qualification of the NDT personnel.

In the case of sub-contracted NDT, the manufacturer/erector shall remain responsible to the purchaser.

19.3 Test procedures

For each of the test processes implemented, procedure documents describing the methods and techniques chosen for the test shall be supplied (see A.3).

Each procedure document shall indicate:

- d) scope of the procedure; and
- e) operational conditions:
 - type of equipment used;
 - type and characteristics of consumable products;
 - test parameters (duration, temperature, etc.);
 - conditions for reading the results (light, etc.);
 - safety rules applicable.

19.4 Type of inspections and examinations

19.4.1 Inspection of materials

It shall be the manufacturer's/erector's responsibility to ensure that products have been inspected in accordance with the material standards and any other specified requirements and that the results conform to the requirements of this document.

The material inspection documents shall be supplied before inspection begins on the construction site (see A.3). It shall be possible at all times for the inspector to identify all the materials used.

19.4.2 Examinations of edges to be welded and joint preparations

All edges to be welded, and all joint preparations, shall be visually examined to EN ISO 17637.

Visual examinations are intended to detect the presence of any imperfection on the plate edges, and to ensure the quality of assembly. They shall include verification of the geometry of the preparation made (distance between plates, chamfers, alignment or local deformations, etc.) and the cleanliness of the parts to be welded. Areas to be covered include bottom, bottom to shell, shell plates, roof to shell, roof, nozzles, framed roof, stiffening rings (wind girders) and stiffening members.

When laminations are visually detected in carbon and carbon manganese steel plates for shell, roof, bottom (including bottom annular plates) and nozzles (see below), the manufacturer shall ultrasonically test the area to determine the extent of the lamination and shall reject the plate or make repairs in accordance with the following paragraph.

For laminations found not exceeding 75 mm in length or 25 mm in depth, repairs may be made by edge gouging and rewelding to seal the lamination. The Manufacturer shall submit the edge repair procedure for Purchaser acceptance prior to the start of fabrication. For laminations exceeding these limits, the Manufacturer shall either reject the plate or repair the plate by entirely removing the lamination.

Before making such repairs the Manufacturer shall document the extent of the lamination and submit a case-specific repair procedure for Purchaser approval.

When shell nozzles are manufactured from carbon and carbon manganese steel plate of thickness > 20 mm, an ultrasonic examination for laminations in the nozzle plate shall be made in the region of the nozzle to shell weld, over an area of width 2,5 times the thickness of the plate into which the nozzle will be welded. This examination shall not be necessary if forgings are used for the nozzles.

19.4.3 Visual examination during fabrication and erection

A visual examination shall be conducted according to EN ISO 17637 to check weld runs, shapes and dimensions, and to detect surface imperfections, both on welds and on the plates, nozzles and all accessories on the tank.

It shall precede any other non-destructive examination or test.

19.4.4 Type and extent of examination and test of welds

The type and extent of examination of welds shall depend on the type of assembly, its location and the materials used, and shall be to Table 29, complimented by Tables 30 and 31.

The positions shall be chosen by the inspector.

Table 29 — Type and extent of weld examinations and tests for carbon, carbon manganese and stainless steel

Part of tank	Type of assembly	Visual examination	Vacuum box test	Dye penetrant test	Magnetic particle examination	Soap bubble examination	Radiography (19.9) or Ultrasonic examination
		(19.4) %	(19.5) %	(19.6) %	(19.7) %	(19.8) %	(19.10) %
Bottom plates	Butt weld ^b	100 ^e	100 ^h				
	Fillet weld	100 ^h	100 ^h				
Bottom annular plates	Radial joint butt weld	100 ^e	100 ^h	100 ^j			^c and ^d
Bottom to shell	Fillet weld	100 ^e	100 ^{h,k} or 100 ^{e,k} or 100 ^e		100 ^e and 100 ^o	100 ^{e,i}	
Shell and top curb angles	Butt weld	100 ^e	100 ^m				Tables 30 and 31
Roof to shell	Fillet weld	100 ⁿ		100 ⁿ or 100 ⁿ		100 ^o	
	Butt weld ^p	100 ^e		100 ^e or 100 ^e		100 ^o	
Roof	Fillet weld	100 ^q	100 ^r or 100 ^q		100 ^o		
	Butt weld	100 ^e	100 ^r or 100 ^e		100 ^o		

^a Not used

^b Includes welds shown in section Z-Z Figure 4 .

^c Radiographic examination with one 400 mm full length film from the outer edge of the annular plate, or ultrasonic examination over the full length, one joint in four.

^d For steel with yield strength ≥ 355 N/mm² and thickness > 10 mm, radiographic examination with one 400 mm full length film from the outer edge of the annular plate, or ultrasonic examination over the full length, one joint in two.

^e On both sides.

^f Not used.

^g Not used.

^h Inner side only.

ⁱ See 19.8.3: Mandatory for shell plate thicknesses > 30 mm; Optional for shell plate thicknesses ≤ 30 mm.

^j Only applicable to stainless steel tanks with butt welded annular plates on which backing strips are to remain.

^k To be applied on the first root pass as well as on the final weld.

^m To be applied for horizontal and vertical shell welds above the hydrostatic test water level.

ⁿ For roof-to-shell connection acc. to figure 8 a: both sides, otherwise outside only.

^o Applicable for low- and high pressure tanks (see 19.8.2 and 19.13.3).

^p Applicable for types of roof acc. to 10.2.1.d.

^q On both sides when double fillet welds are applied; otherwise outside only.

^r On outside only.

Table 29 — Type and extent of weld examinations and tests for carbon, carbon manganese and stainless steel (continued)

Part of tank	Type of assembly	Visual examination	Vacuum box test	Dye Penetrant test	Magnetic particle examination	Soap bubble examination	Radiography (19.9) or Ultrasonic examination
		(19.4) %	(19.5) %	(19.6) %	(19.7) %	(19.8) %	(19.10) %
Nozzles in shell or	Longitudinal weld	100 ^t					100
	Weld neck flange to pipe $d_n \geq 100$ mm	100 ^t					10
	Weld neck flange to pipe $d_n < 100$ mm	100 ^{s, t}		100 ^s and ^t or 100 ^s and ^t			
	Slip on flange to pipe fillet weld	100 ^t		100 ^t	or 100 ^t		
Nozzle to shell or insert and nozzle with reinforcing plate	Nozzle to shell or insert weld	100 ^t		100	or 100		
	Nozzle to reinforcing plate	100 ^t		100	or 100		
	Reinforcing plate to shell	100 ^t				100	
	Insert plate to shell	100 ^e					100

^s One side.

^t After post-weld heat treatment of sub-assembly, if required (PWHT is only valid to carbon and carbon manganese steels).

Table 29 — Type and extent of weld examinations and tests for carbon, carbon manganese and stainless steel (concluded)

Part of tank	Type of assembly	Visual examination (19.4) %	Vacuum box test (19.5) %	Dye penetrant test (19.6) %	Magnetic particle examination (19.7) %	Soap bubble examination (19.8) %	Radiography (19.9) or Ultrasonic examination (19.10) %
Clean out door nozzle flush with bottom plate	Butt weld on bottom (section D-D, figure 0.1 thru 0.4)	100 ^u					100
	Groove weld section B-B, figure 0.3 and 0.4	100 ^u		100 ^v or 100 ^v			
	Fillet weld between reinforcing plate or insert plate to bottom	100 ^u		100 ^v or 100 ^v			
	All other welds (section A-A, figures 0.1 thru 0.4)	100 ^u		100 ^u or 100 ^u			
Nozzle in roof	Longitudinal weld	100				100 ^o	
	Weld neck flange to pipe butt weld	100				100 ^o	
	Slip on flange to pipe fillet weld	100				100 ^o and r	
	Nozzle to roof fillet weld	100		100 ^w or 100 ^w		100 ^o	
	Nozzle to reinforcing plate fillet weld	100		100 ^w or 100 ^w		100 ^o	
	Reinforcing plate to roof fillet weld	100		100 ^w or 100 ^w		100 ^o	
Temporary bracket	Plate area after removal of the bracket	100		100 or 100			
Permanent bracket	Fillet weld	100		100 or 100			

Part of tank	Type of assembly	Visual examination (19.4) %	Vacuum box test (19.5) %	Dye penetrant test (19.6) %	Magnetic particle examination (19.7) %	Soap bubble examination (19.8) %	Radiography (19.9) or Ultrasonic examination (19.10) %
and pad plates							
Stiffening rings (Wind girders)	Main butt welds in stiffening rings	100		100 or 100			
	Fillet welds to shell	100		100 or 100			
<p>^u After post-weld heat treatment of sub-assembly (PWHT is only valid for carbon and carbon manganese steels)</p> <p>^v After first pass (before PWHT) and after completion of weld (after PWHT). PWHT is only valid for carbon and carbon manganese steels).</p> <p>^w Applicable only for non-pressure tanks</p> <p>^k Not used</p> <p>NOTE see also 19.14 for the required test to a drain pipe nozzle weld to the bottom plates (if installed)</p>							

Table 30 — Extent of radiographic and ultrasonic examination of welds to carbon and carbon manganese steel shell plates

Plate		Type of examination	Welds			
Yield strength N/mm ²	Thickness <i>e</i> Mm		V1 ¹⁾ %	Vr ²⁾ %	T-joint % ³⁾	Horizontal % ⁶⁾
< 355	≤ 13	Radiographic (19.9)	5	1	25 ⁵⁾	1
	> 13 to 30	Radiographic (19.9) or Ultrasonic (19.10)	10	5	50 ⁵⁾	2
	> 30	Radiography (19.9) or Ultrasonic (19.10)	20	10	100	2
≥ 355	≤ 13	Radiographic (19.9)	10	5	25 ⁵⁾	1
	> 13 to 30	Radiographic (19.9) or Ultrasonic (19.10)	20	10	50 ⁵⁾	2
	> 30	Radiographic (19.9) or Ultrasonic (19.10)	50	20	100	5

1) V1 is the total length of the vertical welds in the first shell course (bottom course).

2) Vr is the total length of the vertical welds in the remaining courses for each plate thickness.

3) 50 % of these percentages taken with a 400 mm film positioned horizontally and 50 % with a film positioned vertically.

4) Not used.

5) with at least 2 T-joints in the first shell course

6) for each plate thickness

NOTE 1 In addition to these examinations, there shall be at least one examination as follows :

- a) For each welding process on the first vertical/horizontal joint ;
- b) For each welder or welding operator ;
- c) At the changeover from manual to automatic welding (vertical start V1).

NOTE 2 Where radiography is used, a single film may cover more than one of these checks.

Table 31 — Extent of radiographic examination and penetrant testing of welds to stainless steel shell plates

Plate thickness <i>e</i> mm	Type of Examination Or Test	Welds			
		V1 ¹⁾ %	Vr ²⁾ %	T-joint ⁵⁾ % ³⁾	Horizontal ⁶⁾ %
≤ 8	Radiographic	1	1	1	1
> 8 to 13	Radiographic	5	1	5	1
> 13	Radiographic	5	2	10	2
All thickness	Penetrant	10	10	10	10

¹⁾ V1 is the total length of the vertical welds in the first shell course (bottom course).
²⁾ Vr is the total length of the vertical welds in the remaining courses for each plate thickness.
³⁾ 50 % of these percentages taken with a 400 mm film positioned horizontally and 50 % with a film positioned vertically.
⁴⁾ Not used.
⁵⁾ with at least 2 T-joints in the first shell course
⁶⁾ for each plate thickness
 NOTE 1 In addition to these examinations, there shall be at least one examination as follows :
 a) For each welding process on the first vertical/horizontal joint ;
 b) For each welder or welding operator ;
 c) At the changeover from manual to automatic welding (vertical start V1).
 NOTE 2 Where radiography is used, a single film may cover more than one of these checks.

19.4.5 Additional examinations if imperfections are found

19.4.5.1 General

If imperfections outside the acceptable limits are found, additional examinations shall be conducted.

19.4.5.2 Automatic or semi-automatic welding

One further film shall be taken, or 1 m of ultrasonic examination shall be carried out, each side of the original area, see Figure 19.

If one of these additional films or ultrasonic examinations is rejected, then there shall be a total examination of the day's production by the machine in question.

19.4.5.3 Manual welding

One further film shall be taken, or 1 m of ultrasonic examination shall be carried out, each side of the original area, see Figure 19.

If one of these additional films or ultrasonic examinations is rejected, then there shall be a total examination of the day's production by the welder in question.

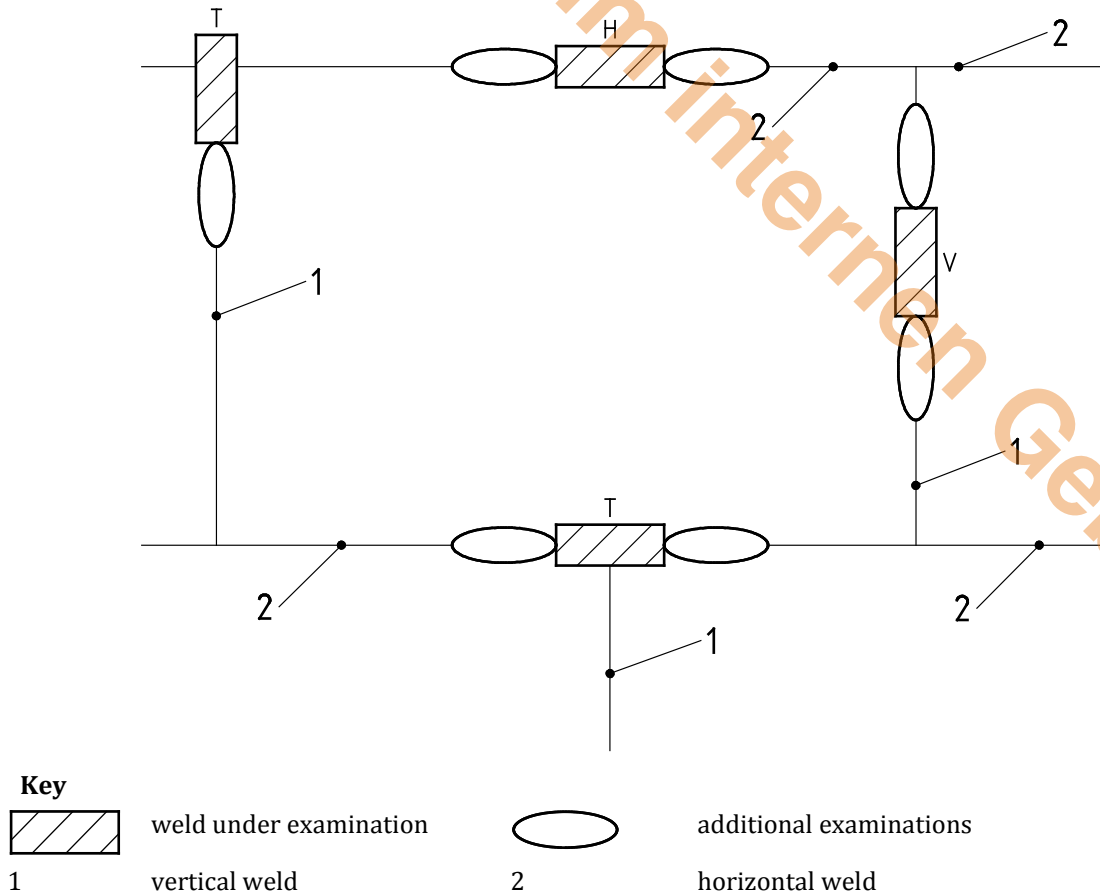


Figure 23 — Additional examinations of defective welds

19.5 Vacuum box test

Testing of the welds between the bottom plates shall be carried out using a vacuum box in accordance with EN 1593 and soapy water.

The plates shall be clean and the welds shall be degreased and free of any slag or scale which might affect the quality of the test.

The vacuum box shall be of a size and shape appropriate to the test.

The pumping system used shall guarantee a minimum pressure of -300 mbar (-30 kPa) gauge.

The soapy water used shall have:

- high wetting power;
- low viscosity;
- low surface tension; and
- high foaming power.

19.6 Penetrant test

A penetrant test shall be conducted in accordance with EN ISO 3452-1.

All penetrant products used during a particular test shall be compatible.

The manufacturer/erector shall ensure that there is no risk of the products contaminating the items being tested and products which are to be stored.

The manufacturer/erector shall be in possession of all the necessary elements from the makers of the test products to enable them to establish procedures defining the working methods for the test and detection of any imperfections.

The surface quality required to enable correct interpretations to be made shall be specified.

19.7 Magnetic particle examination

The magnetic particle examination shall be conducted in accordance with EN ISO 17638.

The method of magnetization used shall not involve feeding current into the part. A movable electromagnet with which the inspected part forms a closed magnetic circuit shall be employed.

The procedure and equipment used in the examination, and the methods used in the search for and elimination of defects shall be specified in a document available to the purchaser or the inspector.

The procedure shall indicate the surface quality required to an enable correct interpretation to be made.

NOTE Dry powder should be avoided on un-machined surfaces.

19.8 Soap bubble examination

19.8.1 Reinforcement plates

After suitable wetting of the reinforcement plate welds with soapy water specified in 19.5, air at a pressure of 1 bar (100kPa) gauge shall be introduced through the threaded/tapped hole provided for this purpose.

The holding time shall be not less than 30 seconds.

After the examination, the threaded hole shall be sealed.

19.8.2 Fixed roof, roof nozzles and roof to shell

During the pneumatic pressure test of the roof (only applicable for low- and high pressure tanks), the external fillet welds shall be wetted with soapy water specified in 19.5.

The pressure shall be maintained during the examination.

19.8.3 Shell to bottom with double fillet weld

For shell plates with a thickness greater than 30 mm, welded with double fillet welds to the bottom, air at a pressure of 300 mbar (30 kPa) gauge shall be introduced into the space between the fillet welds, and shall be maintained during the examination. To ensure that the air pressure reaches all parts of the welds, a seal blockage in the annular passage between the inside and outside welds shall be provided by welding at one or more points. Additionally, a small pipe coupling communicating with the volume between the welds shall be connected at one end and the pressure gage connected to a coupling on the other end of the segment under test.

Soapy water specified in 19.5 shall be applied by brush or spray to the welds.

After the examination, the threaded holes, provided to connect the coupling of the air inlet and the pressure gage, shall be sealed by welding and followed up by dye penetrant test (see 19.6) or magnetic particle inspection (see 19.7).

19.9 Radiographic examination

19.9.1 General procedure

A radiographic examination shall be conducted in accordance with EN ISO 17636-1 and EN ISO 17636-2.

The manufacturer/erector and his qualified personnel shall abide by the current safety regulations when conducting radiographic examinations at the works and on the erection site.

The radiation source shall be subject to agreement (see A.2) and/or inspection organization, and shall depend on the thicknesses and areas of material to be examined.

The radiographic technique used for examination of welds in carbon and carbon manganese steels shall be in accordance with EN ISO 5579.

For carbon and carbon manganese steels with yield strength $< 355 \text{ N/mm}^2$, the radiographic class A may be used.

For carbon and carbon manganese steels with yield strength $\geq 355 \text{ N/mm}^2$, the radiographic class shall be B.

The length of a radiographic film shall be 400 mm. The use of narrow films shall be allowed provided a strip of 10 mm of base metal, free of any film marking inscription, is visible at either side of the weld bead.

The Image Quality Indicator (IQI) shall be in accordance with EN ISO 19232-1 and EN ISO 19232-2.

The films of the weld shall be marked with care. The identifying marks and positions shall be shown on a drawing, along with the identity of the welders and weld operators involved. Each film shall be marked with the tank reference and its position on the tank.

NOTE For a weld made in several passes by different welders, it is usually acceptable for one radiograph taken at any point to serve as a control for all welders involved.

19.9.2 Storage of films

Films shall be kept for interpretation for a minimum period of 5 years either by the manufacturer/erector or by the purchaser, as specified in the order.

19.10 Ultrasonic examination

The ultrasonic examination shall be conducted in accordance with EN ISO 17640. For acceptance levels see EN ISO 11666. For characterisation of indications in welds (see EN ISO 17635).

For butt welds the time of flight diffraction (TOFD) or phased array techniques in accordance with EN ISO 10863 and EN ISO 16828 may be used. For acceptance levels see EN 15617.

19.11 Acceptance criteria (other than for ultrasonic inspections - see 19.10)

19.11.1 Imperfection acceptance criteria

The imperfection acceptance criteria for various parts of the tank shall be in accordance with Table 32.

The designations of imperfections given in EN ISO 6520-1 shall be used.

Areas found to be outside these limits shall be repaired in accordance with 18.11.

Table 32 — Imperfection acceptance criteria

EN ISO 6520 Reference number	Imperfection designation	Welds	Limits of imperfections
100	Cracks	All	Not permitted
101	Longitudinal crack		
102	Transverse crack		
104	Crater cracks	All	Not permitted
2011 2012	Gas pore	Butt welds in shell Shell to bottom welds Shell and bottom nozzle welds	\bar{z} Porosity area $\leq 1\%$ Single pore - butt weld $d \leq 0,3 s$ Single pore - fillet weld $d \leq 0,3 a$ With d maximum 3 mm
	Uniformly distributed porosity	Roof and roof structure Roof nozzles	\bar{z} Porosity area $\leq 2\%$ Single pore - butt weld $d \leq 0,4 s$ Single pore - fillet weld $d \leq 0,4 a$ With d maximum 4 mm
2013	Localised (Clustered) porosity	Butt welds in shell Shell to bottom welds Shell and bottom nozzle welds	\bar{z} Porosity area $\leq 4\%$ Single pore - butt weld $d \leq 0,3 s$ Single pore - fillet weld $d \leq 0,3 a$ With d maximum 2 mm
		Roof and roof structure Roof nozzles	\bar{z} Porosity area $\leq 8\%$ Single pore - butt weld $d \leq 0,4 s$ Single pore - fillet weld $d \leq 0,4 a$ With d maximum 3 mm
2015	Elongated cavity	Butt welds in shell Shell to bottom welds Shell and bottom nozzle welds	Long imperfections not permitted Short imperfections - butt weld $h \leq 0,3 s$ Short imperfections - fillet weld $h \leq 0,3 a$ With h maximum 2 mm
2016	Worm-hole	Roof and roof structure Roof nozzles	Long imperfections not permitted Short imperfections - butt weld $h \leq 0,4 s$ Short imperfections - fillet weld $h \leq 0,4 a$ With h maximum 3 mm
2017	Surface pore	All	Single pore - butt weld $d \leq 0,3 s$ Single pore - fillet weld $d \leq 0,3 a$ With d maximum 3 mm
2024	Crater pipe	All	Not permitted

EN ISO 6520 Reference number	Imperfection designation	Welds	Limits of imperfections
300	Solid inclusion	Butt welds in shell Shell to bottom welds Shell and bottom nozzle welds	Long imperfections not permitted Short imperfections - butt weld $h \leq 0,3 s$ Short imperfections - fillet weld $h \leq 0,3 a$ With h maximum 2 mm
		Roof and roof structure Roof nozzles	Long imperfections not permitted Short imperfections - butt weld $h \leq 0,4 s$ Short imperfections - fillet weld $h \leq 0,4 a$ With h maximum 3 mm
3041	Tungsten inclusion	All	Not permitted
3042	Copper inclusion		
401	Lack of fusion	All	Not permitted
402	Lack of penetration (incomplete penetration)	Butt welds in shell Butt welds in stiffening rings	Not permitted
		Shell nozzles	Long imperfections not permitted Short imperfections $h \leq 0,1 s$, max 1,5 mm
-	Bad fit-up, fillet welds	All	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$, maximum 3 mm
5011	Continuous undercut	All	Not permitted
5012	Intermittent undercut	All	10 % of e with 0,5 mm max for vertical welds 10 % of e with 1 mm max for horizontal welds. Smooth transition is required.
5013	Shrinkage groove		
502	Excess weld metal	Internal weld of shell with floating roof or floating cover	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, maximum 5 mm
		Other welds	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, maximum 7 mm
503	Excessive convexity	Nozzles on shell	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, maximum 3 mm
		Shell on bottom	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, maximum 3 mm
		Other welds	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, maximum 4 mm
-	Fillet weld having a throat	Nozzles on shell	Not permitted

EN ISO 6520 Reference number	Imperfection designation	Welds	Limits of imperfections
	thickness smaller than the nominal value	Shell on bottom	Not permitted
		Other welds	Long imperfections not permitted Short imperfections $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ maximum 1 mm
504	Excessive penetration	All	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$, maximum 3 mm
506	Overlap	All Shell	Not permitted See 16.1.6 and 16.7
507	Linear misalignment	Butt welds in nozzles	$h \leq 0,5 e$, maximum 2 mm
		Structural steelwork	$h \leq 0,15 e$, maximum 4 mm
509 511	Sagging Incompletely filled groove	All	Long imperfections not permitted Short imperfections $h \leq 0,1 e$ max 1 mm
512	Excessive asymmetry of fillet welds	All	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$
515	Root concavity	All	10 % of e with 1 mm maximum
516	Root porosity	All	Not permitted
517	Poor restart	All	Not permitted
601	Stray flash or arc strike	All	Not permitted on stainless steel or carbon steel with yield strength $\geq 355 \text{ N/mm}^2$
602	Spatter	All	Shall be removed (see Annex R)
603	Torn surface		Not permitted
604	Grinding mark		See 19.11.2
605	Chipping mark		See 19.11.2
606	Underflushing		See 19.11.2
a : nominal fillet weld throat thickness		b : width of weld reinforcement	
d : diameter of pore		e : thickness of parent metal	
h : dimension (width or height) of imperfection		l : length of imperfection	

EN ISO 6520 Reference number	Imperfection designation	Welds	Limits of imperfections
s : nominal butt weld thickness or, in the case of partial penetration, the prescribed depth of penetration.			
\bar{z} : summation of projected area			
Long imperfections: one or more imperfections of total length greater than 25 mm in any 100 mm length of the weld, or a minimum of 25 % of the weld length for a weld shorter than 100 mm.			
Short imperfections: one or more imperfections of total length not greater than 25 mm in any 100 mm length weld, or a minimum of 25 % of the weld length for a weld shorter than 100 mm.			
Intermittent undercuts are defined as the sum of the undercuts shall not exceed 200 mm in any 2 m on one edge.			

19.11.2 Acceptable thinning after grinding

19.12 Any reduction in thickness due to grinding below that defined in 6.1.8. shall not be permitted.

19.13 Dimensional check

In addition to the checks in the workshop on the internal dimensions of prefabricated parts and the checks requested under 16.6, 16.7 and 16.8, the erector or inspector shall check, as a minimum, the following items and ensure they comply with specified requirements :

- general orientations of the tank;
- main dimensions of the tank;
- slope of the roof;
- positions of the nozzles (orientation, tilt, etc.);
- seal faces of the flanges;
- verticality of the level tube when fitted;
- location and conformity of accessories for fitting safety devices; and
- curvature of the wall and the absence of any flat area.

19.14 Hydrostatic and pneumatic tests

19.14.1 General

All tanks shall undergo a hydrostatic test.

Apart from exceptional cases subject to agreement between the purchaser and the erector (see A.2), water shall be used for the hydrostatic test.

The hydrostatic test shall not be carried out until all welding has been completed and all welded accessories to the shell and the bottom of the tank are in place.

Unless otherwise agreed (see A.2), testing shall be carried out prior to painting.

19.14.2 Hydrostatic test liquid level

For all tanks, the hydrostatic test liquid level shall be equal to the design liquid levels specified in 9.1.3 and 9.2.1.

19.14.3 Pneumatic test pressure

For fixed roof tanks, the pneumatic test pressure applied to the vapour space during the hydrostatic test shall be p^t as given in 9.2.2.

This shall not apply to tanks with free vents.

19.14.4 Conditions of implementation

Before the start of the test, the tank shall be cleaned, any spatter and slag removed from the welds, and all materials, objects or temporary installations used during its construction shall be removed.

For the tests, the erector shall install, on the roof or on one of the roof nozzles, a safety system of sufficient capacity in order that the excess pressures and negative pressures do not exceed those calculated and used in the design of the tank. A water column gauge shall be installed on the tank roof.

Clean water shall be used to perform the test.

Where it is impractical to use clean water, alternative water shall only be used with the agreement of the purchaser (see A.2).

In all cases, the use of brackish or sea water shall be kept to a minimum and arrangements shall be made for rinsing with clean water after the test.

In the case of carbon or carbon manganese steel tanks where water contact exceeds 14 days, including filling and draining consider adding an oxygen scavenger and a biocide, and raise the pH by the addition of caustic.

In the case of a stainless steel tank, or a tank with stainless steel components (e.g. floating cover), the quality of the water shall be checked and the chloride ion content (Cl-) shall not exceed 0,0025 %.

For carbon, carbon manganese steel tanks, the tank metal temperature during hydrostatic testing shall not be colder than the minimum design metal temperature in accordance with Table 4, as long as the water is prevented from freezing. The manufacturer shall be responsible for heating the test water, if heating is required,

19.14.5 Examination during filling

19.14.5.1 Peripheral level check

Before filling, in order to check for any settlement or movement of the foundation during the test, the erector shall place the following markers on the outer surface of the tank:

- four markers for tanks with a diameter ≤ 6 m; and
- eight markers for tanks with a diameter between 6 m and 36 m.

For tanks having diameters exceeding 36 m, the maximum distance between markers shall not exceed 10 m along the circumference.

Where the settlement of the foundation is not known, the erector shall use markers which remain visible after the tank is painted.

The heights of these markers relative to a fixed datum shall be noted before filling begins and, thereafter, as often as necessary, but not less than when the tank is half full, three quarters full, and full.

19.14.5.2 Bottom surface level survey

Before filling, the erector shall survey and record the contour of the tank bottom in order to determine any deformation that might occur due to the weight of the water. The dimensions shall be obtained either by a surface survey taking for a reference a fixed exterior point, or by dimensions taken with respect to nozzles on the roof used to that effect.

In addition, in order to check for any settlement or movement of the foundation during the test, the erector shall survey the level of the bottom before the hydrostatic test at the following locations:

- for tanks with diameter ≤ 10 m, on 3 radii at 0° , 120° and 240° , the level survey shall be carried out at the one third and two thirds of the way along each radius and at the centre;
- for tanks with diameter > 10 m, on 6 radii at 0° , 60° , 120° , 180° , 240° and 300° , the level survey shall be carried out at the one third and two thirds of the way along each radius and at the centre.

19.14.6 Filling

The rate of filling, the hold time and the rate of emptying shall be subject to agreement (see A.2) between the erector and the purchaser and shall take into consideration the tank dimensions, the venting capacity, the ground conditions, the geotechnical survey and the availability of water.

The full water load shall be maintained for at least 24 hours, and during the test the erector shall carry out a visual inspection of the welds and verify the shape of the tank.

Should a leak be discovered, the water level shall be lowered to approximately 300 mm below the location of the imperfection before repairs are carried out.

After repairing and testing to the original requirements, the water level shall be returned to the original test level.

While the load is maintained, level checks shall be carried out at least every 12 hours, and for tanks with an anchorage system, these shall be adjusted.

There shall be no significant subsidence of the foundation, nor of the shell, beyond those predicted in the designs.

When settlement increments with water level at the test level are less than 1 mm/day, the water test may be considered to be complete and water can start to be withdrawn,

19.14.7 Checking and pneumatic testing of roof (valid for all types of fixed roof tanks).

NOTE 1 See 19.13.3.

The following shall be carried out during the hydrostatic test of the tank.

All seams in the shell and roof above the test water level shall be inspected.

All the openings shall be closed and, for this test only, the safety valves shall be set up to the maximum over pressure specified in 19.13.3.

NOTE 2 It might be necessary to supply appropriate safety valves for the test, especially when non-pressure tanks are to be tested.

The air pressure shall be increased to the test pressure given in 19.13.3, and for column supported roofs, the test pressure shall be limited to a pressure equivalent to the roof plate weight.

The over pressure shall be maintained for the duration of the soapy water test which shall not commence for at least 30 minutes after the over pressure is achieved.

For tanks with a design pressure greater than 10 mbar, the test pressure shall be held for 15 minutes, and then reduced to the design pressure before personnel go on the roof to conduct the soapy water test. The design pressure shall be maintained for the duration of this test. The pressure gauge shall be readable from ground level.

Soapy water of the type used for vacuum box examination (see 19.5) shall be applied by brush or spray to all welds specified in Table 29.

Any welds where leakage is detected shall be repaired.

Weld repairs shall not be carried out while the roof is under pressure.

The repairs shall be examined by a vacuum box examination in accordance with 19.5, where appropriate, otherwise a re-test of the pneumatic test shall be performed.

Where tanks cannot be pressurized to detect leaks, the soundness of the welds shall be determined by the use of a vacuum box leak examination in accordance with 19.5.

NOTE 3 Attention is drawn to the need for careful control and monitoring of pressures during this testing. Climatic changes can cause sharp fluctuations in test pressure and provision should be made for the safe relief of pressure or vacuum in the event of such fluctuations.

19.14.8 Test for tank stability under negative pressure (vacuum test)

After the liquid level in the tank has been lowered to 1 m above the top of the draw-off nozzle, the tank stability under negative pressure (depressurization) shall be tested.

All the openings shall be sealed off except for the negative pressure safety valve (pressure/vacuum) and the water level shall be reduced at a rate not exceeding the design pumping-out rate, until the value required by 5.1 is obtained.

19.15 Empty checks

When all the tests have been concluded, the tank shall be emptied at a rate not exceeding the design pumping-out rate, cleaned and dried as required.

The erector shall check the level of the bottom, and compare these levels with those noted before filling began. (see 19.13.5.2)

In the case of a drain pipe fitted under the bottom, after the tank has been dried, the erector shall examine the drain pipe nozzle weld to the bottom plates by 100 % visual inspection plus 100 % penetrant test or magnetic particle examination.

19.16 Accessories

19.16.1 External accessories

The examinations of the accessories (see 13.11 to 13.16) shall be concerned with the quality of the welds and the integrity of the accessories as appropriate.

Welded supports shall be examined, to ensure all welds are as per design drawings.

The quality and tightness of the bolted assemblies shall be examined to ensure that the walkways between adjacent tanks can move freely.

The earth connections shall be examined to ensure correct tightening and protection.

19.16.2 Internal accessories

In addition to the verification of the positions of the accessories (piping, supports, reinforcements, etc.), the quality of the welds (absence of undercuts, of underthickness, etc.) shall be examined to ensure it conforms to the design requirements. Care shall be taken with the installation of the internal accessories to ensure no unwanted product retention areas are created.

20 Documentation and name-plate

20.1 Documentation

Using, as a minimum, the list in Table 33, the purchaser shall indicate the documents required, and/or those to be examined.

NOTE The term “documentation” refers to all documents generated by the manufacturer, erector and inspection organization.

The documents shall be identified in such a way that they make it possible to trace all products and operations back to the order for which they were issued.

Table 33 — List of documents

Documents	Required	Examined	Observations
Design calculations.			
Drawings: Layout drawing; General arrangement drawing; Detail drawings. Roof, Shell, Bottom: nozzles and accessories. welding detail drawings Fixed roof: framework. roof plates vents detail drawings Floating roof: nozzles, corner plates, walkways stairways and guard rails. Floating cover. Seal. Detail and anchor bolt arrangement drawings			
Suppliers inspection documents, including material certificates:			

Documents	Required	Examined	Observations
plates; tubes; flanges; welding consumables; venting devices etc.			
Welding documents:			
pWPS; WPAR; Approval of welding personnel; PWHT; Welding and welders reference drawing.			
Examination and testing documents:			
Approval of NDT personnel; Examination and/or test procedures; Visual examination and dimensional report: Diameter Verticality Dye penetrant test report; Magnetic particle examination report; Radiographic examination report, location plan; Ultrasonic examination report, location plan; Bottom weld tightness examination report; Report on pneumatic testing of the reinforcements; Bottom level reading report; Shell level reading report; Water quality analysis report (for stainless steel tank); Tank hydrostatic test report; Tank pneumatic test report Geometrical foundation report.			

Documents	Required	Examined	Observations
Heating or cooling system:			
Design calculations; Drawings; Material certificates; Pressure test report.			
Safety Systems			

20.2 Name-plate

A name-plate giving, as a minimum, the following information shall be fixed to the name-plate support provided for this purpose for each tank:

- manufacturer's company's name;
- design standard (EN 14015: year of publication of any revision used);
- year of manufacture;
- tank identification mark;
- tank diameter, in m;
- tank shell height in m;
- tank roof type;
- product design density, in kg/l;
- design internal pressure, in mbar (g);
- test pressure in mbar (g);
- design internal negative pressure, in mbar (g);
- design temperature (min/max), in °C;
- maximum design liquid level, in m;
- hydrostatic test level in m; and
- gross storage capacity, in m³.

On tanks fitted with a fixed heating or cooling circuit (see Annex P), an additional name-plate shall be fitted to the inlet or outlet connection of the circuit giving as a minimum:

- manufacturer's company's name;
- item identification mark;
- design standard;

- heat exchange area, in m²;
- gross volume, in m³;
- type of heat transfer medium;
- design internal pressure, in bar (g);
- design external pressure in bar (g);
- design internal negative pressure in bar(g)
- design temperature (min/max) , in °C.

Nur zum internen Gebrauch

Annex A
(normative)

Information and requirements to be documented

A.1 Information to be supplied by the purchaser

The following information to be supplied by the purchaser shall be fully documented, where applicable:

- design pressure and the design internal negative pressure (see 5.1 and Table 3);
- stainless steel grade, (see 6.2.1.2);
- requirements for the surface finish of stainless steel (6.2.1.4);
- requirement for design and fabrication of heating coils (6.2.5.5);
- requirement to hot dip galvanised anchors and structural bolts (6.2.7);
- when required, the value of the seismic load including the vertical and horizontal accelerations to be used in the design (see 7.2.11);
- bottom type if not single (see 8.2.1);
- gradient of the bottom (see 8.2.1);
- bottom, if not lap welded, is to be butt welded (see 8.4.1);
- whether the underside welds of stiffening rings is to be continuous or intermittent (see 9.3.1.11);
- roof slope of a self-supporting cone roof, the radius of curvature of a dome roof and the roof slope of a column supported roof, if different to that specified in 10.2.2;
- side of the roof that is welded and the size of the overlap (see 10.3.5);
- venting requirements (see 10.6.1);
- emergency pressure relief is not to be included (see 10.6.2);
- provision of internal floating roofs (see 10.7);
- provision of floating roofs and floating roof seals (see 11);
- amount of product to be always present in the tank (see 12.1);
- roof manhole cover (see 13.3.1);
- drilling of flanges (see 13.8);
- datum height for the foundation and it's permissible variation (see 16.2.2);

- underside protection of bottom plates (see 16.6);
- order of plate lapping (see 16.8.3);
- if the roof plates are to be welded to the roof structure (see 16.8.4);
- liquid to be contained, and any special properties, in tanks with internal floating roofs (see C.3.2.1);
- maximum filling and emptying rates (see C.3.3.3);
- if mesh is not required (see C.3.4.1);
- position of the inlet diffuser (see C.3.4.3);
- position of floating roof (see D.3.1);
- floating roof design and type (see D.3.4);
- additional roof manholes (see D.3.6);
- roof main drain if not a hose or articulated pipe type (see D.3.8.1);
- whether double deck roofs shall be equipped with open type roof drains (see D.3.8.1);
- maximum liquid filling and withdrawal rates and any special venting requirements (see D.3.11);
- support leg operating and cleaning positions (see D.3.13);
- gauging device (see D.3.14);
- if a rolling ladder is not required (see D.3.15);
- if a trial erection and inspection of a floating roof is required (see D.4);
- if floating roof rim seals are required (see E.1);
- if weather shields are not required (see E.4);
- venting system flash back prevention (see L.2.6);
- evaporation rate (see L.3.2.1 c));
- maximum gas flow under malfunction conditions of the gas blanket (see L.4.3);
- emergency flow capacity for other possible causes (see L.4.4);
- emergency vacuum flow capacity (see L.5);
- range of operating temperature (see Q.2.4);
- procedure, qualification and acceptance tests for adhesive (see Q.3.3.1);
- insulation thickness or heat loss requirements (see Q.6.1);

- condition of the internal surface of the tank (see R.1.3.1);
- tank's external appearance and finish (see R.2.1); and
- painting system used (see R.2.2).

A.2 Information agreed between the purchaser and the manufacturer

The following information to be agreed between the purchaser and the manufacturer shall be documented:

- additional requirements for roof plating and nozzle reinforcement (see Table 3);
- steel to be used if not from Tables 5 to 7 (see 6.1.1.1);
- mounting materials, when different, to the shell plates (see 6.1.7.1);
- live loads (see 7.2.6);
- concentrated live load (see 7.2.7);
- anticipated settlement loads (see 7.2.13);
- emergency loads (see 7.2.14);
- bottom gradient, if more than 1;100 (see 8.2.1);
- guaranteed residual liquid level to resist uplift (see 8.2.3);
- option to be used if the maximum density of the contained liquid exceeds 1,0 kg/l (see 9.1.3);
- shell thickness for stainless steel tanks of diameters greater than 45 mm (see Table 16,);
- design methodology for load combinations (see 9.3.3.9);
- joint efficiency if different to specified values (see 10.3.6);
- minimum size of manholes (see 13.1.1);
- details of non-standard nozzles (see 13.3.2);
- crossing of shell welds by nozzles (13.7.2);
- method of heating or cooling the fluid (see 13.10);
- method of material marking (see 15.4);
- shearing of plates above 10 mm thickness (see 15.5);
- non-standard distances between an opening and a plate edge (see 15.5);
- thermal cutting of pipe ends (see 15.6);

- design methodology and fabrication tolerances for design internal negative pressures greater than 8,5 mbar (see 16.1.7);
- repair procedure for damaged parts (see 16.5);
- joining of backing strips to the bottom plates (see 18.33);
- radiation source (see 19.9.1);
- use of any liquid other than water in the hydrostatic test (see 19.13.1);
- tank is to be painted prior to testing (see 19.13.1);
- use of alternative water (see 19.13.4);
- rate of filling of the tank (see 19.13.6);
- non-standard types of floating roofs (see D.2);
- non-standard floating roofs (see D.3.1);
- specific requirement for a floating roof (see D.3.2.4);
- alternative values for live load when resting on its support legs (see D.3.3 b));
- use of alternative materials (see F.1);
- special testing methods for the line supported bottom (see H 1.7);
- third party inspection for the double bottom (H 2.3.6);
- method of assessing frangibility (see K.2);
- safety coefficient for frangible roofs (see K.4);
- details of the tank anchorage (see M.1);
- proprietary system of insulation (see Q.1); and
- basis for the wind load calculations (see Q.2.3);

A.3 Information to be supplied by the manufacturer

The following information to be supplied by the manufacturer shall be fully documented:

- if required, the methods to be used in the assembly of the tank including the methods to be used to hold plates in position for welding, the sequences of assembly and welding, means of access for welding and the methods to be used to avoid wind damage during erection (see 16.1.5);
- details of the design of the anchorage system to ensure that the foundation design incorporates provision for the anchor points and their associated loads (see 16.3);
- for each of the test processes implemented, a description of methods and techniques chosen for the test (see 19.3);

- documentation for the double bottom (see H 2.3.1); and
- material inspection documents (see 19.4.1).

A.4 Information to be supplied by the steel manufacturer

The following information to be supplied by the steel manufacturer shall be fully documented:

- for design metal temperatures in excess of 100 °C, and for steels not conforming to Table 8, the elevated temperature yield stress values of the steels if different from 6.1.1.2, 9.3.3.7 and 9.3.3.9;

A.5 Information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer

The following information to be agreed between the steel manufacturer and the tank manufacturer shall be fully documented:

- method of proof for steels proven to be unaffected by ageing, when the maximum design metal temperature exceeds 250 °C (see 6.1.1.3);
- material marking (see 6.2.2); and
- method of proof for the effects of ageing (see F.4.3).

A.6 Information to be agreed between the purchaser and the internal floating roof supplier

The following information to be agreed between the purchaser and the cover supplier shall be fully documented:

- equipment for testing electrical resistance (see C.4.3.3);
- type of seal, if different from that specified in C.3.2.3 and Annex E.

A.7 Information to be agreed between the tank manufacturer and the internal floating roof supplier

The following information to be agreed between the tank manufacturer and the cover supplier shall be fully documented:

- provision for adequate clearance, tank tolerances, position of shell manways, installation of floating suction, fixed roof vents and inlet diffuser (see C.3.1.1).

A.8 Information to be supplied by the internal floating roof supplier

The following information to be agreed between the tank manufacturer and the cover supplier shall be fully documented:

- evidence that the cover and seal conforms to specified pollution control requirements (see C.3.1.5);
- complete material specification (see C.3.2.1); and
- operating instructions (see C.5).

A.9 Information to be agreed between the purchaser and the supplier of the aluminium dome roof covering an open top steel tank (see also EN 1995-1-5)

- Design data to be provided to tank manufacturer (see S.1.3.1).
- If a roof with fixed supports is specified, the supports shall be rigidly attached directly to the tank and the top of the tank shall be designed to sustain the horizontal thrust transferred from the roof (see S.1.3.1).
- Material finish supplied (see S.1.4.2).
- Maintenance and inspection manual (see S.1.4.3).
- Jurisdictional requirements (see S.1.4.4).
- Complete material specification to be provided (see S.2.1).
- Sealant and gasket materials (see S.2.5).
- Skylights (see S.2.6 and S.8.3.2).
- Holes for bolts and fasteners (see S.3.2.2).
- Internal pressure (see S.4.3).
- Horizontal trust transferred from the dome (see S.5.2.1).
- Isolation of aluminium from contact with carbon or carbon-manganese steels (see S.5.3).
- Electrical grounding (see S.5.4).
- Dome radius (S.6.2).
- Platform, walkways and handrails (S.7).
- Hatches to be provided (see S.8.21).
- Sealing at the shell of the tank (see S.9).
- Testing of the roof (see S.10.1).
- If gas-tight roofs are required (see S.10.1.2).
- Leak testing of gas-tight roofs (see S.10.1.2).
- Supply of satisfactory examination records (see S.11.3).

A.10 Information to be agreed between the tank manufacturer and the supplier of the aluminium dome roof

- Material handling during shipping, transport and at construction site (see S.11.5).
- Measuring tank shell (see S.12.2).

- Required information and method to check shell stability under loads from domed roof (see S.12.1).

A.11 Information to be supplied by the supplier of the aluminium dome roof

- Skylights (see S.8.3).
- Loads and reactions from roof (see S.12.3).

Nur zum internen Gebrauch

Annex B (informative)

Operational and safety considerations for storage tanks

B.1 General

The intention of this Annex is to provide some outline guidance to purchasers of storage tanks about some of these issues which need to be considered and to indicate some references which might assist in providing detailed requirements.

NOTE Attention is drawn to local/National legislation/regulations for additional or different requirements to be adhered to.

B.2 Tank type

B.2.1 Stored product

The type and nature of the product to be stored are the most important criteria in selecting the type of tank to use - fixed roof with or without pressure/vacuum relief vents or floating roof with or without aluminium geodesic dome roof or fixed roof with internal floating roof.

For hydrocarbon liquids, codes of practices such as the Model Code of Safe Practice, part 19, 3rd edition, 2012, "Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations", [4], "Flammable and combustible liquid code" use systems of classification based upon the closed flash point of individual products to determine appropriate requirements. Albeit the provisions specified in the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) in accordance with the EU regulation No. 1272/2008 the classification systems specified in the above documents are different and it is important to define which applies when considering, the categorization of products in order to define which type of tank would be most suitable for storing a specific product.

Within the petrochemical industry it was common practice to use floating roof tanks for storing products having vapour pressures between 1.5psia (103mbara) and 11.1psia (765mbara). Products having lower vapour pressures than 1.5psia (103mbara) were stored in tanks with fixed roofs, whereas products having vapour pressures exceeding 11.1psia (765mbara) were stored in pressure vessels or spheres or in refrigerated or cryogenic storage tanks. However, in order to accommodate the storage of gasolines that are blended with (bio)ethanol the limit of 11.1psi (765 mbar) for floating roofs was upgraded to 12.5 mbar (862 mbar). That increase required the need to introduce additional measures and risk control studies. For these high vapour pressures specific design and operational changes to tank components are required.

Possible scenarios to mitigate risks of fires and to enhance safety of personnel are:

- a) the application of bronze wheels on the rolling ladder and bronze rollers along the guide pole;
- b) to install seals over openings on landing legs and over openings in the stilling wheels/guide poles;
- c) the installation of additional shunts on the rim seals;

- d) the decrease of rising and lowering speeds of the floating roofs in order to limit the building up of differential potentials;
- e) to limit or deny access to the floating roofs as product gasses or dangerous vapour/air mixtures may developed above the floating roof when being deeper than 1,3 m below the top curb angle of the tank shell.
- f) The installation of pressure/vacuum relief vents on the inner membrane in order to prevent the building up of excessive gas pressures (see also below flow chart for the selection of a suitable tank system, depending on the TVP of a product).

B.2.2 Selection of storage tank type based on best efficiency with respect to Volatile Organic Compound (VOC) emission reduction

Based on the theory of EEMUA 213 : 2012, "*Emission reduction from oil storage tanks and loading operations*" a selection flow chart has been implemented which can be used to select the appropriate storage tank type based on the parameter "True vapour Pressure", a parameter to be determined at the actual storage temperature and derived from the "Reid vapour Pressure" of products.

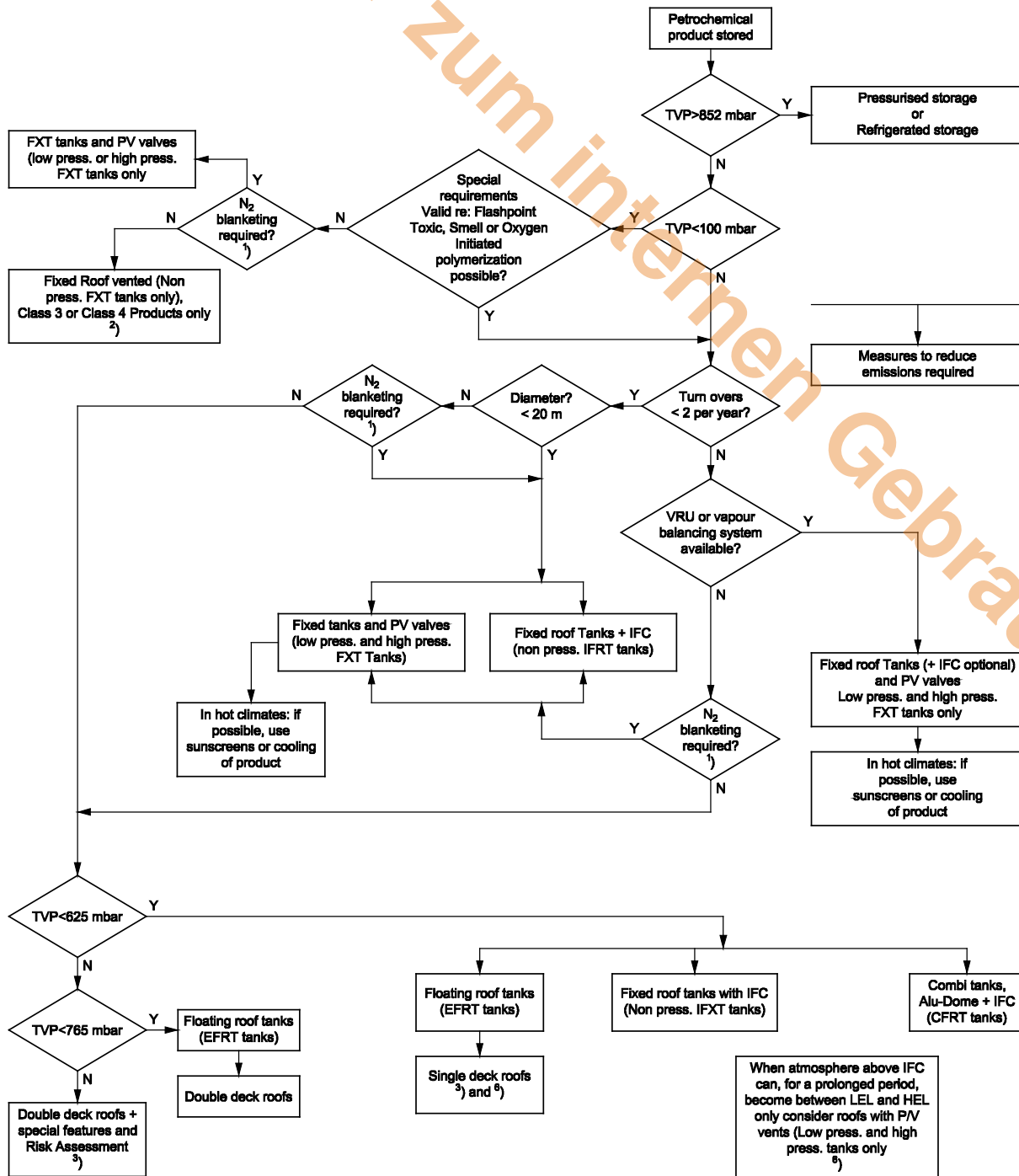


Figure B.1 — Flowchart selection of storage tank type based on the parameter “True Vapour Pressure”.

B.2.3 Local climatic and geological conditions

High snow loads or very strong wind conditions can influence design choice. Extreme conditions might preclude the use of floating roof tanks and fixed roof tanks with or without internal floating roofs might be necessary.

Foundation conditions and the levels of seismic activity are also significant factors in the selection of both type and size of tank. Generally column supported fixed roofs can be difficult to design for sites where significant foundation settlement is envisaged although provision can be

made for limited settlement. Tanks without column supported roofs are less sensitive to uniform foundation settlement but uneven settlement can lead to significant problems of shell distortion and can lead to tank bottom failure.

Fatigue cracking of pontoon type single deck floating roofs has been experienced under certain wind conditions and stiffened or double deck roofs might have to be used (see Annexes D and U).

B.3 Health, safety and environmental considerations

Many of the products stored in tanks are highly inflammable, others can be corrosive or hazardous to health. Such products could create pollution of the ground, ground water, sea, rivers or the atmosphere if they escaped. There could be a threat to the health of employees and the general public, and a serious risk of explosion or fire. Consideration needs to be given to the level of precautions to be included in the design of the overall system to prevent and to minimize the risk of such leakages and to confine their spread if leakage does occur.

Requirements for bunding and spacing as well as basic designs to address these issues are covered by a number of codes of practice appropriate to the product stored. The Model code of Safe Practice, [4] and NFPA 30 [2] are widely used to establish the proximity of:

- storage tanks to the site perimeter;
- the spacing between tanks; and
- the number of tanks which can be protected by a single bund; etc.

For further information about the environmental impact of storage systems, reference is made to Annex V.

Whilst basic design considerations and plant layout aim to eliminate the risk of storage tanks catching fire, tank fires do occur and the installation of water cooling systems or other aids for fire fighting need to be considered in the initial design. On floating roof tanks there is a risk of rim fires occurring, e.g. from lightning strikes, and automatic extinguishing systems using vaporizing liquids or special foams can be installed. However, such liquids are usually toxic and care is needed in their use. It is essential that experts in fire fighting are involved in evaluating the techniques to be utilized in tackling such fires. Often dry risers and ring mains around tanks are provided. Ready access to the windgirder should be provided, which can be used as a fire fighting platform, provided appropriate escape routes are also incorporated. If such fires are to be fought from ground level, then appropriate access to the area around the tank is essential which permits the stand-off distances appropriate to the fire fighting equipment to be deployed.

The protection of adjacent tanks, process plant or the external environment in the event of a tank fire also needs to be addressed in the initial design as this has an influence upon spacing and bunding.

B.4 Attachments to tanks for safety or fire fighting facilities

The design and manufacture of safety equipment or facilities for fire fighting are often undertaken by organizations other than the tank designer or manufacturer and purchased under separate contracts. Where such equipment or facilities require to be attached to or supported by the tank itself then such attachments or supports should be bolted connections. Where direct attachment to the tank structure by welding is necessary then this should only be made onto pre-installed pads or supports welded to the tank structure by the tank erector before the tank hydrostatic test is undertaken. The detailed design, welding and inspection of these pre-installed pads or supports should conform to the appropriate requirements of this document.

Annex C (normative)

Requirements for internal floating roofs

C.1 General

This annex specifies minimum requirements for the materials, design, construction, testing, and operation of floating covers for use in storage tanks containing volatile products. It also specifies the design of related tank fittings. It is applicable to floating covers fitted to new tanks, and those fitted to existing tanks.

This annex specifies requirements for a number of different types of covers, details of which are given below, which can be divided into two basic designs, floating roofs with full contact of membrane surface (full contact designs) and floating roofs with gas between the liquid and the membrane (non-contact designs).

Floating roofs are also known as floating decks, and should not be confused with external floating roofs (see Annex D).

Floating roofs operate inside a fixed roof tank and are protected from the weather.

Floating roofs can be installed for any of the following reasons:

- a) To reduce evaporative emissions e.g. breathing and filling losses and hence air pollution;
- b) To reduce ingress of airborne contaminants e.g. rainwater, sand and other solids into the product;
- c) To minimize nuisance from odours;
- d) To reduce hazards of static ignition associated with highly charged liquids; and
- e) To provide thermal insulation in fuel oil storage as an alternative to roof lagging.

NOTE 1 Special design considerations are involved for this application and they are not covered in this annex.

Floating roofs are also used in storage tanks containing other types of product such as chemicals, de-mineralized water, drinking water and effluent. Again special requirements apply which are not covered in this annex and prospective users are advised to consult suppliers before undertaking such installations.

NOTE 2 Floating roofs are not normally installed in tanks smaller than 6 m diameter because of the difficulty of fitting peripheral (rim) seals satisfactorily in tight tank shell curvatures i.e. tanks having an area/circumference ratio of less than 1,5. There are no upper limits on tank diameter for the installation of a floating cover. This annex therefore specifies requirements for floating cover installations in tanks of 6 m diameter and above.

NOTE 3 If work involving the application of heat is carried out in an existing tank precautions should be taken to ensure that the tank is gas free.

C.2 Types of internal floating roofs

Most of the typical internal floating roofs consist of prefabricated components which are bolted /welded or laminated together inside the tank.

NOTE 1 Figure C.1 shows a typical internal floating roof installed in a fixed roof tank.

The internal floating roof shall be one of the following types:

f) Type 1 Metallic internal floating roofs on floats (non-contact design)

This type shall consist of a thin metal sheet, normally an aluminium alloy or stainless steel, which is fixed on a grid framework of the same material. It is supported by tubular buoyancy chambers (pontoons). A skirt dipping into the product by at least 100 mm shall be provided around the rim of the internal floating roof and around all columns, and other openings with the exception of drains designed to avoid backflow of product on the roof.

NOTE 2 When this type of floating roof floats on the product, it creates a saturated vapour space between the liquid and the underside of the internal floating roof.

g) Type 2 Metal/foam sandwich internal floating roofs (full contact design)

This type shall consist of panels of expanded material (typically polyurethane) as a core with thin metal, normally aluminium sheet, bonded to the top and bottom.

NOTE 3 The floating roof, is in direct contact with the product, there is no vapour space underneath the internal floating roof, and additional buoyancy chambers are typically not required.

NOTE 4 A limited degree of product absorption into the panels can occur depending on the internal floating roof design, the materials chosen and the product being stored and could lead to delamination between the foam and internal floating roof sheet.

h) Type 3 Metal/honeycomb sandwich internal floating roofs (full contact design)

This type shall be the same as Type 2, except that the panels shall consist of aluminium honeycomb structure sandwiched between layers of aluminium sheet.

i) Type 4a Glass Reinforced Plastic (GRP) sandwich panels internal floating roofs (full contact design)

This type of floating roof shall consist of honeycomb panels or structural foam sandwiched between layers glass-fibre reinforced vinyl ester (or similar), in-situ laminated and therefor forming a seamless single piece construction

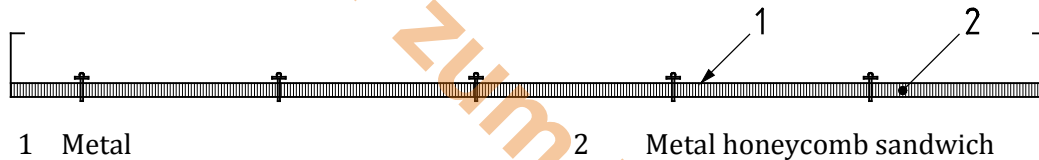
Type 4 b This type shall be the same as type 4a but made of pre-fabricated panels bolted together to form a full contact internal floating roof.

j) Type 5 Metallic pan internal floating roofs (full contact design)

This type shall consist of a shallow central pan with an outer rim plate which shall float on the liquid. The internal floating roof can consist of one buoyancy volume or can be compartmented (bulk-headed) to increase its buoyancy safety factor avoiding sinking of the roof if it would encounter a leak in the roof structure. It is normally welded.

k) Type 6 Metallic pontoon internal floating roofs (full contact design)

This type shall be the same as Type 5 with the addition of an outer ring of pontoons or buoyancy chambers, at the periphery and is normally welded.



c) Type 3 - Metal/honeycomb bolted sandwich internal floating roof (full contact design)

Figure C.2 — Examples of different types of floating roofs

C.3 Design and construction requirements

C.3.1 Design

C.3.1.1 General

The internal floating roof shall be designed so that it is compatible with the storage tank in which it is to be used, the products that might be stored and the frequency of filling and emptying.

The internal floating roof shall be designed and constructed to float horizontally, and the design shall ensure that in normal operation, stored product cannot be displaced on the top surface of the internal floating roof.

The operating height shall be set to ensure that no part of an internal floating roof is allowed to come into contact with the tank roof or its internal structure or to obstruct shell vents or foam monitors at the upper part of the travel of the internal floating roof.

Internal floating roof supports and deck structural attachments (such as reinforcing pads and pontoon end gussets) shall be designed to support the load combinations listed in H.4.2.2.2 without exceeding allowable stresses. Consideration shall also be made for non-uniform support settlement or other non-uniform load distribution, based on anticipated conditions specified by the Purchaser. Application of non-uniform loads is by agreement between the Purchaser and Manufacturer.

Load Combination for Floating Roof Supports.

Floating roof support loading (legs or cables) shall be as follows:

$$D_f + (\text{the greater of}) P_{fe} \text{ or } L_{f1} \text{ or } L_{f2}$$

where

D_f is the dead weight of internal floating roof, including the weight of the flotation compartments, seal and all other floating roof and attached components;

L_{f1} is the internal floating roof uniform live load (0,6 kPa if not automatic drains are provided or 0,24 kPa if automatic drains are provided);

L_{f2} is the internal floating roof point load of at least two men walking anywhere on the roof. One applied load of 2,2 kN over 0,1 m² applied anywhere on the roof addresses two men walking;

P_{fe} is the internal floating roof design external pressure (0,24 kPa minimum).

NOTE With agreement by the Purchaser, L_{f2} can be modified for roofs less than 9 m diameter (where internal floating roofs may become unstable), to account for access needs, and expected concentrated live loads.

The allowable load on support cables shall be determined using a factor of safety of 5 on the ultimate strength of cables and their connections. Cables and their connections shall be designed for the load combination listed in H.4.2.2.2.

The following details shall be subject to agreement (see A.7):

- a) internal floating roof highest possible operational position clearing the roof structure and any other obstacles such as foam monitors;
- b) tank out of roundness tolerances, see Clause 18;
- c) position of shell manways and any internal fittings;
- d) installation of floating suction if specified;
- e) installation of fixed roof vents; and
- f) installation of an inlet diffuser.

C.3.1.2 Buoyancy

C.3.1.2.1 Metallic internal floating roofs on floats (Type 1)

A minimum of 100 % excess buoyancy shall be provided, i.e. there shall be sufficient buoyancy to support at least 2,0 times the installed weight of the internal floating roof. This buoyancy review is to be based on an internal floating roof floating in a liquid having a minimum specific gravity of 0,7.

Buoyancy tubes shall be leak tested prior to final assembly using either air and soapy water or air under water. They shall be adequately sealed after testing.

C.3.1.2.2 Metal/foam sandwich, metal/honeycomb, and GRP internal floating roofs (Types 2, 3 & 4)

A minimum of 100 % excess buoyancy as specified in C.3.1.2.1 shall be provided.

C.3.1.2.3 Metal pan, pontoon or double deck internal floating roofs (Types 5, 6 and 7)

A minimum of 100 % excess buoyancy as specified in C.3.1.2.1 shall be provided. Fabrication and erection of mild steel pan internal floating roofs shall be in accordance with Clauses 6, 16, 17, 18 and 19.

C.3.1.3 Assembled clearances

The internal floating roof shall be designed, constructed and installed so that it can operate properly within its full floatation range, without damage to itself, the tank or any fittings.

NOTE The maximum liquid level for tanks converted to internal floating roof tanks by installing an internal floating roof might require to be reduced to avoid interference between the internal floating roof and internal obstacles such as for instance fixed truss roof supports or foam chambers.

The internal floating roof shall not impede or strike any tank fittings, mixers, pipework, gauge poles, wells or nozzles at any position over its design floatation range.

C.3.1.4 Material compatibility

Materials of all components, including adhesives if used, shall be suitable for the product or products specified, as well as other operational circumstances such as corrosive environments.

Materials should provide adequate behaviour under all circumstances and conditions including corrosion mechanisms.

Any internal floating roof components shall be selected and fabricated to prevent excessive absorption by the product liquid or vapour.

All seams and other joints in the internal floating roofs that are required to be liquid or vapour tight shall be tested for leaks using a method and acceptance criteria agreed between the purchaser and internal floating roof supplier.

C.3.1.5 Emission reduction efficiency

Evidence that the internal floating roof and its seal system conform to any air pollution control requirements specified in the order shall be supplied (see A.8).

C.3.1.6 Electrical resistance

Floating roofs should be designed to minimize accumulation of electrostatic charges. This can be assessed if the electrical resistance between the tank shell and any part of the internal floating roof shall not be greater than 1 M Ω when measured by an approved method.

C.3.1.7 Fire protection

The type of fire protection to be adopted shall be selected on the basis of the type of internal floating roof installed in a tank, the products stored, specific tank related local requirements and operator policies. See Annex A.

C.3.2 Materials of construction

C.3.2.1 General

The products stored shall be specified, indicating any special properties which might affect materials (see A.1). All internal floating roof materials shall be compatible with the product to be stored. Where dissimilar materials are used for the internal floating roof, the possibility of corrosion due to cathodic-reaction shall be considered.

A complete material specification for the internal floating roof, for approval by the user, shall be supplied (see A.8).

C.3.2.2 Metal sheet for internal floating roof

C.3.2.2.1 Steel

Steel shall conform to the requirements of EN 10025 (see also Clause 6).

C.3.2.2.2 Aluminium

Aluminium shall conform to the requirements of EN 485, EN 754 or EN 755 (see also Clause 6).

C.3.2.2.3 Stainless steel

Stainless steel shall conform to the requirements of EN 10088 (see also Clause 6).

C.3.2.3 Peripheral (rim) seals

The clearance between the periphery of the internal floating roof and the tank wall shall be filled with a flexible seal, mounted on the internal floating roof, which provides a good close fit to the tank shell surface, to reduce emissions in this area.

Reference is made to Annex E for rim seal arrangements, types and material requirements.

C.3.2.4 Joints

Throat thicknesses of fillet welds on material less than 5 mm thick shall have a thickness at least equivalent to $2^{0.5}$ * the thinnest member of the joint.

Joints between non-metallic (plastic/GRP) members, including adhesive joints, shall be compatible with the materials joined, have an acceptable service life, and be of a size and strength that will support the internal floating roof design loads without failure or leakage. The joining procedure, along with test results demonstrating the above features shall be fully documented and available to the user.

All seams exposed directly to product vapour or liquid shall be welded, bolted, screwed, riveted, clamped, or sealed, and checked for vapour and liquid tightness by means of an approved method acceptable to the user. Any joint sealing compound shall be compatible with the product stored and the materials joined.

C.3.2.5 Corrosion allowance

Where necessary, an allowance for corrosion shall be included in the thickness of the materials used for construction of the internal floating roof.

C.3.3 Internal floating roof fittings

C.3.3.1 Manholes

For internal floating roofs up to and including 15 m diameter, at least one manhole shall be provided for access when the internal floating roof is on its supports and the tank is empty. The manhole shall be designed to be opened from the underside of the internal floating roof. For internal floating roofs above 15 m diameter, additional manholes equally spaced shall be provided if specified. Manholes shall permit free access by maintenance personnel and shall have a minimum open area not less than a 600 mm diameter manhole.

NOTE Rectangular manholes can be fitted, with minimum dimensions of 600 mm × 400 mm.

C.3.3.2 Supports

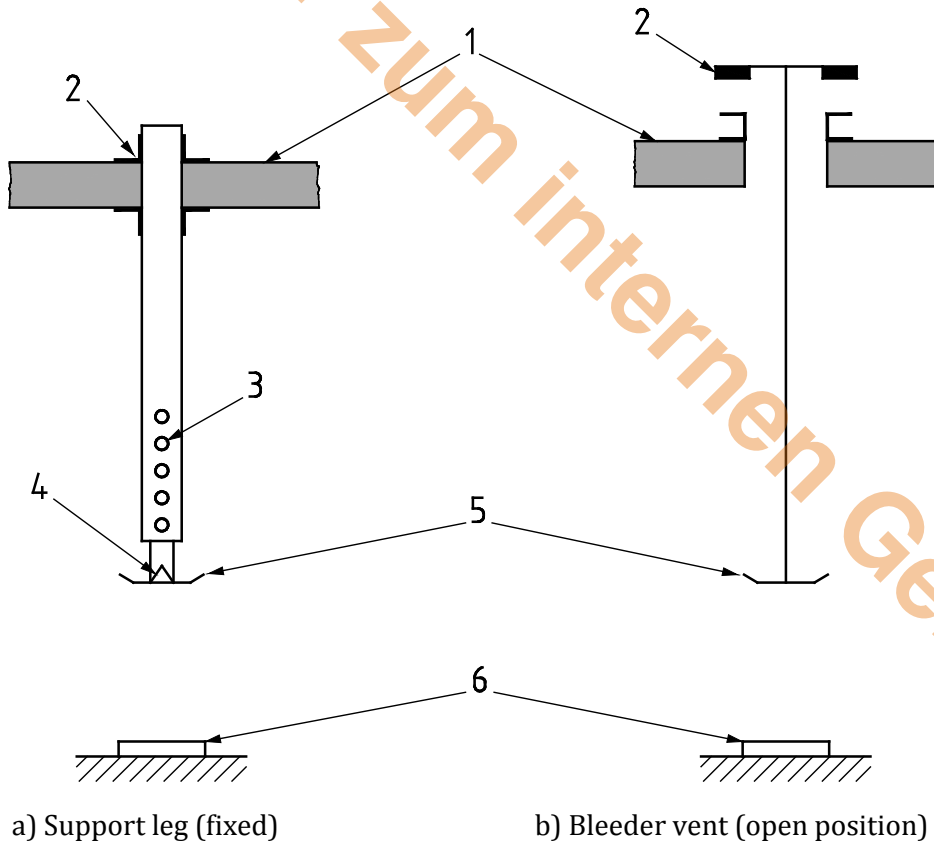
The internal floating roof shall be fitted with supports which support it after product has been withdrawn from the tank (see Figure C.4.a)).

The height of the internal floating roof when resting on its supports shall be as specified. There shall be no obstruction of the tank shell manholes by the internal floating roof when shell manholes are open. Inspection and working under the internal floating roof shall be possible. Adequate clearance shall also be made so that fittings such as side entry mixers, internal piping and inlet and outlet nozzles are clear of the internal floating roof when it is resting on its supports.

During internal floating roof installation, the supports shall accommodate any unevenness in the tank floor so that the internal floating roof is installed horizontally. The height of the internal floating roof shall be fixed, although a facility for altering the height of the legs at a later date may be incorporated.

In order to distribute the induced loads of the support legs from heavy welded steel roofs over the tank bottom, measures such as the fitting of steel pads can be introduced. These pads shall be continuously welded to the bottom plates. When pads overlap bottom plate fillet welds in a lap joint, completely welded shim plates shall be installed in order to compensate for the difference in bottom level.

When support legs are hollow, they shall include a hole at their base for drainage purposes.



Key

- 1 internal floating roof
- 2 seal
- 3 adjustment holes
- 4 Drain hole
- 5 Protective foot
- 6 Reinforcing pad

Figure C.3 — Typical design of support leg and bleeder vent

C.3.3.3 Bleeder vents

Venting shall be provided in the internal floating roof. The purpose is to release air or vapours from under the internal floating roof during initial tank filling and to allow air and vapour to pass through the internal floating roof when draining product whilst the internal floating roof is stationary and resting on its supports.

The maximum filling and emptying rates shall be specified (see A.1) so that venting of the correct capacity can be provided. Calculations shall confirm that the vent area for both cases is adequate for the intended duty and that venting overstressing cannot occur to either the internal floating roof or its seal.

C.3.3.4 Drains

Although the internal floating roof shall be designed to prevent product from being forced past the peripheral (rim) seal and internal floating roof (see C.3.1), liquid could accumulate on the surface of the internal floating roof due to condensation, spillage or other reasons. Sufficient drains or drainage paths shall be incorporated to enable this liquid to be quickly dispersed into the product below the internal floating roof if liquid accumulation on top of the IFR is expected and will require draining. The design of these drains shall have a minimum effect on the vapour sealing efficiency of the internal floating roof.

Welded steel roofs design types 5, 6 and 7 cannot be drained in this manner. Alternative permanently installed means shall be considered in the design stage, or an operational procedure developed to remove accumulated liquids. Care shall be taken to ensure that a breach of any permanent drainage system does not compromise the flotation of these types of internal floating roofs.

C.3.3.5 Dissipation of static electricity

All internal floating roofs shall be electrically conductive and meet the requirements of C.3.1.6. In addition multi-strand anti-static cables shall be installed between the internal floating roof and the tank shell to provide an electrical bond (see Figure C.1).

A minimum of two anti-static cables shall be provided for tanks having a diameter less than or equal to 20 m and a minimum of four cables shall be provided for larger diameter tanks.

NOTE The anti-static cable should have a minimum cross-section of 3 mm².

The cables shall be attached to the surface of the internal floating roof and the storage tank roof and shall be fastened in such a way that they do not obstruct other equipment.

There shall be no obstruction above the internal floating roof surface which could interfere with these anti-static cables during up and down movement of the internal floating roof. Alternatively, spring loaded cable reels can be used to keep the cables taut at all times.

C.3.3.6 Anti-rotation and centralization

The internal floating roof shall be prevented from rotating.

NOTE 1 A guide pole or a vertical, non-centred, anti-rotation cable, which passes through the internal floating roof and is fitted between the tank roof and the tank bottom can be used for this purpose. At least 2 anti-rotation cables should be installed.

NOTE 2 The cable should have a stainless steel spring attached to one end to maintain tension. A guide tube through the internal floating roof of compatible design and material should be provided.

NOTE 3 In large diameter tanks without supporting roof columns it might be necessary to install several anti-rotation cables in order to provide the desired internal floating roof stability.

NOTE 4 Alternatively, non-central roof columns may be used for this purpose.

C.3.3.7 Tank gauging and sampling

Unless otherwise specified, the design shall ensure that tank gauges are unimpeded and remain fully operational over the complete travel of the internal floating roof. Alternatively, the internal floating roof shall be used to accommodate an in-built gauging system designed to conform to with the requirements of the purchaser. The internal floating roof shall be provided with sampling points which are in line with dip hatches on the tank roof, thus enabling normal tank dipping and sampling to take place without obstruction if required (see Figure C.1).

Penetrations for sampling and gauging shall be belled (tapered) to provide a guide for the sampling tube or gauge.

NOTE Sampling points can be covered with a suitable device e.g. split seal which reduces vapour loss but still permits dipping and sampling to take place.

C.3.3.8 Internal floating roof penetrations

Where columns or other fittings pass through the internal floating roof, seals shall be fitted to ensure minimum vapour leakage during all horizontal and vertical movements of the internal

floating roof. They shall be a close fit and designed to accommodate a local horizontal deviation of ± 125 mm.

With the exception of drains, penetrations through lightweight all metal non-contact type internal floating roofs (Type 1) shall be fitted with a skirt which is immersed in the product to at least a depth of 150 mm.

C.3.3.9 Level alarms

A high level alarm could be fitted to warn the operator automatically if the liquid rises above a predetermined level. This could also result in automatic closure of the valve on the inlet line, shutting off the inlet line.

C.3.3.10 Floating suction devices

In some tanks, especially where product cleanliness is important e.g. aviation fuel, demineralized water etc., floating suction devices could be present or specified to be installed. Internal floating roofs can be installed in such tanks but shall be modified to accommodate the floating suction devices.

NOTE This can require the addition of a guide channel or track to the underside of the internal floating roof. The fitting of such a channel can alter the buoyancy of the internal floating roof and could affect its stability.

The supplier shall ensure that when a floating suction device is fitted, the buoyancy of the internal floating roof is not reduced below the levels specified in C.3.1 and that the stability of the internal floating roof is not impaired.

The floating suction devices can be compensated for excess buoyancy during hydrostatic testing of the system if required to avoid damage to the floating suction track and/or internal floating roof.

It shall be demonstrated that an internal floating roof equipped with floating suction channels can be raised and lowered over its full operating range within the tank in combination with the floating suction device without mechanical problems occurring.

C.3.4 Tank fittings

C.3.4.1 Fixed roof and dome roof vents

C.3.4.1.1 General

When an internal floating roof is fitted in a tank containing certain products, e.g. gasoline, vapour could build up above the internal floating roof to such an extent that a potentially flammable atmosphere shall be present. To avoid this, roof vents designed in accordance with C.3.4.1.2 or C.3.4.1.3 shall be installed.

Free vents shall not be used:

- a) where the vapour space is purged or inert gas blanketed;
- b) where free vents are not allowed by local regulations; and
- c) subject to specific agreements between Purchaser, Vendor and/or other relevant parties See also Annex A.

The operating height of the internal floating roof shall not result in the seal obstructing the vents.

NOTE Unless otherwise specified (see A.1) all vents should be provided with mesh in accordance with 10.6.3, Notes 1 and 2.

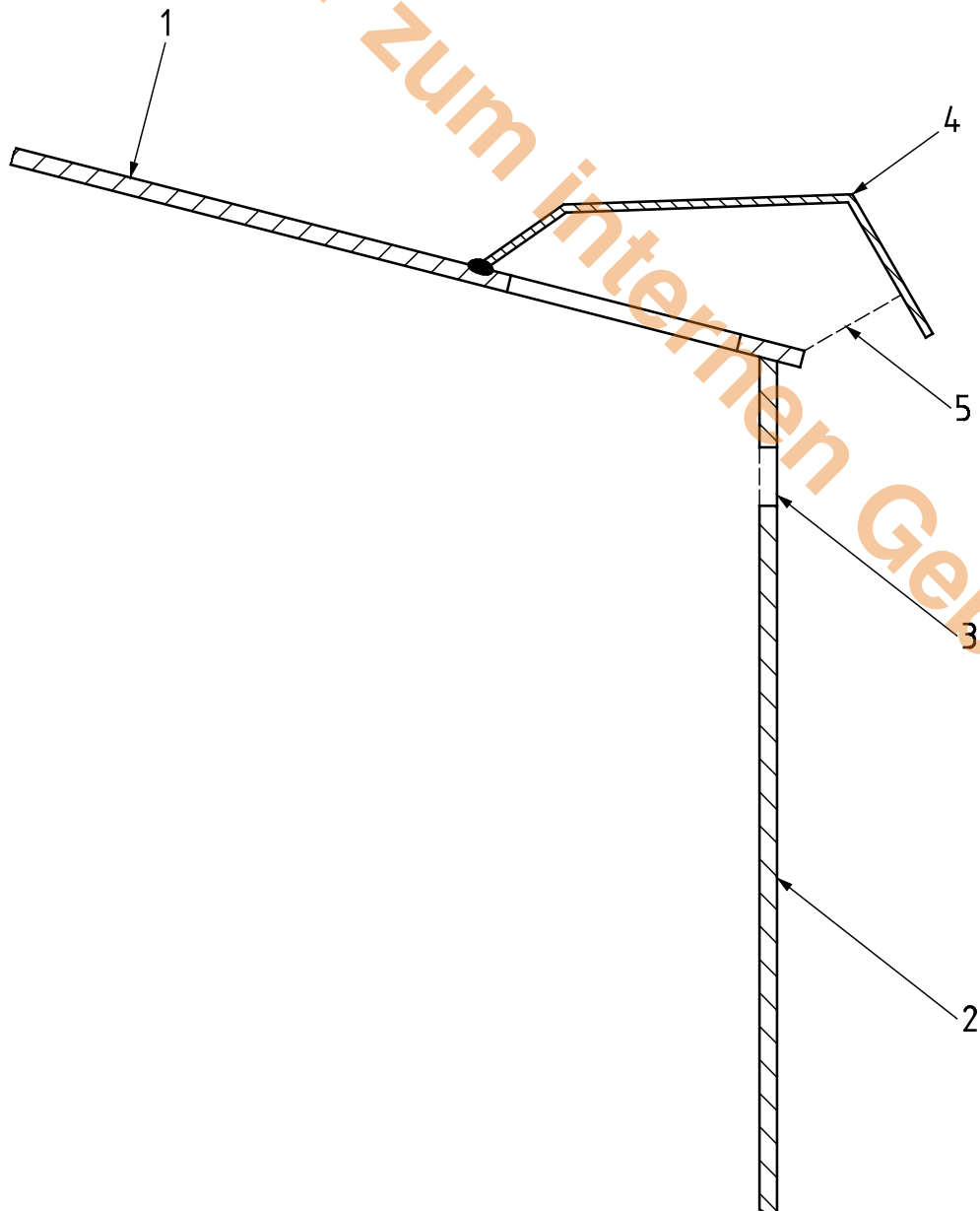
C.3.4.1.2 Free vents

These permit free ventilation of the vapour space and a typical design is shown in Figure C.5.

Open vents, one at the centre of the tank, and others at the periphery of the tank roof, shall be fitted. The centre roof vent shall be provided as near as possible to the highest point of the tank roof. It shall have a minimum open area of 0,03 m².

The peripheral roof vents can be of the scoop type (see Figure C.5) and shall be positioned as close to the edge of the tank as practicable. There shall be at least one vent for every 10 m of tank circumference, but in no case shall there be less than four equally spaced vents. The effective total open area of these vents shall not be less than 0,06 m² per meter of tank diameter.

NOTE These are minimum dimensions and depending on the product volatility, a larger area than this can be specified by the purchaser.



Key

- 1 tank roof
- 2 tank shell
- 3
- 4 peripheral; roof vent
- 5 protective mesh

Figure C.4 — Typical design of roof vent

C.3.4.1.3 Control vents

Pressure/vacuum vents shall be fitted to tanks which are not free vented.

Suitable pressure and/or vacuum relief valves shall be installed for tanks which have inert gas blanketing or where product vapours are not permitted to be emitted to atmosphere.

Pressure/vacuum vents shall be in accordance with 10.6.

Existing tanks that will be retrofitted with an internal floating roof may be equipped with an overfill protection device (see also EN 13616-1 and -2). Where these protection devices are provided in a tank, the peripheral (rim) seal shall not obstruct these devices when at normal maximum internal floating roof operating height.

C.3.4.2 Inlet diffuser

When specified, (see A.1) an inlet diffuser shall be positioned to move the inlet point closer to the tank centre and away from the peripheral (rim) seal (see Figure C.1).

C.3.4.3 Manholes and inspection access

At least one roof manhole (see 13.3.1) shall be provided in the fixed roof for access to the tank interior.

C.4 Installation

C.4.1 Tank examination

Before the internal floating roof is installed, an internal and external examination of the tank might need to be conducted.

Subject to agreements between Purchaser and Vendor the following items should be evaluated (see Annex A):

- a) the verticality of the tank shell;
- b) the out-of-roundness of the shell;
- c) the size and location of the tank shell manhole;
- d) if a floating suction device is installed;
- e) elevation of the lowest part of the roof structure, including clearance of overfill protection devices (see also EN 13616-1 and 13616-2), where provided, in order to determine the permissible height of travel for the internal floating roof;
- f) the minimum clearances between the internal floating roof and any internal fittings over the complete range of operation of the internal floating roof;
- g) size, position and verticality of any roof support columns;
- h) access available for insertion of internal floating roof components;
- i) any areas of unacceptable roughness in the tank shell welds or plate surface;
- j) details of internal fittings such as mixers or heating/cooling coils (see Annex P).

C.4.2 Examination and installation of the internal floating roof

An examination of the delivered internal floating roof components shall be made at the installation site by the internal floating roof supplier to ensure there has been neither damage during transport nor deterioration during storage.

Any damaged items shall be rectified prior to erection.

The method of erection for the internal floating roof shall be submitted by the internal floating roof supplier or contractor for the approval of the purchaser, if such approval has not already been given in writing.

The internal floating roof supplier shall be responsible for ensuring that all internal floating roof components can enter the tank without creating assembly problems.

Every care shall be taken to minimize tank shell distortion or out of roundness. The clearance between the periphery of the internal floating roof and the tank shell shall be within the dimensional requirements specified for the peripheral (rim) seal (see C.3.2.3).

C.4.3 Tests

C.4.3.1 Flotation test

A flotation test over the full travel of the internal floating roof shall be carried out after installation.

NOTE This flotation test can be done in combination with the hydrostatic test (see 19.13).

The tank shall be filled to check that the internal floating roof and seals travel freely without sticking, hold ups or obstruction over the design range of the internal floating roof and that the internal floating roof is visibly free from leaks. All leaks detected during such testing shall be rectified to the satisfaction of the Purchaser.

Consideration shall be taken of the possible corrosion effects between the internal floating roof material, the flotation test liquid and the tank shell.

Internal floating roofs type 1 and 3 can be given a flotation test on either water or product, subject to agreement between Purchaser and internal floating roof supplier.

C.4.3.2 Electrical resistance test

A measurement of the electrical resistance between the tank and the internal floating roof shall be made in accordance with C.3.1.6. The equipment used for testing shall be subject to agreement (see A.6).

C.5 Documentation

Written operating instructions and limitations of use shall be supplied by the internal floating roof supplier (see A.8).

Annex D (normative)

Requirements for floating roofs

D.1 General

A floating roof is a structure designed to float and ride up and down on the surface of the volatile liquid in an open top tank and shall be in complete contact with this surface.

D.2 Roof types

D.2.1 General

Double deck floating roofs are recommended for all external floating roofs, although other types of floating roofs, like the GRE type, may be used if accepted by the principal. The following types of floating roof are however the most common:

- a) Single deck metallic floating roof
- b) Double deck metallic floating roof

In addition to the above the following roof design may be considered with agreement with the client, but are no longer considered as desirable:

- 1) Single deck metallic floating roof with Radial box girders (SIPM Roof)
- 2) Single deck metallic floating roof with central deck buoyancy compartments
- 3) Single deck metallic floating roof with one central deck buoyancy compartment

This annex is not intended to restrict the use of other roof types when its design is shown to be meet all the requirement of this Annex and agreement is reached with the owner. An example is listed below:

- k) Non-metallic composite low profile floating roof

The remainder of this annex will refer to single deck and double deck roofs, but the same principles shall be applied to any roof design produced to this Annex.

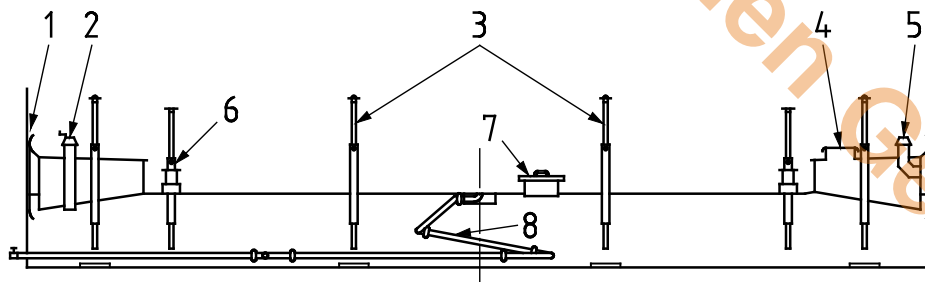
D.2.2 Single deck metallic floating roof

Single deck metallic floating roofs shall comprise of a single deck (diaphragm) in contact with the liquid and a continuous annular pontoon separated by bulkheads into liquid tight compartments. This type of roof is commonly used for tanks between 15 & 50 m diameter. After this size this type of roof shows serious deficiency (see below) and there use beyond this range is not recommended.

- a) The pontoon area is not to be less than 25 % of the total area of the roof, but preferably not less than 30 %.
- b) This is one of the most common floating roofs supplied and has been shown to give adequate service on tanks between 15 m and 50 m diameter. Due to its large flat central deck water drainage and wind loading are a major issue for this type of roof. As the central deck is a

flexible membrane it is susceptible to deformation due to fabrication, water loading, vapour pockets and wind loadings. For larger roofs wind-excited fatigue cracks in the welded centre deck joints are a common problem. In addition the fabrication of the flexible centre deck can cause serious problems for the rain water drainage from the roof.

- c) A double deck floating roof should be used where ever possible to prevent many of the serious issues found in single deck floating roofs.
- d) All single deck floating roofs exceeding 50 m diameter shall be subject to a full and detailed stress analysis taking account of product loads, water loads, and wind loads. Guidance on the areas to be looked at and the load conditions to be considered can be found in D.2.



Key

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1 seal | 5 rim vent |
| 2 gage hatch | 6 automatic bleeder vent |
| 3 roof support | 7 deck manhole |
| 4 pontoon manhole | 8 drain |

Figure D.1 — typical single deck roof

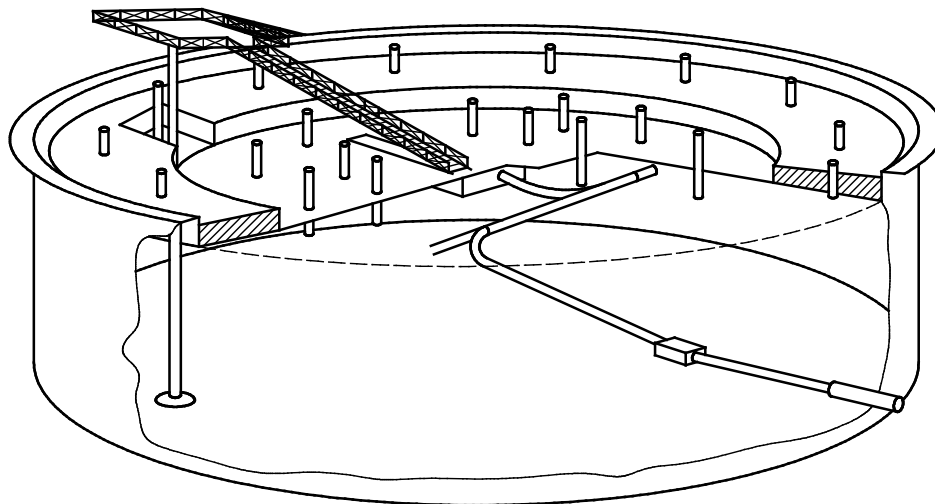


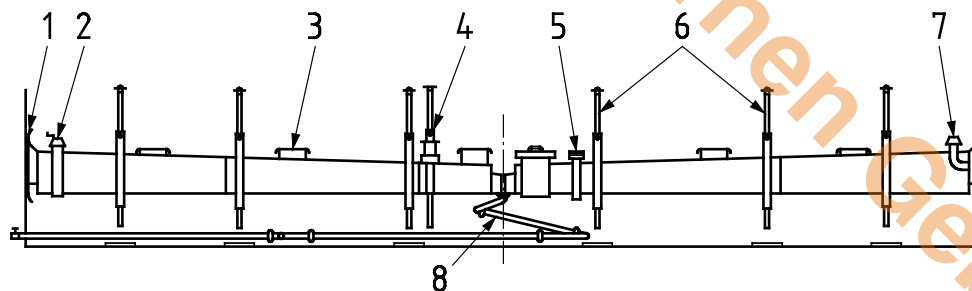
Figure D.2 — Typical single deck floating roof tank

D.2.3 Double deck metallic floating roof

Double deck metallic floating roofs shall comprise of an upper and lower deck. The whole of the lower deck shall be in contact with the liquid surface and is separated from the upper deck by rim plates and bulkheads forming liquid tight pontoon compartments. The outer ring of the

compartments so formed, are the main liquid tight buoyancy for the roof, similar to the single deck roof structure. This type of roof is used for small dia. tanks say 10- 15 and for tanks with a diameter larger than 50 m. This more rigid design allows for better rain water drainage, there is less likelihood of the formation of static vapour pockets. The increased initial cost of this type of roof is off-set by its whole life cost as maintenance is much lower and predicted life is much greater than a single deck roof.

As the airspace in a double deck roof provides an insulation layer, this roof type should also be used for high pour point crude oils in temperate, cold and very cold climates and for very light products in warm climates. The air space also has an insulation effect against solar heat.



Key

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1 seal | 5 emergency drain |
| 2 gauge hatch | 6 roof supports |
| 3 manhole | 7 rim vent |
| 4 automatic bleeder vent | 8 drain |

Figure D.3 — typical double deck roof

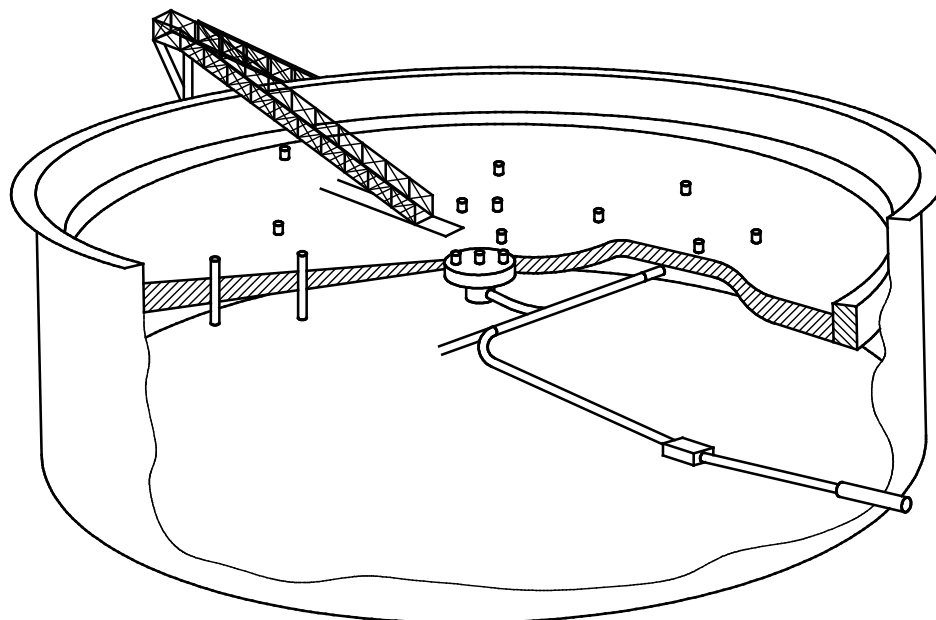
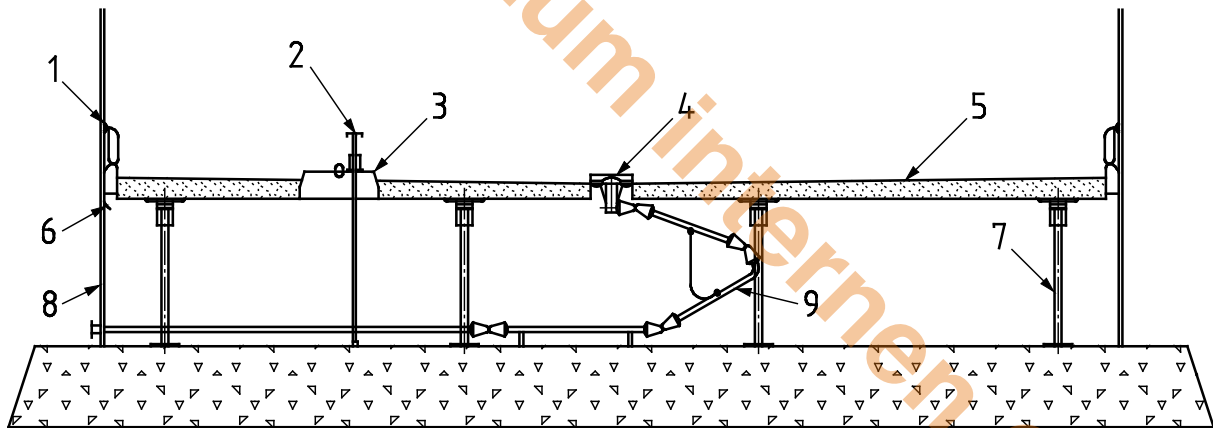


Figure D.4 — typical double deck floating roof tank

D.2.4 A non-metallic composite low profile floating roof



Key

1 secondary seal	6 primary seal
2 bleeder vent	7 support
3 man way hatch	8 tankshell
4 centre sump	9 drain
5 GRP EFR	

Figure D.5 — typical composite low profile floating roof

The non-metallic composite external floating roof has a low structural height and shall be in full contact with the liquid surface. It shall comprise a liquid tight core section(s) embedded in a thermoset polymer resin with fibre reinforcing over the outer skin of the roof core sections.

The roof type is comparable with the double deck metallic type floating roof regarding the roof top level in relation to the liquid/product level on which it is floating.

Since the non-metallic composite structure has no pontoon sections and with the top deck level always higher than the liquid level, the buoyancy requirements on leaking pontoons and/ or a leaking centre deck are not applicable.

D.3 Design

D.3.1 General

The design of the floating roof shall take the following points into account:

- climatic conditions: temperature, rainfall, snowfall, wind etc.;
- tank dimensions;
- tank tolerances relative to the envisaged foundation settlement, rim gap, and type of seal;
- nature and characteristics of the liquid to be stored (density, temperature, vapour pressure etc.);
- material of construction;
- filling and emptying velocities and maximum flow rates;

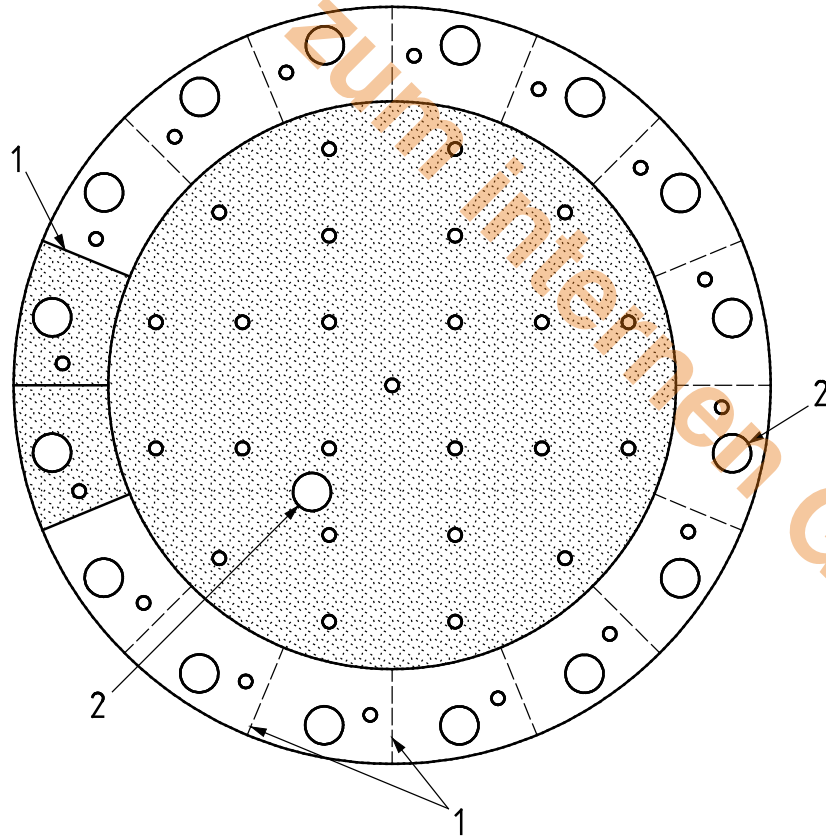
- lowest level to which the roof can descend;
- presence of mixers;
- presence of heaters;
- use of gauging and sampling devices and of alarms;
- type of rolling ladder/access ladder; and
- anti-static cables.
 - a) The roof shall be designed to remain floating in normal operation and in the cases listed under D1.3.2; it shall only rest on its support legs when emptying the tank or during maintenance and inspection operations.
 - b) The tank shall be equipped with level alarms (HL & HHL) to prevent any overflow from the tank (see also EN 13616-1 and 13616-2).
 - c) The specified thickness of all floating roof steel plating shall be not less than 5 mm plus any corrosion allowance, except that the rim plates (inner & outer) shall not be less than 8 mm plus any corrosion allowance.
 - d) The minimum height of the outer rim plate shall not be less than 800 mm, and the minimum height of any inner rim plates shall not be less than 600 mm (to allow safe access for welding and inspection).

D.3.2 Buoyancy

D.3.2.1 Single deck floating roof

The minimum pontoon volume shall be sufficient to keep the roof floating on a liquid having a specific gravity of 0,7, if:

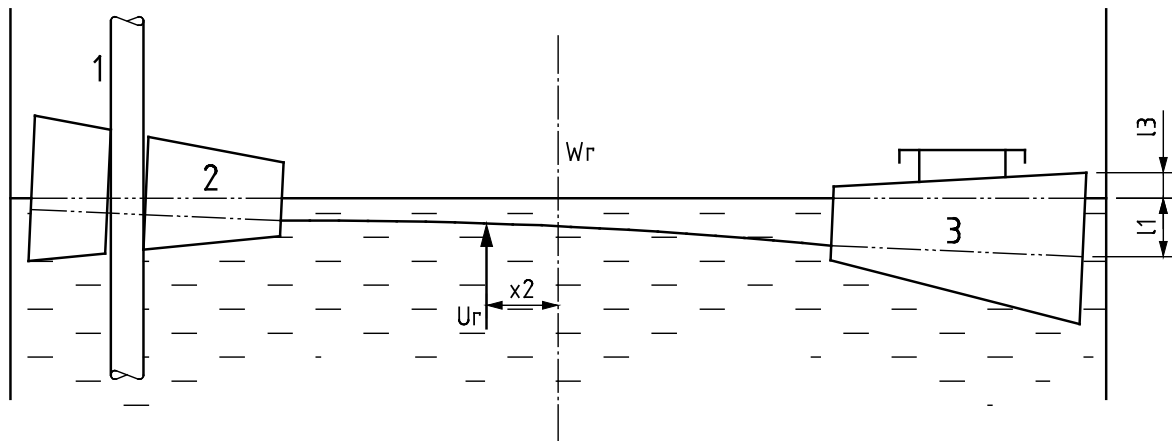
- a) any two adjacent compartments of the pontoon and the central diaphragm are punctured and the main roof drain is considered to be inoperative; or (see Figure D.6)



Key

- 1 bulk head
- 2 man hole

Figure D.6 — Floating roof configuration with center deck and two adjacent pontoons punctured

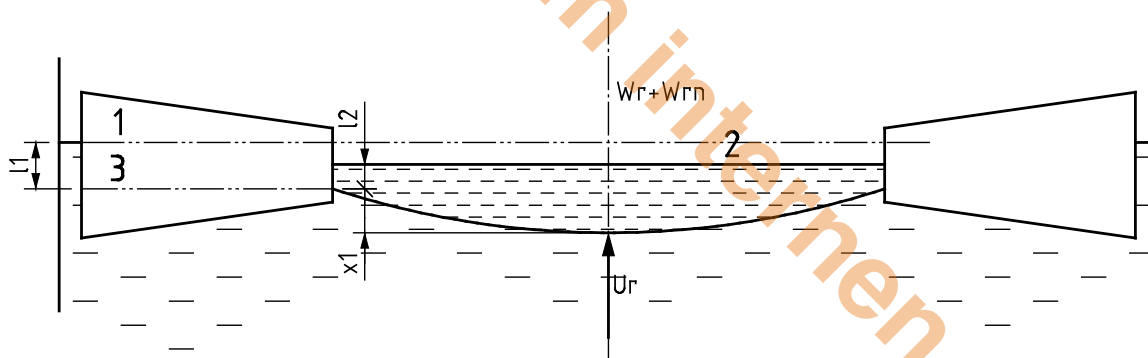


Key

- 1 guide pole
- 2 project level
- 3 original deck level

Figure D.7 — Diagram showing hogging of roof

- b) it carries a load of 250 mm of rain water, calculated on the total roof area, which is concentrated on the central diaphragm, all the pontoon compartments and the central diaphragm are intact and the main roof drain is considered to be inoperative.



Key

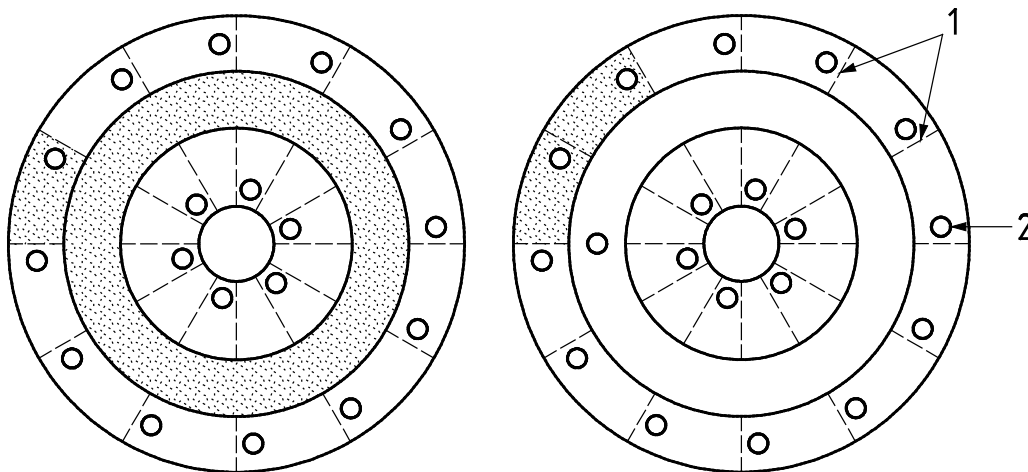
- 1 procut level
- 2 rainwater level
- 3 original deck level

Figure D.8 —

D.3.2.2 Double deck floating roof

The minimum pontoon volume shall be sufficient to keep the roof floating on a liquid having a specific gravity of 0,7, if:

Any two adjacent compartments and the main drain are considered to be inoperative; carries a load of 250 mm of rain water present on the total roof.



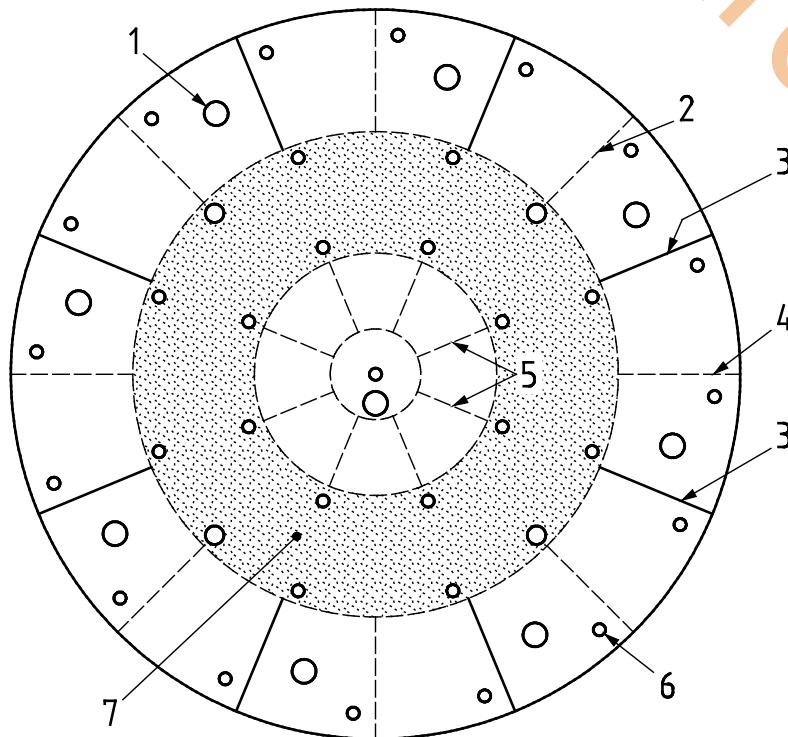
Key

- 1 baffles
- 2 manhole

Figure D.9 — Floating roof configuration with centre deck and two adjacent pontoons punctured

NOTE Worst case scenario (which two adjacent pontoons deliver the highest stress and the maximum tilt or maximum height of outer rim plate) has to be evaluated.

- a) Where the inner rings and baffles are not fully seal welded then the central section of the roof can flood as per a single deck (see Fig D.6) and therefore the double deck buoyancy checks shall comply with D.3.2.1. The design of this style of roof is not encouraged as any leak in the central rings will cause a major problem but be hard to first detect, and then locate for repair.
- b) As an alternative, it shall be permissible to design the roof to support a lower load than required by b), provided that emergency drains are installed (see D.3.9) in order to evacuate the excess rain water directly into the product.
- c) Flexibility of the whole roof is required to permit the roof structure to flex under water load or to adjust to the shape of the tank bottom profile without damage from distortion. This can be achieved by introducing a flexible bay as per Figure D.10



Key

- | | |
|-------------------|----------------|
| 1 pontoon manhole | 5 trusses |
| 2 truss | 6 support |
| 3 bulkhead | 7 flexible bay |
| 4 truss | |

Figure D.10 — Flexible bay in double deck roof

D.3.2.3 Alternative loading condition

If the roof is to be designed for a fixed specific gravity, a particular product, or a specified amount of rainfall deviating from the requirements of D1.3.2.1 to D1.3.2.3, this shall be subject to agreement with the purchaser (see A.2).

D.3.2.4 Flootation Failure

A roof is considered to be floating if the lowest point of the upper edge of the outer rim (excluding any outer rim extension) is still above or touching the surface of the liquid.

D.3.3 Structural design

The roof shall be designed to be structurally sound under the following load conditions:

- a) all buoyancy conditions specified in D1.3.2; and
- b) the roof is resting on its support legs and with a live load equal to 1,2 kN/m² or another value subject to agreement (see A.2). The live load shall not include the load due to rain water, but it may be increased to include foreseeable higher loads.

D.3.4 Roof stability under wind load

Floating roofs can be adversely affected by wind loads which can give rise to fatigue failure in the roof centre deck welds, the roof design and type to be used shall be as specified by the purchaser (see A.1) and for single deck roofs 50 m diameter and above guidance is provided D.XX.

D.3.5 Pontoon manholes

All pontoons and compartments shall be equipped with a manhole fitted with a water-tight cover. The manhole covers shall be designed to return to their closed position if they are raised by a gust of wind and not to be torn off under the design wind conditions. Alternatively manhole covers can be provided with suitable holding fixtures.

The top edge of manhole necks shall be at a height such that water cannot enter the compartments under the conditions specified in D1.3.2.

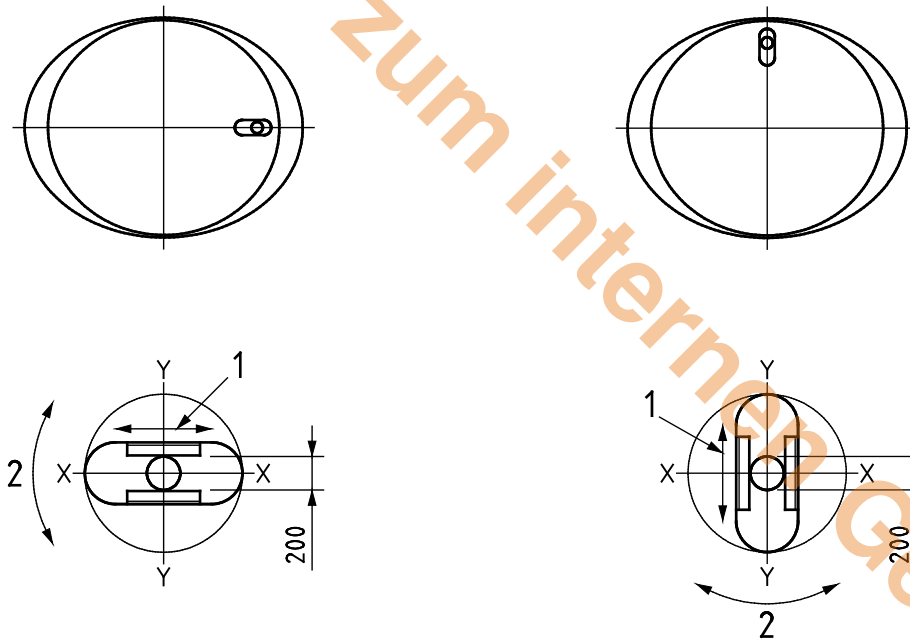
D.3.6 Roof manhole

At least one roof manhole shall be provided for gaining access to the tank interior and for ventilation when the tank is empty. Any additional roof manholes shall be as specified (see A.1). Roof manholes shall have an inside diameter of at least 600 mm and shall be fitted with a tight seal and bolted cover.

D.3.7 Centring and anti-rotation devices

Centring and anti-rotation guide pole shall be installed in order to maintain the roof central in the tank and to prevent its rotation.

The guide pole shall be designed to withstand the lateral forces imposed on them by the roof ladder, unequal snow loads, wind loads, etc. The guide pole shall also be fitted with an emission reduction sleeve to limit emissions from the guide pole well. Consideration shall be given to the clearance around the guide pole during all the cases mentioned in D1.3.2 to ensure the roof does not jam.



Key

- 1 sliding
- 2 rotation

Figure D.11 — Movements around guide pole

D.3.8 Main roof drains

D.3.8.1 General

Unless otherwise specified (see A.1), the main roof drains shall be of the hose or articulated pipe type. They shall be capable of operating under all roof working conditions. Siphon drains for single deck roofs shall not be permitted.

The discharge rate of the main roof drains shall be calculated as a function of the specified maximum rainfall and with the roof floating at its lowest level.

The minimum diameter of the main drain for all types of roof shall be equivalent to the following:

- 75 mm diameter for roof diameters less than 30 m;
- 100 mm diameter for roof diameters between 30 m and 50 m inclusive; and
- 150 mm for roof diameters greater than 50 m.

The number of roof drains is subject to the rainfall intensity and duration values of the applicable geographical area.

Hose or articulated pipe drains on single deck roofs shall have a non-return valve fitted close to the roof end of the drain in order to prevent any backflow of the product on to the roof, in the event of leakage of the hose or articulated pipe.

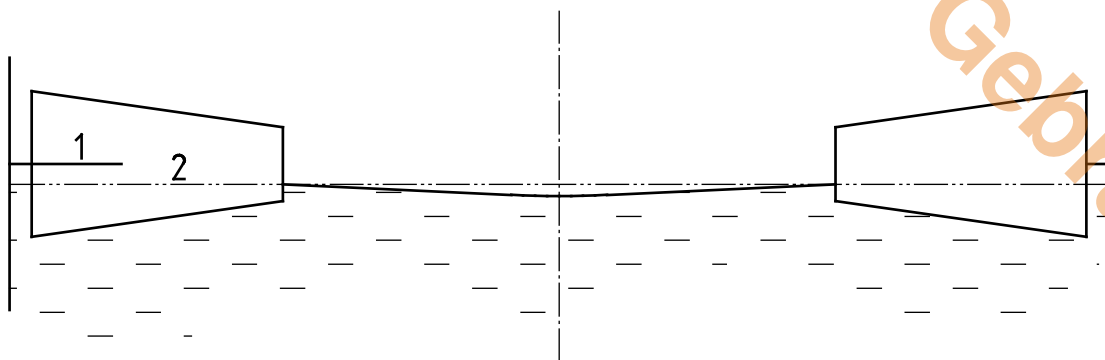
The installation of either type of drain shall include the fitting of the necessary shell accessories required for their operation and, if need be, their replacement.

Where specified, double deck roofs shall be equipped with open type emergency roof drains (see A.1).

D.3.8.2 Single Deck Drainage

One of the areas of concern on a single deck floating roof is water accumulation on the deck. Due to the design of these roofs, water naturally runs to the deck where it can remain as standing water if adequate drainage is not provided.

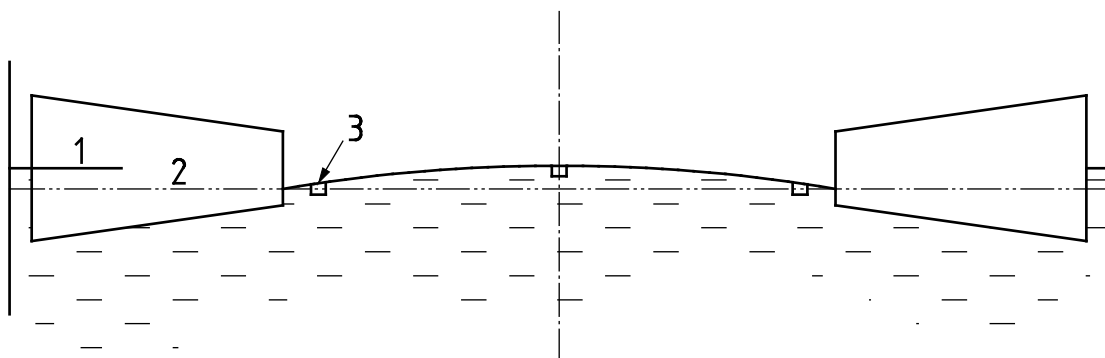
The deck should be designed to displace downwards to a central sump to provide positive drainage for all load conditions, or to displace upwards during normal operation to allowing water to run to satellite sumps at the deck periphery. A totally flat deck allows water to accumulate in natural low spots, and for water to be displaced by wind action to give off centre loads. A flat centre deck can only be achieved for one load condition and is not therefore recommended.



Key

- 1 product level
- 2 reference level

Figure D.12 — Deck sloped down to central sump



Key

- 1 product level
- 2 reference level
- 3 satellite sumps

Figure D.13 — Deck bowing upwards with satellite sumps

Uneven loads such as water accumulation in natural low spots will cause the deck diaphragm to sink locally and encourage more water to run to that point. When sufficient water can

accumulate away from any sump the roof will be liable to tilt and this can lead to the roof jamming either at the guide pole, or in the rim space. In this instance satellite sumps shall be considered.

Where satellite sumps are used each leg from the sump shall be of sufficient size so as to allow for the full design flow rate of the sump back to a primary drain. In addition the connecting pipework shall be sufficiently flexible so as to allow the deck to still act as a diaphragm and not over stress the pipework.

D.3.8.3 Hose drains

Precautions shall be taken in order to avoid kinking or pinching of the flexible hose under the roof support legs as well as prevention of air or liquid locks.

D.3.8.4 Articulated pipe drains

The swivel joints of the articulated pipe drains shall be designed so as to prevent any leakage of water into the product, or of the product into the water.

D.3.9 Emergency drains

Water levels of the accumulated rain water on top of the various roof types structures in relation to the product level at the rim space and the top of the peripheral pontoon section.

a) Single deck structures. For a single deck roof, the accumulated rain water level at the centre deck is always lower than the product level in the rim space, as such no emergency drains are allowed for single deck structures. Satellite sumps are acceptable to add extra drainage – see D1.3.8.2

b) Double deck structures. For a double deck roof, the accumulated rain water level at the top deck is always higher than the product level in the rim space, as such emergency drains are allowed for double deck structure. Large diameter double deck floating roofs can be designed with a double slope for the top deck section.

D.3.10 Drain plugs

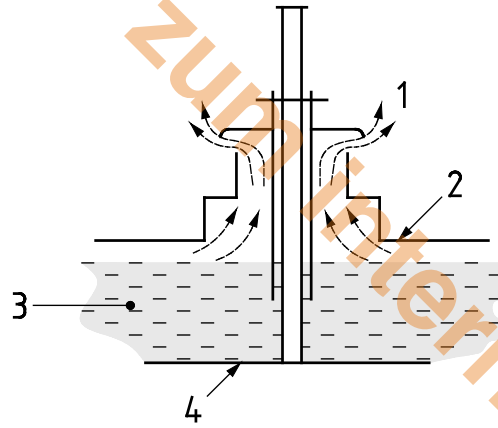
In order to prevent accumulation of rain water on the roof when the roof is resting on its support legs, a drain plug shall be located in the vicinity of the centre of the roof. This device shall be capable of draining the specified rainfall (see D1.3.1 (b)).

Before the roof goes into operation, this drain plug shall be closed and measures taken to prevent its inadvertent opening.

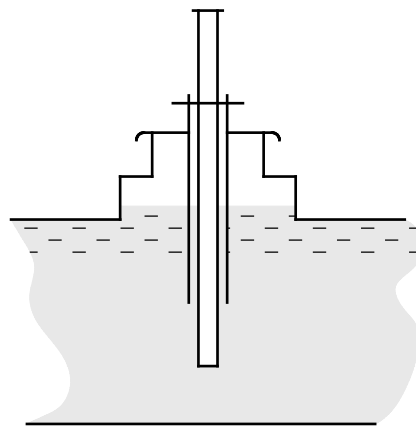
D.3.11 Automatic bleeder vents and rim vents

The maximum liquid filling and withdrawal rates shall be specified to design the number and the sizes of the automatic bleeder vents. (see A.1).

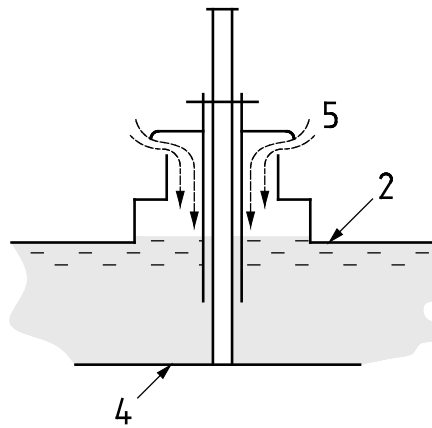
The automatic bleeder vent opening mechanism shall be adjustable so as to allow operation with the different vertical settings of the roof support legs.



a) Filling



b) Floating



c) Emptying

Key

- | | |
|-----------|----------|
| 1 vapour | 4 bottom |
| 2 deck | 5 air |
| 3 product | |

Figure D.14

Where over pressure of the rim space of the floating roof is envisaged, provision shall be made for the fitting of rim vents.

When the single deck floating roof is subject to over pressure due to vapour accumulation pressure relieve valves shall be installed in the deck.

These automatic bleeder vents or pressure relieve vents shall allow the evacuation of the air and gases trapped beneath the roof and the rim gap during initial filling, and allow the entrance of air during withdrawal of the product when the roof is resting on its support legs and, should the occasion arise, the evacuation of any vapors present in the rim space during operation.

D.3.12 Seals

Seals for floating roofs shall conform to Annex E.

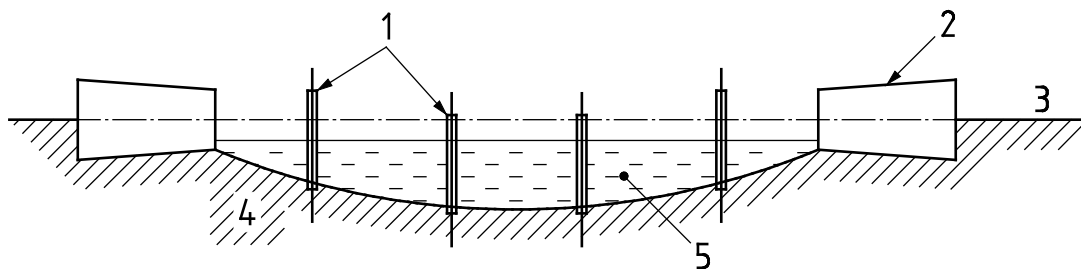
D.3.13 Support legs

Floating roofs shall be equipped with support legs.

The support legs and their attachments shall be designed in order to support the roof and any additional load such as indicated in D1.3.3 b).

NOTE These loads do not take into account any action of the products contained in the tank, nor the possible effects of frequent landing of the roof (see D1.3.1).

The design of the support legs shall not allow the product to flow onto the roof when the latter is loaded with the maximum volume of rain water, nor permit vapour emission (if applicable) when the central diaphragm of a single deck roof is lifted off the liquid surface by vapour pressure. (see also Annex D2)



Key

- 1 supports
- 2 pontoon
- 3 oil level
- 4 oil
- 5 rainwater

Figure D.15 — roof sleeves to be long enough to be above the final rainwater level

Where bulkheads or reinforcing plates are provided, the roof loads shall be transmitted to the support legs via these bulkheads or reinforcing plates.

In order to distribute the induced loads of the support legs over the tank bottom, measures such as the fitting of steel pads shall be introduced. These pads shall be continuously welded to the bottom plates. When pads overlap bottom plate fillet welds in a lap joint, completely welded shim plates shall be installed in order to compensate for the difference in bottom level.

When support legs are hollow, they shall include a hole at their base for drainage purposes.

Where different static roof levels are required, the legs shall be vertically adjustable from the top of the roof. The support leg operating and cleaning position levels shall be as specified (see A.1).

The manufacturer shall ensure that no accessory (e.g. mixers, interior piping, and filling nozzles) interferes with the roof in the low position.

D.3.14 Gauging device

Each roof shall be equipped with a tight closing gauge hatch or gauge well with a tight cap conforming either to the purchaser's specifications (see A.1) or to the manufacturer's own standard.

D.3.15 Rolling ladder

Unless otherwise specified (see A.1), the roof shall be equipped with a rolling ladder having self-levelling steps which automatically adjust to any roof position, or rungs, and is equipped with guard rails on both sides, so that access to the roof is always possible.

The minimum loading strength of the steps or rungs shall conform to EN ISO 14122.

The ladder shall be designed for full roof travel. It therefore cannot be used for tanks of which the height/diameter ratio is greater than or equal to 1, 0.

The ladder shall be designed for both a vertical mid-point load of 5 kN (500 kg) minimum with the ladder in any operating position, combined with the maximum wind load acting on the ladder from any direction. Attention shall be paid to the torsional rigidity of long ladders and vibrational wind effects which are likely to cause them to become derailed.

The track on which the ladder travels shall be positioned at a sufficient height above the deck, to avoid derailment of the ladder by snow or ice.

NOTE 1 For long, heavy ladders, particular attention should be paid to the load bearing width of the rails and the resistance of the wheels.

NOTE 2 For single deck floating roofs the loads from the rolling ladder should be applied only at the centre of the deck and on the peripheral pontoon.

D.3.16 Earthing cables

The floating roof shall be systematically equipped with earthing cables. At least two cables shall be provided for tanks having a diameter less than or equal to 20 m and a minimum of four cables shall be provided for larger diameter tanks.

NOTE The earthing cable should have a minimum cross section area of 50 mm².

D.3.17 Foam dam

A foam dam shall be designed to retain foam at the seal area, at a depth to cover the seal area while causing the foam to flow laterally to the point of seal rupture. The top of the foam dam shall be at least 300 mm but no more than 600 mm from the tank shell. The foam dam shall be a minimum of 300 mm high and extend at least 50 mm above the secondary seal, a combustible secondary seal using a plastic-foam log, or any burnout panel, measured at its highest contact point with the shell.

The foam dam shall be fabricated from minimum sheet metal thickness of 3 mm carbon steel, 1,5 mm stainless steel, or other sufficiently fire resistant material.

A bolted foam dam shall be attached to the outer rim, the rim angle, or to an angle that has been welded to the deck or pontoons. During design and construction, steps should be taken to prevent seal separation and associated compliance issues. A welded foam dam shall be installed on the top plates of the pontoon or roof deck. Welded foam dams and support angles used for bolted foam dams shall be continuously welded on the foam side.

Support braces, if required, shall be installed on the side of the foam dam closest to the centre of the tank at a circumferential spacing of approximately 1,5 m on centre.

To allow drainage of rainwater, the foam dam bottom or attachment angle shall be slotted on the basis of 278 mm² of slot area per m² of dammed area), with a maximum drain slot height of 9,5 mm. Bolts should not penetrate the deck or pontoons.

D.4 Prefabrication in the workshop

The tolerances of all pre-fabricated floating roof components shall be such as to ensure a precise and tight final assembly. A trial erection and workshop inspection should be carried out if specified (see A.1).

D.5 Marking, packing, handling, transport

D.5.1 General

The requirements of 15.11 and 15.12 shall be applied.

D.5.2 Repair after damage during handling operations

The requirements of 16.5 shall be applied.

D.6 Assembly

Assembly shall be carried out in accordance with 16.1.

NOTE On account of its fragility and instability, particular care should be taken during assembly, erection and welding of the floating roof, which can be carried out either on the tank bottom or on temporary supports.

The final roof dimensions shall be adjusted to suit the tank shell manufacturing tolerances (see 16.7) and seal tolerances as specified by the seal manufacturer (see Annex E).

D.7 Welding

D.7.1 General

Welding shall be carried out by approved welders in accordance with the procedures drawn up by the floating roof manufacturer.

The erector shall ensure that, by appropriate methods of assembly and welding sequences, distortion and shrinkage of the floating roof are kept to a minimum.

Roof plates shall be overlapped with a minimum lap of 25 mm, and welding shall be carried out with the weld seam on the top side only, except where the roof is to be internally coated, when both sides shall be welded. For single deck floating roofs subject to wind induced vibration of the deck plates the underside shall be stitch welded.

D.7.2 Support legs

Lap joints in the central diaphragm of single deck roofs within an area of 200 mm radius of a roof support leg shall be welded on both sides.

D.7.3 Bulkheads

All internal bulkhead plates shall be at least single fillet welded along all edges for liquid tightness.

Bulkhead plate corners trimmed for clearance of longitudinal fillet welds shall be filled by welding to obtain liquid tightness.

D.8 Inspection and testing

D.8.1 Welds

All welds on the floating roof, openings and pontoons shall be inspected using either penetrant testing (see 19.6) or a soap bubble examination (see 19.8). All defects shall be repaired and the weld shall be re-inspected.

D.8.2 Pontoons

The pontoon compartments and the buoyancy compartments shall be pressure checked where their design allows. A minimum overpressure of 7 mbar (0,0007 MPa) gauge shall be maintained in each of the compartments during the test. Soapy water of the same type as that used for the vacuum box test (see 19.5) shall be applied on all welds.

Where the design does not permit an air pressure test, all welds shall be inspected using a penetrant test (see 19.6).

D.8.3 Checks

The following checks shall be carried out by the roof manufacturer:

- a) correct positioning and completion of welding of the steel bottom reinforcing plates at the landing location of the floating roof supports.
- b) that the height and location of the legs, in the low position, are compatible with the accessories installed on the bottom and shell;
- c) that the clearance between the roof edge and tank shell is compatible with D1.3.1, D1.3.12 and D1.6. These checks shall be carried out during filling of the tank with water and shall be at the lowest level, mid-height, and maximum liquid level. A minimum of eight points on the circumference, with a maximum distance of 10 m between adjacent points, shall be checked;
- d) that the position of the flexible or rigid connection of the roof drain does not interfere with the other accessories or roof legs;
- e) that holes for the outflow of water have been provided when a foam containment device has been installed;
- f) setting of the leg height, the leak tightness of pontoons and deck, tightness and freedom of movement of the floating roof, when the roof is floating on water;
- g) installation and clamping of the earthing devices.

D.8.4 Drains

The floating roof manufacturer shall conduct a suitable pressure test subject to the selected drain type after installation, in order to make certain of its tightness. This shall be checked by the inspector. The tests pressure shall be specified by the drain manufacturer

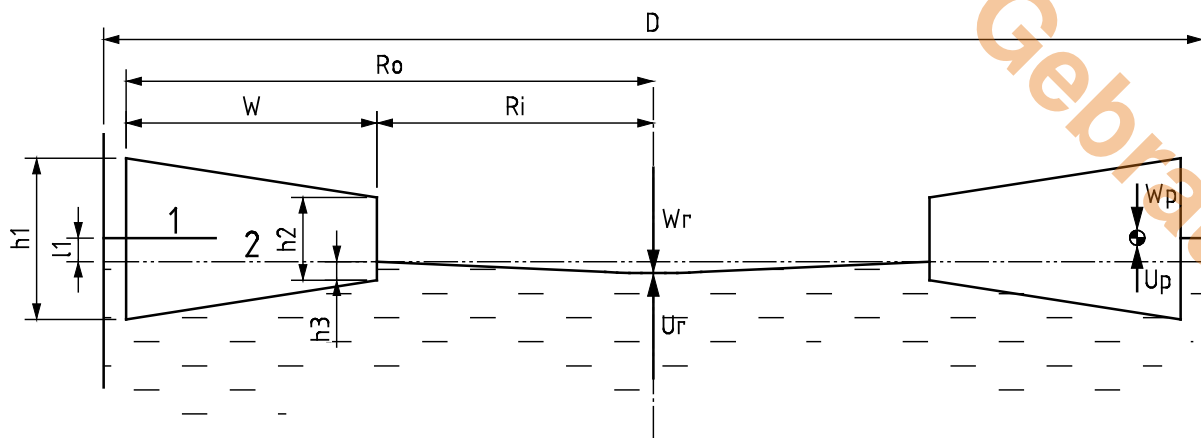
D.9 Documentation

Written operating instructions and limitations of use shall be supplied by the floating roof manufacturer. In addition a record of the tests carried out on the roof shall also be provided (see D1.8).

D.10 Detailed design requirements for floating roofs

D.10.1 General

When requested by the client, or when a single deck floating roof exceeds 50m in diameter a full design analysis shall be undertaken. Part 2 of Annex D offers guidelines for this analysis. The following are based on single deck floating roofs, but where applicable they can be applied to double deck floating roofs (i.e. roof tilt, plate loadings, leg design etc.).



Key

1	product level	U_r	roof buoyancy force
2	reference level	U_p	pontoon buoyancy force
		W_r	roof weight
		W_p	pontoon weight

Figure D.16 — Diagram of roof

Table D.1 — of floating roof variables:

Ro	Roof radius
Ri	Inner rim radius
h1	Outer rim height
h2	Inner rim height
h3	Deck elevation
h4	Deck eccentricity
l1	Product level above original deck level
l2	Water level above original deck level
x1	Deck deflection
Ur	Roof buoyancy force
Up	Pontoon buoyancy force
Wr	Roof weight
Wp	Pontoon weight
Wd	Deck weight
Td	Deck Tension
x2	Roof buoyancy eccentricity
x3	Roof weight eccentricity
x4	Pontoon buoyancy eccentricity

A consistent set of units shall be applied

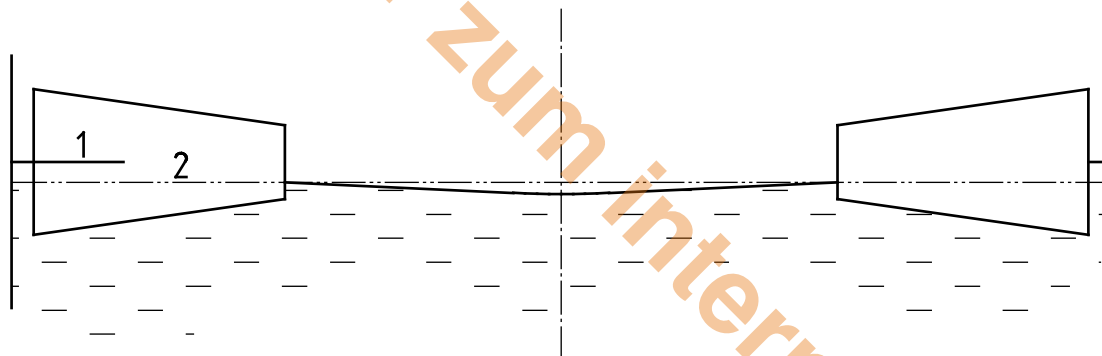
D.10.2 Design Cases

For each design case the following shall be assessed:

- The floatation level of the roof;
- The sag or lift in the central diaphragm (single deck roofs);
- The stresses in each of the floating roof components; and
- Buckling of the outer pontoon section due to compressive loads.

D.10.2.1 Normal operation

The roof shall be assessed for its normal operating condition floating on the specified product specific gravity.



Key

- 1 product level
- 2 reference level

Figure D.17 — Normal operation of a single deck roof.

D.10.2.2 Wind Loads

The roof shall be assessed for the effects of wind loads (see D2.3.5)

D.10.2.3 250mm of rain water

The roof shall be assessed based on 250 mm of rainwater calculated on the total roof area floating on a product with SG of 0,7.

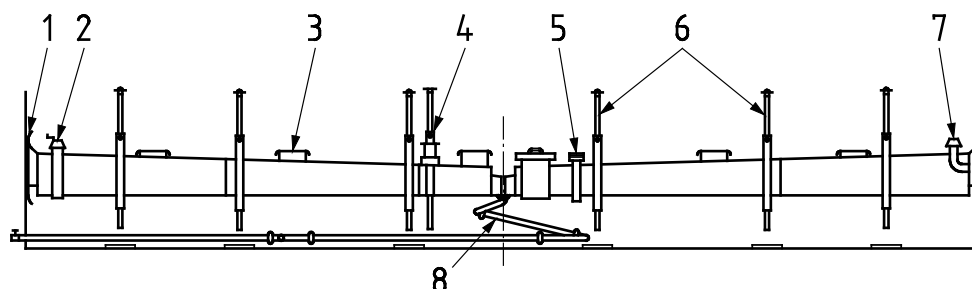
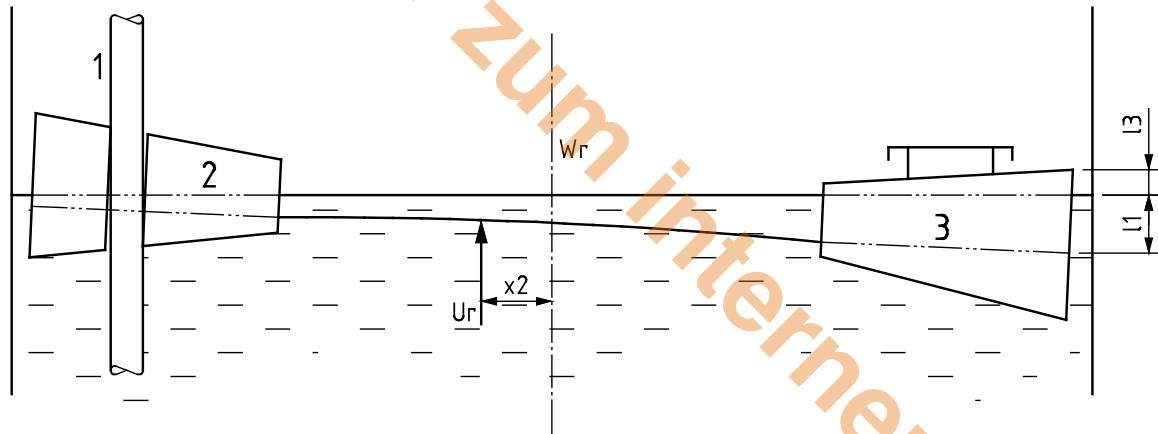


Figure D.18 — 250 mm of water accumulation of a single deck roof.

D.10.2.4 Two punctured pontoons and a punctured central diaphragm

The roof shall be assessed assuming that two adjacent pontoons and the central diaphragm are punctured and the main roof drain is considered to be inoperative.



Key

- 1 guide pole
- 2 product level
- 3 original deck level

Figure D.19 — Floatation with two compartments and the single deck punctured

When assessing roof deflections it should be noted that for a single deck floating roof, the roof will not act as a rigid body. In particular for the case of two adjacent pontoons being punctured the roof will tilt but also hog causing the outer rim to dip lower.

D.10.2.5 The roof resting on its support legs.

The roof is resting on its support legs and with a live load equal to 1,2 kN/m² or another value subject to agreement (see A.2). The live load shall not include the load due to rain water, but it may be increased to include foreseeable higher loads.

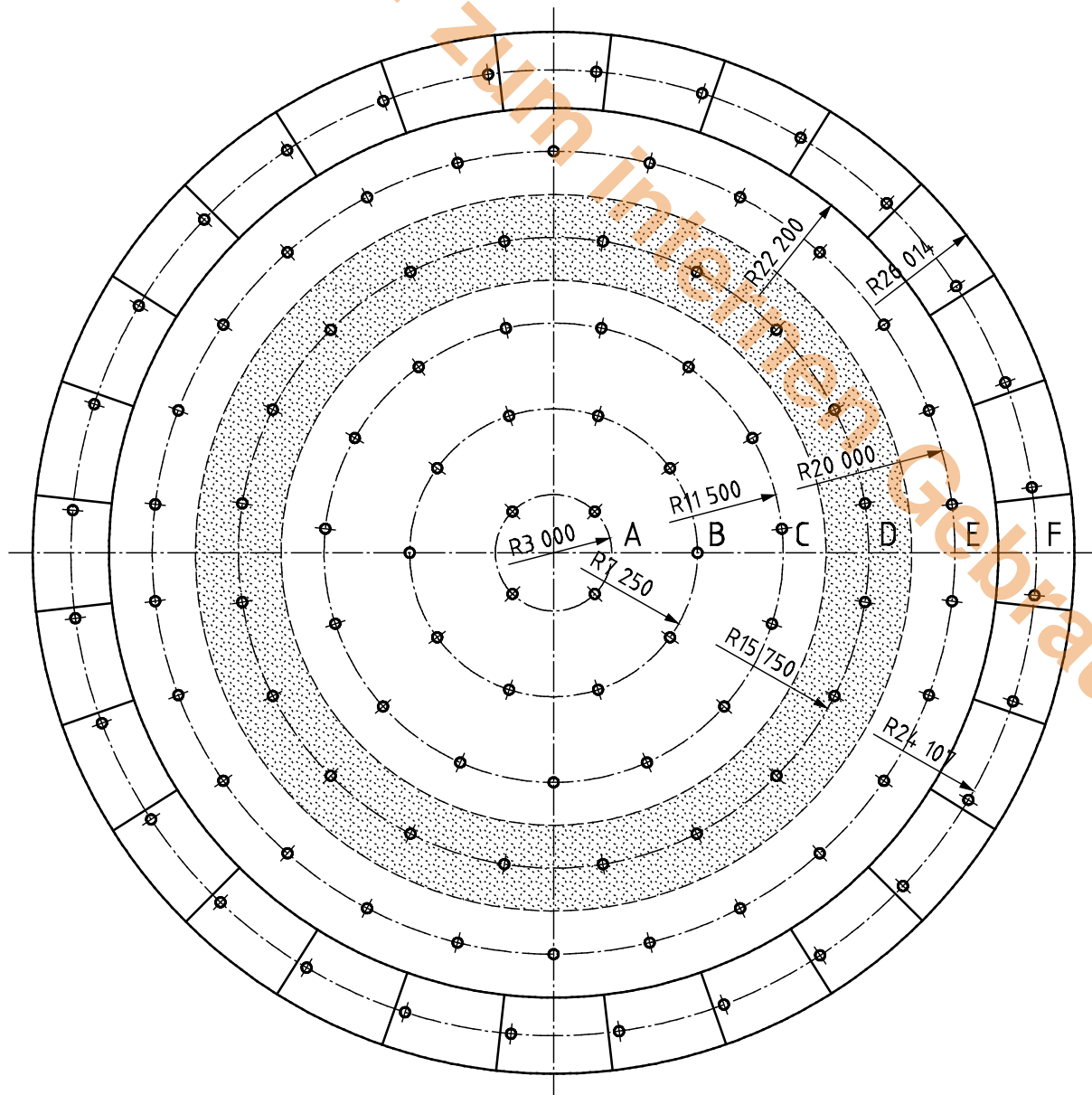
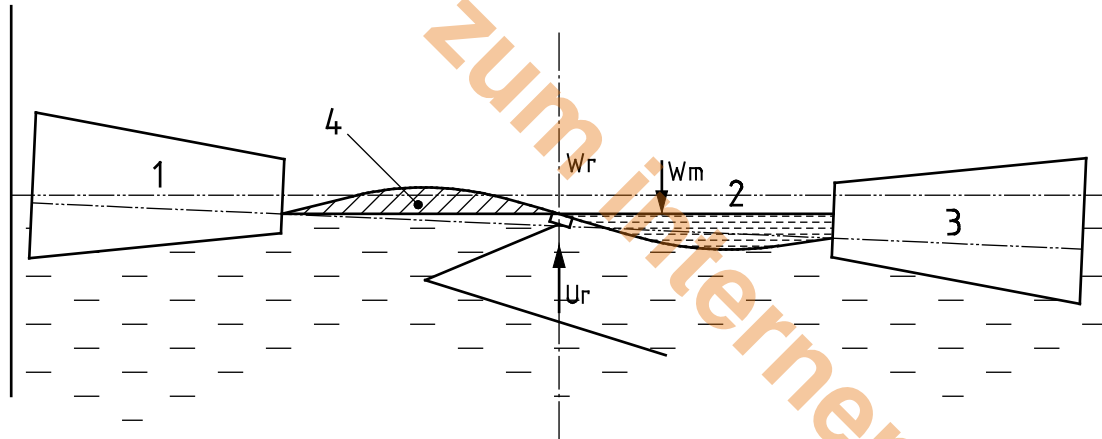


Figure D.20 — Typical roof leg layout

D.10.2.6 Special design cases

Where specified by the client additional design cases might also need to be considered, for example a combination of vapour build up one side of the roof, and water pooling on the opposite side.



Key

- 1 product level 3 deck level
2 water level 4 vapour

Figure D.21 — Twisting in a single deck due to a combination of vapour build up and off centre loading

Other cases that might need to be considered include two opposite pontoon being punctured causing the roof to break its back.

D.10.3 Load conditions

For each of the design cases identified in D2.2 a set of load conditions as set out below shall be established.

D.10.3.1 Dead weight

The weight of each component shall be taken into account in the design. In addition to the plate weights the following shall also be considered in the design:

- additional plate weight due to lap joints;
- diaphragm manholes;
- pontoon manholes;
- support legs and sleeves;
- bleeder vents;
- roof sumps and drains;
- rolling ladder (see below);
- roof seal; and
- any additional roof appurtenances.

Calculating a correct overall weight is important when looking at the roof floatation levels and consideration should be given during the detailed structural design as to how to allow for the additional weights imposed when looking at individual components. This is mostly easily

achieved by calculating a load factor based on total weight of the roof and fittings / net plate weight of the roof = factor

D.10.3.2 Dead weight of rolling ladder + rail track of rolling ladder

Since the rolling ladder is supported by the tank shell on one side and by the floating roof on the other side, only half of the weight is acting on the floating roof. For the various load cases that are to be considered it is assumed that the rolling ladder is positioned at the most critical slope, namely when the roof is in its lowest position. By applying this theory the (point) load from rolling ladder is now as far away as possible, from the centre of the roof, causing the largest possible tilt of the roof by the dead weight of the rolling ladder.

The weight of the rail track (or runway) of the rolling ladder should also be taken into account. Its location shall be accurately applied to the floating roof for each load case.

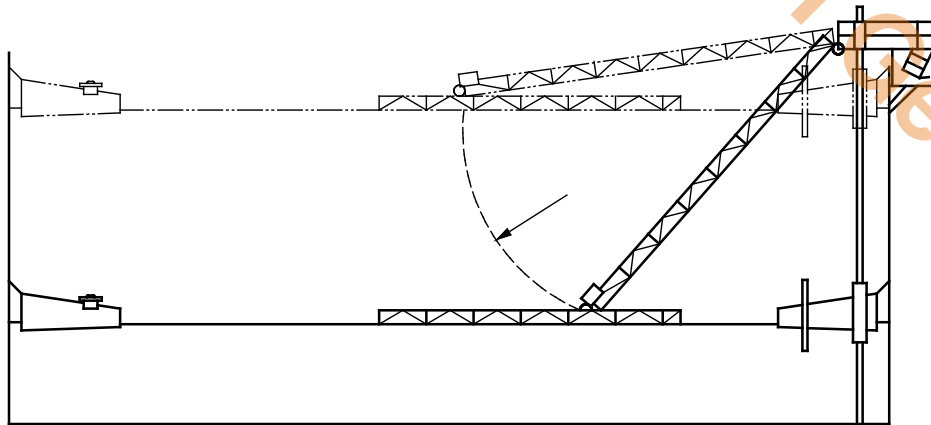
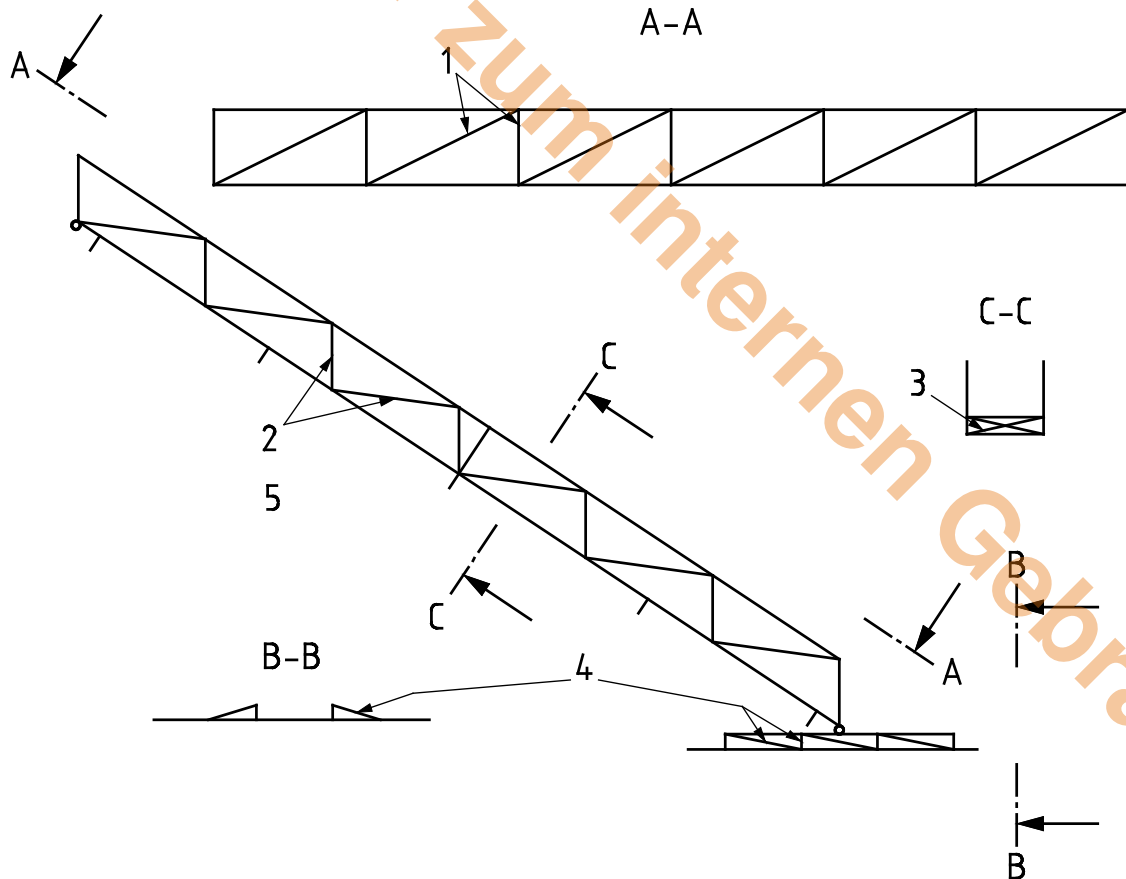


Figure D.22 — Typical arrangement of rolling ladder

D.10.3.2.1 Rolling ladder design

Figure D.23 shows the need to add adequate bracings to these structures in order to limit lateral and longitudinal bending and torsion under applicable loads.



Key

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 typical bracing to prevent parallel bending | A-A top view rolling ladder |
| 2 typical bracing to prevent longitudinal bending | B-B front view rolling ladder |
| 3 typical bracing to prevent torsion | C-C section of rolling ladder |
| 4 typical bracing in tracks to prevent lateral and longitudinal displacement | |
| 5 front view rolling ladder | |

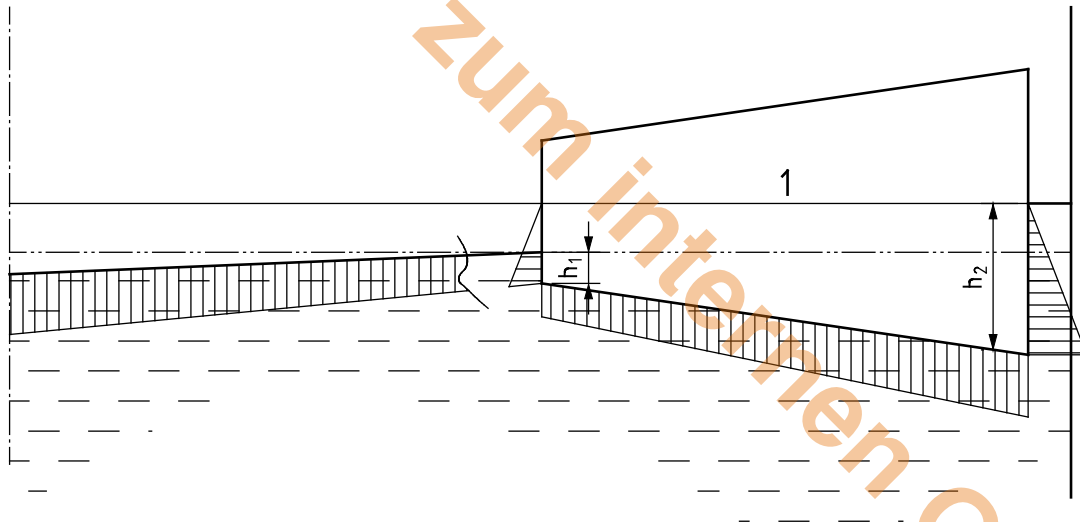
Figure D.23 — Requirements for adding bracings in ladder and track sections to prevent bending and torsion of these structures under applicable loads.

The rolling ladder shall be designed to accommodate a standard tread load as well as a central point load of 5kN, and side loads due to wind.

The rolling ladder and track shall be assessed to EN 1993-1-1.

D.10.3.3 Hydrostatic loads

The floating roof components shall be designed for the appropriate hydrostatic loadings. The hydrostatic loads to be applied are directly proportional to the distance of the point under consideration below the liquid surface. A typical distribution is shown in the diagram below for the pontoon.



Key

1 product level

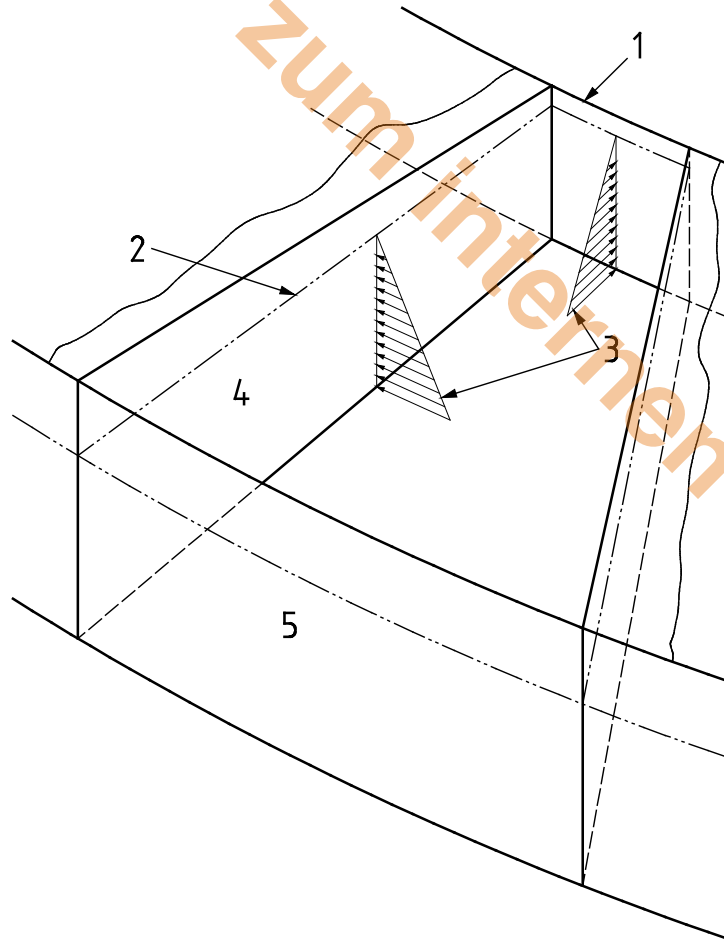
Figure D.24 — Diagram of product hydrostatic loads on roof pontoon

Reduced hydrostatic pressure when two adjacent pontoons as well as the centre deck are considered to be punctured (single deck roofs).

The centre deck plates and the lower deck plates of the punctured compartments are completely submerged. In this case both the centre deck plates and the lower deck plates of the punctured compartments experience a reduced hydrostatic pressure, caused by the volume of these plates. The magnitude of this reduced hydrostatic pressure shall be taken into account.

Hydrostatic pressure in punctured pontoons against bulkheads and against inner rim plate.

When pontoons are punctured and a product level or (rain) water level is accumulating in the pontoons, the bulkhead plates as well as the inner rim plates of the pontoons are loaded by the hydrostatic pressure from inside. These loads shall be taken into account, as shown in Figure 5.



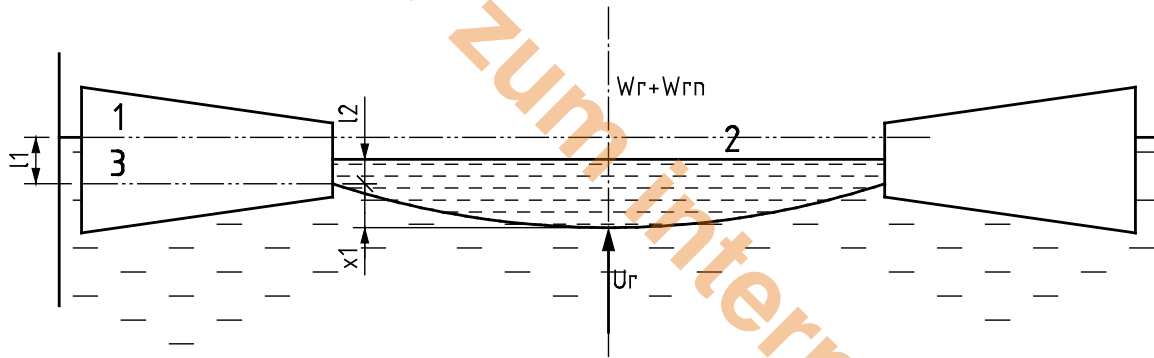
Key

- | | |
|------------------------|-------------|
| 1 rim plate | 4 bulkhead |
| 2 product level | 5 outer rim |
| 3 hydrostatic pressure | |

Figure D.25 — Hydrostatic pressure inside punctioned pontoons

h) Accumulated rainwater

The water load to be taken into account is the result of 250 mm of rain fall in a 24-period over the full horizontal roof area with the roof intact. This amount of rain water will eventually accumulated on the centre deck. In the figure below the initial load due to rain water can be seen.



Key

- 1 —level
- 2 —level
- 3 —deck level

Figure D.26 — Typical arrangement of accumulated water on centre deck

As a result of this initial rain water load the floating roof will distort. Because of this distortion, the load shall be adjusted to the new shape of the floating roof. For the design several iterations might need to be performed, where the load and the area affected by the load of the accumulated rain water is adjusted after each iteration, until an equilibrium is reached and no further deflection in the plates of the centre deck will be initiated by the water load.

During the iterations the overall volume of water is to remain the same, and the water level adjusted to account for the changing shape.

In addition the back pressure due to the product under the deck will also vary with the change in deck shape relative to the product level. The final product level will also be a function of the final deck shape and will be part of the iterative process

NOTE 1 In the case that the accumulating water level should become in excess of the height of the inner rim plate(s) of the peripheral pontoons, the water load on the top plates of these pontoons shall be taken into account in the buoyancy calculations as well as in the structural analyses of the floating roof.

NOTE 2 When double deck roofs are being evaluated the height of the emergency drain will determine the amount of rainwater that should be taken into account, instead of the fixed amount of 250 mm water accumulating on the centre deck for single deck roofs. This can only be applied when the emergency drains have adequate capacity to cope with the (localised) rain fall.

When considering the water level for design in association with the emergency drain it is advisable to add at least 10 mm of water level above the highest point of the emergency drain in order to allow for accumulation of water in case the emergency drain capacity can't cope with the amount of rain fall.

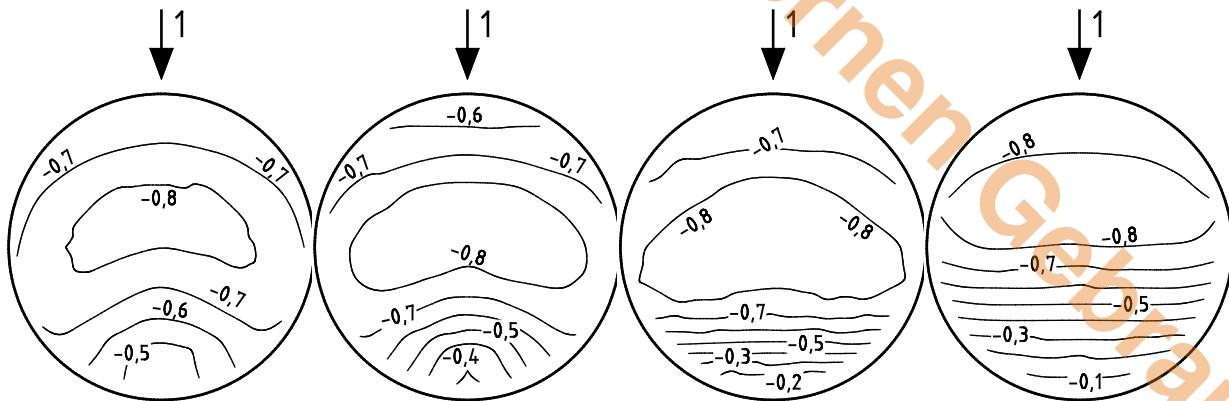
D.10.3.4 Wind loads (see also EN 1991-1-4)

Wind induced suction on an open top tank will apply a design negative pressure acting on the floating roof which shall be assessed as follows:

- When tanks are to be erected in a region where the 3 second wind gust speeds are generally not in excess of 31 m/s, the indicated negative pressure applicable for determining the roof stability under wind load can be maintained at a level of 5 mbar.

- When the tanks are to be erected in regions where the 3 second wind gust speeds are in excess of 31 m/s, the following negative pressures shall be used, irrespective of the diameter of the tank:

In figure D2.12, which is based on the theory expressed in the publication: “Wind loads on open-top oil storage tanks” by Yasushi Uematsu, Choongmo Koo and Koji Kondo, published by BAA VI International Colloquium on Bluff Bodies, Aerodynamics & applications, Milano, Italy 20-24-2008, the distribution of the mean pressure coefficient $C_{p_{mean}}$ is shown for a floating roof at various heights h_r . The distribution of $C_{p_{mean}}$ becomes more uniform with a decrease of h_r .



Key

1 wind

Figure D.27 — Values of $C_{p_{mean}}$, the negative mean pressure coefficients applicable on floating roofs of open-top storage tanks, at various heights (h_r) of the floating roof, relative to the tank shell height (H).

These averaged values of $C_{p_{mean}}$ over the roof are plotted as a function of h_r/h (where h = the height of the vertical tank shell). These values decrease in magnitude with the increase of h_r/h .

However, the effect of h_r is not significant, particular for the negative pressure on the centre deck of floating roofs.

The mean negative pressure $V_{a,mean}$ valid for a floating roof can be assessed as follows:

Mean negative pressure $V_{a,mean} = C_{p_{mean}} * \frac{1}{2} * \rho * v^2$

where

$C_{p_{mean}}$ is negative mean pressure coefficient

ρ is density of air at sea level = 1.25 kg/m³

v is 3 second wind gust velocity (see section 7.2.10.1), which is normally taken as 45 m/s.

Under the stipulated value of $C_{p_{mean}} = 0,8$ valid for the centre deck of a floating roof, the mean negative pressure will then be: $V_{a,mean} = 1012,5 \text{ N/mm}^2$ (10,13 mbar) at 45m/s.

Under this value of $V_{a,mean}$ the integrity of the centre deck of a floating roof shall be assessed.

Also a fatigue assessment in the roof centre deck welds shall be performed under these conditions.

Under the stipulated value of $C_{p_{mean}} = 0,7$ valid for the area of the peripheral pontoons of a floating roof, the mean negative pressure will then be: $V_{a,mean} = 885,9 \text{ N/mm}^2$ (8,86 mbar) at 45m/s.

NOTE 1 It is advised that the centre deck plates of floating roofs with diameters in excess of 50 m shall be reinforced with radial and/or circular girders in order to reduce the occurrence of wind generated fatigue loads in the deck welds.

Warning: The deck will no longer act as a diaphragm and the structural design shall consider this!

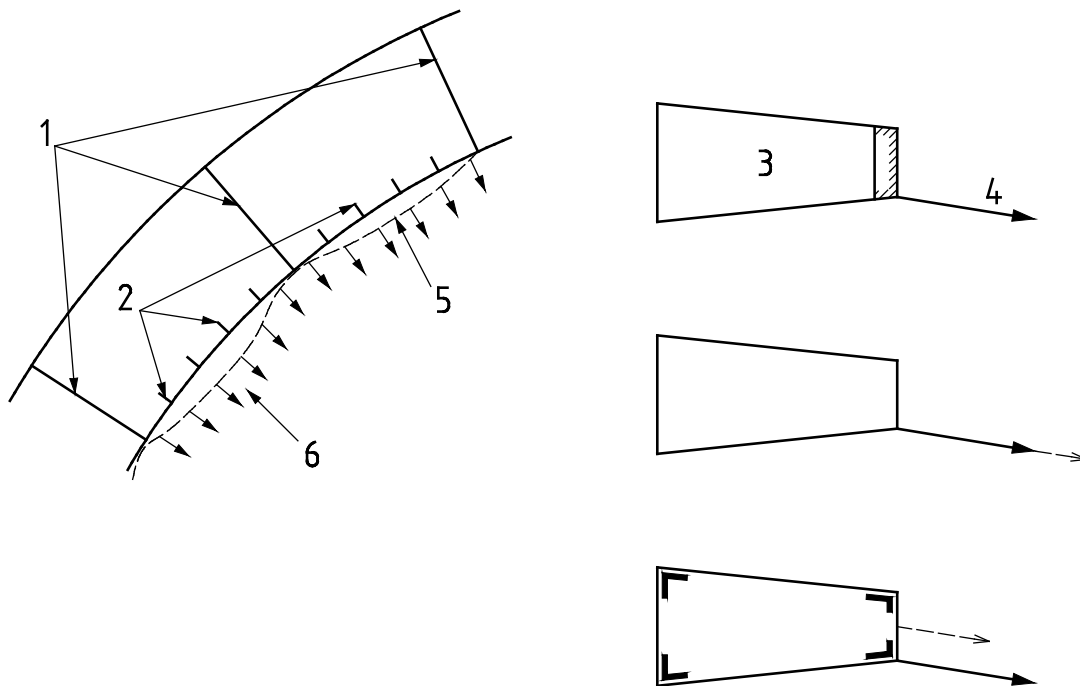
NOTE 2 Preferably, floating roofs with diameters in excess of 50 mm should be designed as double deck floating roofs to eliminate the chance of the occurrence of wind generated fatigue loads in welds in the centre deck.

NOTE 3 Care should be taken to ensure that the weight of the manhole covers is in excess of $1012,5\text{N/mm}^2 / 9,81 \text{ m/s}^2 = 103,2 \text{ kg/m}^2$ (at 45m/s) in order to prevent them from being lifted off from the pontoon manholes by the wind induced negative pressure (see also D.10.3.5).

As an alternative the manhole lids shall be fastened down.

D.10.3.5 Deck Loading

As mentioned in D2.2.3 and D2.2.5 the central diaphragm of a single deck floating roof is loaded in a complex manner. In particular the case for 250 mm of rain water requires an iterative solution to account for the variation in the water depth across the roof, and the product load acting under the deck. In addition due to the rotation and the radial movement in the outer pontoons the boundary condition for the design of the deck needs to be assessed in an iterative manner.



Key

- | | |
|------------------|---|
| 1 bulkheads | 4 pulling force |
| 2 rim stiffeners | 5 inner rim plate if rim stiffeners are not present |
| 3 pontoon | 6 pulling force from centre deck |

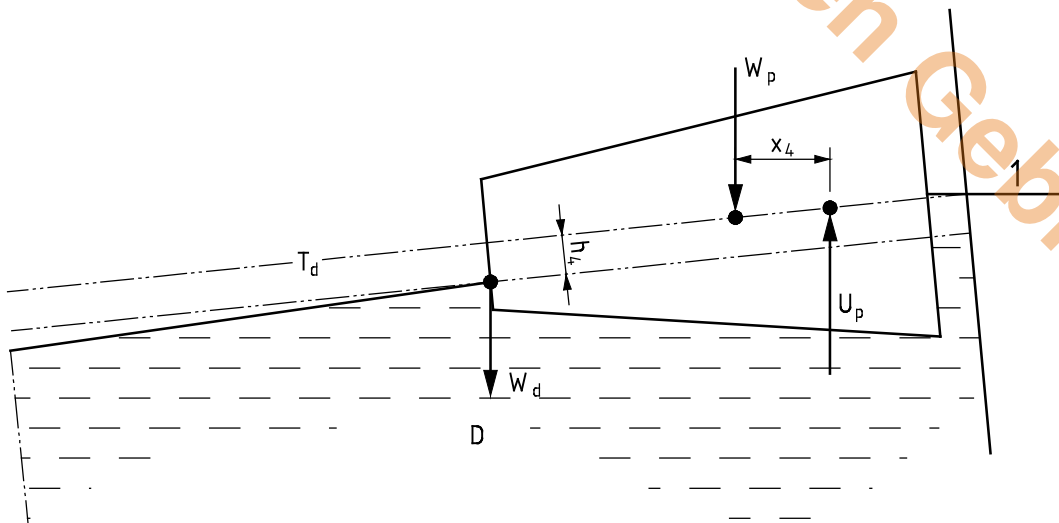
Figure D.28 — Inner rim loads

The resulting loads on the outer pontoon will depend on the configuration of the roof. For a deck mounted part way up the inner rim, the inner rim stresses will need to be assessed and either the inner rim will require thickening, or rim stiffeners will need to be added and assessed.

The pulling force on the pontoon as a whole will also need to be assessed.

D.10.3.6 Pontoon buckling load

Due to the shape of the outer pontoon and the positioning of the central diaphragm as well as the large deflections in the central diaphragm several different loads in combination are applied to the outer pontoon. The combination of loads causes the outer pontoon to rotate, but also to be pulled inwards. This can result in the outer pontoon buckling. This condition needs to be assessed to ensure the outer pontoons remains stable and do not fail under buckling.



Key

1 product level

Figure D.29 — Deck to pontoon force diagram

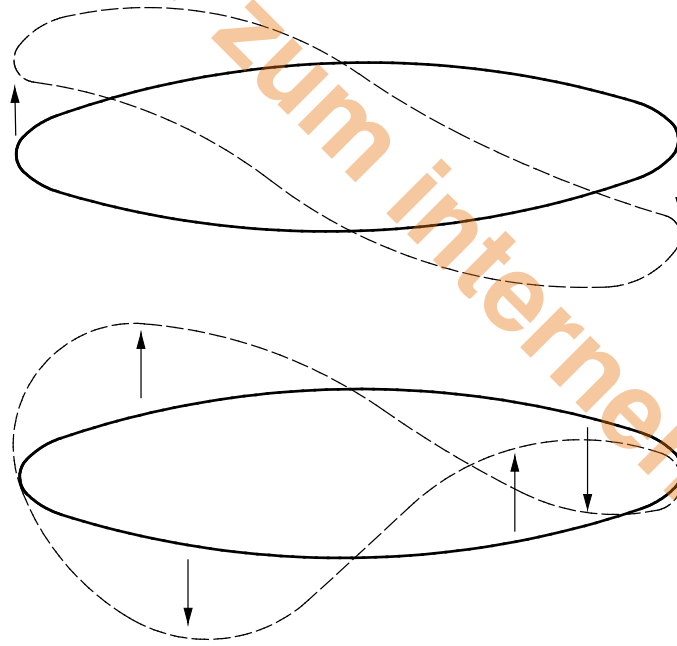


Figure D.30 — Roof buckling modes

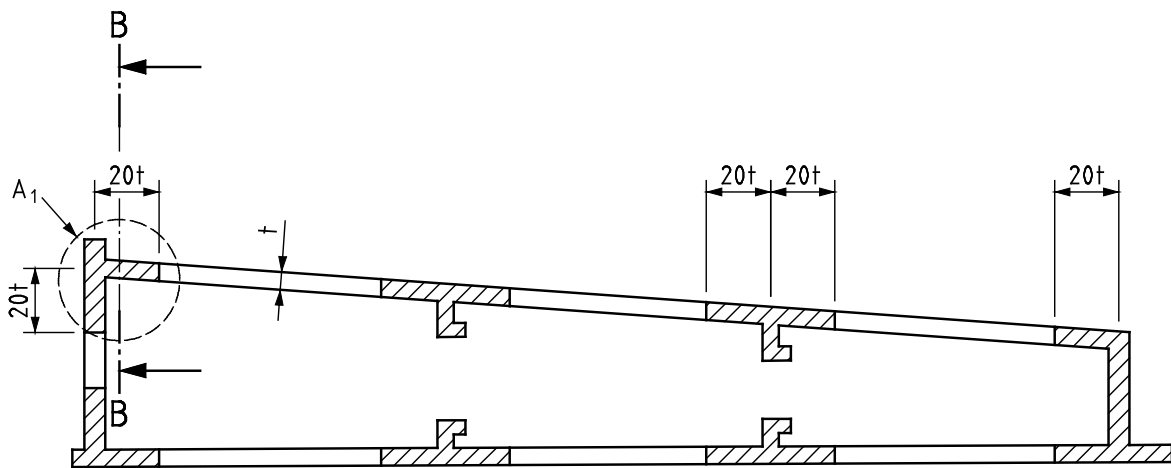


Figure D.31 — Material available to resist buckling.

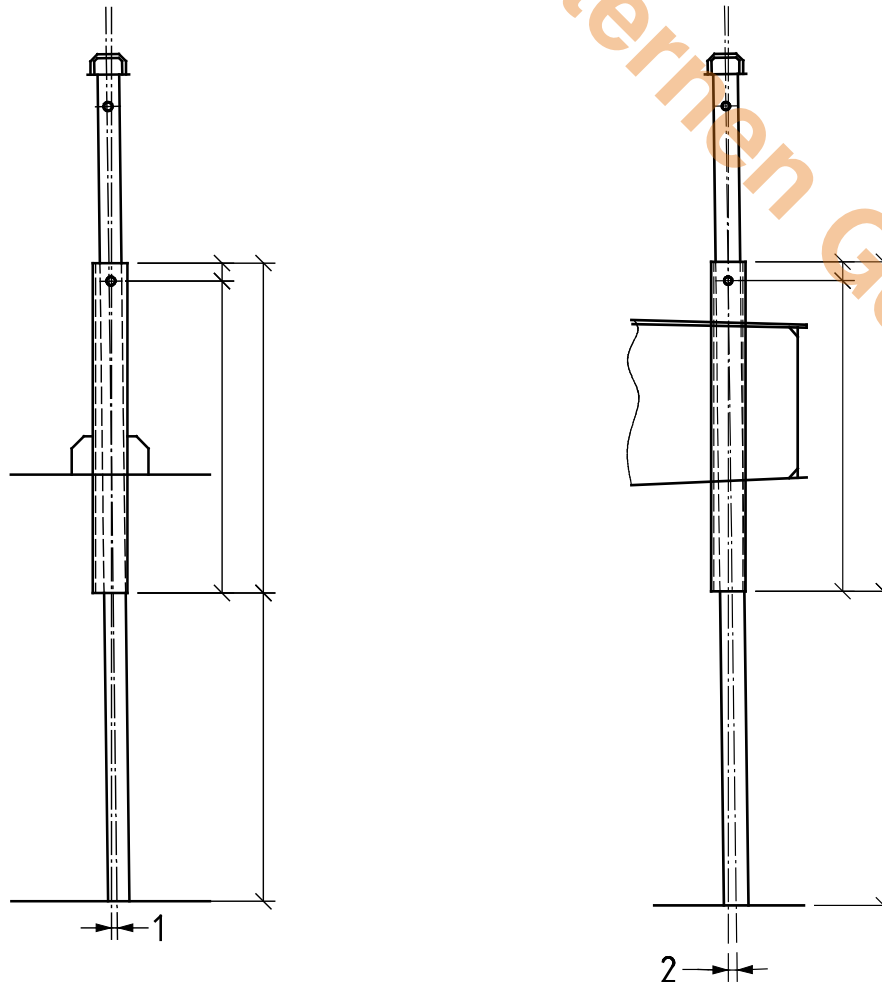
D.10.3.7 Roof Leg Loading

Roof legs shall – as a minimum – be able to take-up the following loads:

- Dead weight of the floating roof and its appurtenances (see D2.3.1).
- The normative superimposed roof load of minimum $1,2 \text{ kN/m}^2$ or the loads specified in Clause 7 (which is a combination of the prescribed maximum snow load that is valid for the region of the tank, to be increased with (i) the load of possible accumulating (rain)water, in case it is considered that the roof drain would not be able to sufficiently drain water from the roof in landed position, and (ii) a possible vacuum that could be initiated before the shell manholes or any vent opening are opened for gas freeing and/or access of personnel (If auto-bleeder vents are fitted this will not apply).

The loadings on the roof support legs shall be geometrically distributed. For single deck floating roofs, the loadings on the pontoon support consists of the loading on the entire pontoon and 50 % of the centre deck part from the pontoon edge to the nearest ring of deck supports

The load bearing capacity of roof legs will, predominantly, be determined by the effect of tilt that will be introduced by (i) the space between the outside diameter of the leg and the inside diameter of the sleeve and (ii) the flexibility of the centre deck, which may cause an additional rotation – see Figure D.32.



Key

- 1 distance of eccentricity
- 2 angle of eccentricity

Figure D.32 — Eccentricity of a landing leg (roof support)

D.10.4 Stress checks

Below is a table showing where stress checks are required when carrying out a detailed stress analysis of a roof.

Table D.2 —

Location	Normal operation D2.1.1	Wind load D2.1.2	250mm rain water D2.1.3	2 punctured pontoons D2.1.4	Roof resting on support legs D2.1.5	Special cases D2.1.6 Note 1
Outer rim	*		*	*		*
Inner rim	*		*	*		*
Pontoon top deck	*		*	*		*
Pontoon bottom deck	*		*	*		*
Pontoon top deck stiffeners	*		*	*		*
Pontoon bottom deck stiffeners	*		*	*		*
Bulkheads				*		*
Pontoon buckling			*			*
Central diaphragm	*	*	*	*	*	*
Central diaphragm stiffeners	*	*	*	*	*	*
Support legs					*	
Support leg sleeves					*	
Support leg pins					*	

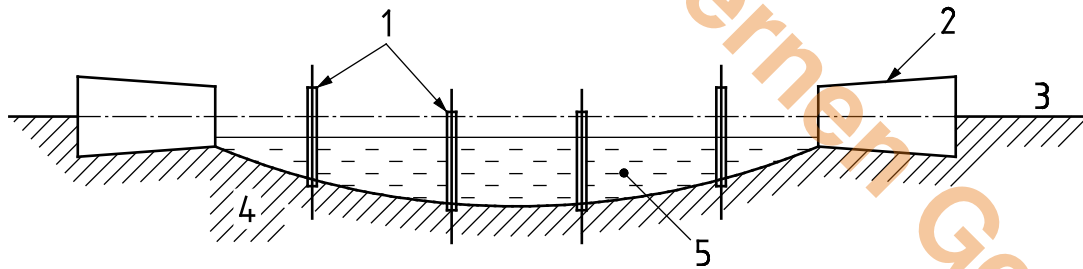
NOTE 1 For the special design cases the locations to be assessed shall be agreed with the client.

For each of the plate locations the bending and membrane stresses shall be assessed, along with any peak stresses. For further guidance on the use of categorized stresses see Annex U.

Legs bending and compressive stresses shall be check against EN 1993-1-1, the shear pin and holes shall be checked for shear stresses and bearing stress.

D.10.5 Maximum liquid height on top of centre deck

This check shall be performed in order to check the possibility of product flowing through the holes in the sleeves of the roof supports under the accumulated rain water load. As specified in D2.3.6 above the final liquid level on the central deck needs to be assessed by an iterative process. Once the final level is established the outstands of the roof leg sleeve holes, deck manways, auto-bleed vents etc. need to be reviewed to ensure that they remain above the water level in all situations.



Key

- | | |
|-----------------|-------------|
| 1 roof supports | 4 oil |
| 2 pontoon | 5 rainwater |
| 3 oil level | |

Figure D.33 — roof support sleeve relative to 250mm of water

Annex E
(normative)

Requirements for rim seals for floating roofs

E.1 General

Tanks equipped with a floating roof shall be fitted with rim seals to minimize the loss of vapours. Where specified (see A.1) rim seals from Annex E may be used for internal floating roofs as well, both for instance when light weight or welded steel internal floating roofs are used (see C.3.2.3). It should be noted that certain seals will require a re-design if used on light weight internal floating roofs or on welded steel internal floating roofs.

NOTE Attention is drawn to the following codes and/or regulations as also determining performance and design requirements for tank seals:

- European Council Directive No 94/63/EC of 20 December 1994 [6].
- IPPC BREF Storage tanks 2005 (Best Reference Guide)
- API Chapter 19, Storage tank emissions

The lowest seal (as closest to the product surface) or the seal that represents the first barrier against emissions is identified as the primary seal. A secondary seal is the second barrier against evaporation, and is installed above the primary seal.

An independent secondary seal is completely independent from the performance of the primary seal, i.e. even if the primary seal would not perform adequately the secondary seal performance for an independent secondary seal is not depending on the primary seal performance. This is usually identified as a rim mounted (independent) secondary seal.

E.2 Seal design and seal materials

The clearance between the floating roof and tank shell shall allow the floating roof to slide up and down the tank shell. At the same time the clearance between the floating roof and the tank shell results in a rim gap with an exposed product surface generating emissions. The seal design shall prevent the vapours of the product contained therein from escaping. The rim seal shall also prevent the penetration of rain water into the tank if used on external floating roof tanks.

The seal design shall take account the following aspects:

- a) Product(s) stored;
- b) Temperature of the liquid to be stored;
- c) Design of the floating roof;
- d) Operational requirements; and
- e) Other relevant requirements.

Seals shall be designed to:

- withstand friction against the tank shell;
- be resistant to the products contained in the tank;
- tolerate the tolerances in the tank shell and the floating roof;
- tolerate within limits, the lateral movements of the floating roof;
- tolerate tank shell deformations caused by factors such as changes in the climatic conditions.

NOTE Seal working range shell to be documented in seal design drawings

Liquid mounted seal:

In order to achieve the best possible sealing, a lower element of the seal shall project into the stored liquid, close to the tank shell, resulting in a liquid mounted primary seal. The minimal projection of the lower seal element (such as the shoe plate) into the liquid should be 100 mm (4") for an external floating roof tank under dead load condition and based on a design product gravity of 0,7.

Foam dam:

If a foam dam is installed to ensure foam is accumulating on top of the seal arrangement to deal with a rim fire scenario than the foam dam installed should be 50 mm higher than the highest point of the seal, to ensure proper built up of foam on top of the seal.

NOTE Maximum seal position shall also be a minimum of 50 mm below the top of the tank shell and or shell extension plate.

Foam ports:

Alternatively metallic seal elements completely covering the rim space between floating roof and tank shell could be equipped with foam ports to allow the entry of fire-fighting foam under fire conditions. Foam ports are openings in the seal that are covered with a combustible material burning out in case of a fire. Any foam dam should be 50 mm higher in elevation than the opening for these foam ports.

Earth connections:

All metallic parts of the seals shall be earthed, to provide dissipation of static electricity or currents introduced from lightning strikes. For this reason bonding shunts shall be provided on the external floating roof and shall be located above the uppermost seal. Shunts shall be 50 mm wide and 0,4 mm thick austenitic stainless steel as a minimum, or shall provide equivalent corrosion resistance and current carrying capacity. Shunt spacing shall be no more than 3 m. All non-metallic parts shall be of anti-static quality. Low sparking and low erosion metals shall be preferred.

NOTE Other shunt positions can be considered.

Material selection:

All peripheral seal types and materials shall be adequately selected after consideration of both proposed and future product service, tank shell construction/condition, maintenance requirements, regulatory compliance, service life expectancy, ambient temperature, weather conditions, design metal temperature, maximum design temperature, permeability, abrasion resistance, discoloration, aging, embrittlement, flammability, and other relevant factors. Various seal types will have variable life expectancy and service limitations.

The following non-mandatory table provides guidance on frequently used polymer materials for certain Hydrocarbons. Each material shall be evaluated for its suitability for the specific product(s) and service conditions, subject to its intended service.

Table E.1 — guidance on frequently used polymer materials for certain Hydrocarbons

Fluid Stored	Seal materials for primary seal service
Crude oil	Fluoropolymers (and Fluor-elastomers) and laminates of the same, urethane and urethane laminates, NBR compounds and NBR compound laminates (NBR = Nitrile compounds)
Refined products	Fluoropolymers (and Fluor-elastomers) and laminates of the same, urethane and urethane laminates, NBR compounds and NBR compound laminates (NBR = Nitrile rubber compounds)
Hydrocarbons with more than 15%	Fluoro or equivalent standard polymers (and Fluor-elastomers) and laminates of the same

If the use flame retardant materials is specified then the non-metal materials of the seal shall be made of flame retardant materials in accordance with DIN 22100 or UL-94 (VTM-0) which can have been fire tested as per DIN 22118 or DIN 22100 or UL 94 or any other recognized standard(s). Magnesium alloys, copper and copper alloys shall not be used.

Maximum seal operating height

The maximum operating height of the floating roof shall be such as to provided safe operation of the seal(s) present.

E.3 Seal types

The most common seal types shall be classified as follows:

a) Independent primary seals:

- mechanical shoe seals (shoe plate seals);
- compression plate or compression spring forced lip seals;
- liquid-filled resilient seals (tube seals);
- foam-filled resilient seals (foam seals).

b) Independent secondary seals:

- spring forced pad, lip seals with rubber lip, foam filled resilient pad, or water absorbent felt pad;
- compression plate seals with rubber lip or foam filled resilient pad.

c) Wiper seals such as wedge shaped (tapered) rubber or foam wipers (typically use on internal floating roofs only).

d) integrated primary/secondary seals

Working elements of independent primary and secondary seals are integrated into one construction with one or two sealing curtains connected to the floating roof.

E.4 Weather shields

In addition to a secondary seal or instead of a secondary seal overlapping weather shields can be installed to cover and protect the non-metallic parts of floating roof seals against sunlight, weathering, and falling objects, and to deflect rain water onto the floating roof.

E.5 Application and technical details of rim seals

E.5.1 Mechanical shoe seals

Mechanical shoe seals shall be used either independently or in combination with a secondary seal, and do represent a common seal for all types of floating roofs.

NOTE 1 Mechanical shoe seals might be used in tanks storing crude oil, products or chemically aggressive liquids.

NOTE 2 In crude oil tanks, the application of a wax scraper system acting at the bottom end of the shoes is possible.

NOTE 3 The metal shoes are normally of similar height as the floating roof. Low height shoes can be used in combination with independent secondary seals if and when required, for instance when shoe plate seals are used on internal floating roofs.

NOTE 4 A typical example is shown in Figure E.1 a).

The metallic shoes shall be earthed through the floating roof.

E.5.2 Compression plate or compression spring spring-forced lip primary seals

Compression plate or compression spring forced lip primary seals shall be used in combination with independent secondary seals.

NOTE 1 This seal can be executed as liquid mounted when the seal is fitted with a submerged skirt.

NOTE 2 Compression plate seals are typically not used on light weight internal floating roofs given their seal configuration and high weight when compared to other seals.

NOTE 3 A typical example is shown in Figure E.1 b).

E.5.3 Liquid-filled primary seals (tube seals)

Liquid-filled primary seals shall consist of a circular abrasion resistant scuff band equipped with an internal liquid containing tube. The tube is to be filled with a suitable liquid, which can be a non-freezing liquid (if required), water, kerosene or the stored liquid.

To give good sealing efficiency, the lower part of the seal shall project into the stored liquid.

NOTE 1 For hot work during maintenance in an emptied tank, it might be necessary to drain the filling from the seal.

NOTE 2 Liquid filled seals are typically not used on light weight internal floating roofs given their seal configuration and high weight when compared to other seals

NOTE 3 A typical example is shown in Figure E.1 c).

E.5.4 Foam-filled primary seals (foam seals)

Foam-filled primary seals shall consist of an abrasion resistant scuff band containing resilient foam elements, and rigid holding down elements.

To achieve good sealing efficiency, the holding down elements shall provide continuous contact of the seal with the stored liquid.

NOTE 1 When the floating roof is moving, and there is a strong friction force between the seal and the tank shell, contact between the seal and the liquid cannot always be maintained due to the vertical displacement of the seal.

NOTE 2 Foam-filled seals have strong centring forces and high friction.

NOTE 3 For hot work during maintenance in an emptied tank it might be necessary to remove the foam elements from the seal or to puncture the seal, to make sure any absorbed product is no longer present.

NOTE 4 A typical example is shown in Figure E.1 d).

E.5.5 Spring-forced pad or lip secondary seals

Depending on the maximum expected rim space, a minimum ring height shall be provided for satisfactory operation.

NOTE 1: Compression plate and/or spring-forced pad or lip secondary seals normally have good flexibility and centring forces.

NOTE 2 The operating height above the floating roof rim may have to be as low as possible, generated from a low-profile seal configuration, which might increase tank capacity as a result of allowing higher floatation levels for the floating roof.

E.5.6 Compression plate secondary seals

Depending on the maximum expected rim space, a minimum compression plate height shall be provided for satisfactory operation.

NOTE 1 The compression plates might incorporate foam ports to allow fire-fighting foam to enter the rim space (see E.2).

NOTE 2 Compression plate secondary seals have good centring forces and protect the sealing curtain against sun light and weathering.

NOTE 3 The operating height above the floating roof rim might have to be as low as possible, generated from a low-profile seal configuration, which might increase tank capacity as a result of allowing higher floatation levels for the floating roof.

E.5.7 Integrated primary/secondary seals

For integrated primary/secondary seals, several effective elements are be combined into one unit. The primary part of the sealing system shall normally be a mechanical shoe seal (see E.5.1)

NOTE 1 The operating height above the floating roof rim might be low, generated from a low-profile seal configuration, which might increase tank capacity as a result of allowing higher floatation levels for the floating roof.

NOTE 2 The vapour volume in the rim space might be effectively sealed by a submerged sealing element.

NOTE 3 As seal performance for the secondary seal is not independent from seal performance of the primary seal this seal type is considered to generate higher emissions compared to a combination of independent seals

NOTE 4 A typical example is shown in Figure E.1 e).

E.5.8 Wiper seals

Wiper seals shall consist of a continuous ring of rubber or a polymer wiper material, in a continuous contact with the tank shell. Typically wiper seals are made of materials such as PE (Polyethylene), PU (Polyurethane) or NBR (Nitrile rubber) grades, and they are typically used on internal floating roofs, as seals on internal floating roofs are not required to have a water shedding ability. Apart from that they are not exposed to harsh weather conditions such as sun radiation, UV light, Ozone or other weather influences.

NOTE 1 It is also possible to install rubber wiper seals that are based on are usually augmented by integrated or external springs.

E.6 Installation

Proper installation of seals is vital to accomplish an adequate performance and satisfactory service life, and installation shall be carried out by personnel that is adequately trained or supervised during installation of the seal(s).

E.7 Testing

Proper seal performance can be tested by conducting a floatation test. This test can be part of the commissioning routines for the tank and floating roof involved, for instance combining this floatation test with the hydro test. Seal gaps can be measured and reported for the seal after seal installation (also for the tank out of service) and / or for the roof during and / or after floatation test, and should meet the local requirements.

Alternatively seal performance and tightness in actual product service can be tested measuring evaporating product fractions and reporting on these, allowing seal performance review for seals in actual service. Measurement methods available include for instance using Flame Ionic Detector (FID) or Photo Ionic Detection (PID) vapour measurement devices to measure vapour concentrations at specific locations. Alternatively a suitable IR (infrared) camera can be used to review overall seal tightness and performance.

In cases where there will be no seal installed during the tank hydro test or the seal will not be tested during a floating roof floatation test it is important to monitor seal performance during or immediately after the first tank filling cycle. Monitoring and documenting seal performance will be required for each section of the tank shell that the seal has not travelled before during earlier tank loading operations.

E.8 Documentation

All parties involved, but as a minimum the tank owner as well as the seal vendor, are required to document the following:

Seal design (seal drawings)

It is recommended to also document the following if and when conducted, subject to agreement between Purchaser and the Vendor (see Annex A):

- Inspection of seal upon completion
- In-service inspections

Annex F
(normative)

Selection of carbon and carbon manganese steel plate to alternative specifications to those in

F.1 Alternative national standards

All carbon and carbon-manganese steel plate materials used in the manufacture of tanks complying with this document shall be in accordance with 6.1. unless otherwise agreed (see A.2). When so agreed, it shall be permitted to select carbon and carbon-manganese steel plates conforming to a recognized National Standard, provided that they also meet the requirements of this annex. Selection of a suitable material conforming to these requirements shall be the responsibility of the tank manufacturer.

F.2 Carbon and carbon manganese steel

F.2.1 General requirements

F.2.1.1 Definitions shall be in accordance with EN 10025.

F.2.1.2 The basic oxygen, electric arc or open hearth steel making processes shall be permitted. Rimming steels shall not be permitted.

F.2.1.3 Tolerances, surface finish and internal soundness shall be as specified in the latest revision of EN 10025.

F.2.1.4 The testing method, number of samples, position of samples, and selection and preparation of test pieces for mechanical testing shall be in accordance with the latest revision of EN 10025. Tensile testing shall be transverse to the direction of rolling and impact testing parallel to the direction of rolling.

F.2.1.5 Inspection documents shall be in accordance with 6.1.1 of this document. Marking shall be in accordance with EN 10025.

F.2.2 Chemical composition

F.2.2.1 The chemical composition as measured by the ladle analyses shall be in accordance with Table F.1. The ladle analysis shall be reported, together with values of all elements specified in F.2.2.2 and any deliberate additions, e.g. aluminium, boron, niobium or vanadium.

F.2.2.2 The carbon equivalent from the ladle analysis, calculated using the following formula, shall not exceed 0,42 % for plates thicker than 20 mm.

C_{ev} is to be used for carbon and carbon-manganese steels

$$C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (F.1)$$

The following alternative procedures may be applicable in consultation with the Purchaser.

P_{cm} is to be used for modern low-carbon, low alloy steels, where the maximum value may not exceed 0,21 %.

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn+Cu+Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (F.2)$$

CEN is to be used for both traditional steels and low-carbon, low-alloy steels, where the maximum value may not exceed 0.39 %.

$$CEN = C + A(C) * \{Si/24 + Mn/6 + Cu/15 + Ni/20 + (Cr + Mo + Nb + V)/5 + 5B\} \quad (F.3)$$

Where:

$$A(C) = 0,75 + 0,25 \tanh\{20(C - 0,12)\} \quad (F.4)$$

Based on the outcome of the different calculations, the pre-heating temperature prior to start of welding shall be established.

Table F.1 — Chemical composition (Ladle analysis)

Yield strength N/mm ²	Chemical composition Weight % maximum															Notes	
	C	Mn	Si	P	S	Nb	V	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Cr+Ni Cu+Mo	Nb+V		CEV
≤ 275	0,21	1,5		0,040	0,040	0,06	0,1	0,07	0,25	0,30	0,20	0,35	0,01	0,80	0,10	0,42	1
> 275 to 355	0,20	1,6	0,55	0,035	0,035	0,06	0,1	0,07	0,25	0,30	0,20	0,35	0,01	0,80	0,10	0,42	1
> 355	0,20	1,6	0,55	0,030	0,030	0,10	0,2						0,01			0,42	2

NOTE 1 The nitrogen content may be increased to 0,02 % max if the ratio of Al/N>2.
NOTE 2 Other alloys such as Cr, Ni, Mo, Cu, if not deliberately added, shall be specified for > 275 to 355, and if deliberately added, the levels shall be agreed between between the steel manufacturer and the tank manufacturer.

F.2.3 Mechanical properties

F.2.3.1 The mechanical properties shall be determined in accordance with F.2.1.4 and shall meet the requirements of F.2.3.2 to F.2.3.6.

F.2.3.2 For design metal temperatures in excess of 100 °C, steels with elevated temperature yield strength values shall be in accordance with the equivalent of Table 8. Other steel grades for which elevated temperature yield strength values are not specified in the material standard may also be used, provided the actual value of each cast of the material delivered shall be verified by the steel manufacturer in accordance with the latest revision of EN 10002-5. The test results shall be reported in an inspection document in accordance with the latest revision of EN 10204 Cert. 3.1.

F.2.3.3 When the maximum design metal temperature exceeds 250 °C, steels which are proven to be unaffected by ageing shall be used. The method of proof shall be subject to agreement (see A.5).

F.2.3.4 For steels with a specified minimum yield strength of less than or equal to 275 N/mm²:

- a) specified minimum tensile strength shall not exceed 430 N/mm²;
- b) elongation on 80 mm gauge length according to EN ISO 6892-1 shall not be less than 20 %;
- c) Charpy V-notch impact tests, when required, shall meet the requirements of F.2.4.2.2.

F.2.3.5 For steels with a specified minimum yield strength greater than 275 N/mm² and less than or equal to 355 N/mm²:

- a) specified minimum tensile strength shall not exceed 510 N/mm² ;
- b) elongation on 80 mm gauge length according to EN ISO 6892-1 shall not be less than 20 %;
- c) Charpy V-notch impact tests, when required, shall meet the requirements of F.2.4.2.3.

F.2.3.6 For steels with a specified minimum yield strength greater than 355 N/mm²:

- a) specified minimum tensile strength shall not exceed 600 N/mm²;
- b) elongation on 80 mm gauge length according to EN ISO 6892-1 shall not be less than 19 %;
- c) Charpy V-notch impact tests, when required, shall meet the requirements of F.2.4.2.4

F.2.4 Impact testing

F.2.4.1 General

When necessary to meet the requirements of this document, Charpy V-notch impact testing in accordance with the latest revision of EN ISO 148-1 shall be undertaken in accordance with the appropriate material standard for the plate.

The specified Charpy V-notch impact test values for plates from the three test pieces are based on three longitudinal test pieces, the value taken shall be the average of the three results. The minimum individual value of only one test piece shall be not less than 70 % of the specified average value. Where reduced section test pieces are required, 10 mm × 5 mm test pieces shall be used and they shall demonstrate 50 % of the values specified for full size test pieces. Wherever the section thickness of the test plate permits, 10 mm × 10 mm test pieces shall be used.

F.2.4.2 Impact properties

F.2.4.2.1 Materials shall be impact tested in accordance with the requirements of the specified steel standard. When impact testing is required, the impact test temperatures and levels of impact energy shall conform to F.2.4.2.2 to F.2.4.2.4, as appropriate.

Impact testing shall not be required for bottom plates other than annular plates, and roof plates.

Impact testing of bottom annular plates shall not be required when the shell plates attaching to them are not required to be impact tested.

Impact testing shall not be required for shell plates, or materials attached to shell plates, when the minimum design metal temperature and the thickness are within the limits given in Table F.2.

NOTE Roof plates do not normally require impact testing, but it may be required for roofs for very high pressure tanks where the plate thickness exceeds 6 mm (see Figure 1).

Table F.2 — Conditions for waiving impact testing

Minimum design metal temperature °C	Thickness mm
≥ + 10	≤ 20
≥ 0	≤ 13
≥ - 10	≤ 10
< - 10	≤ 6

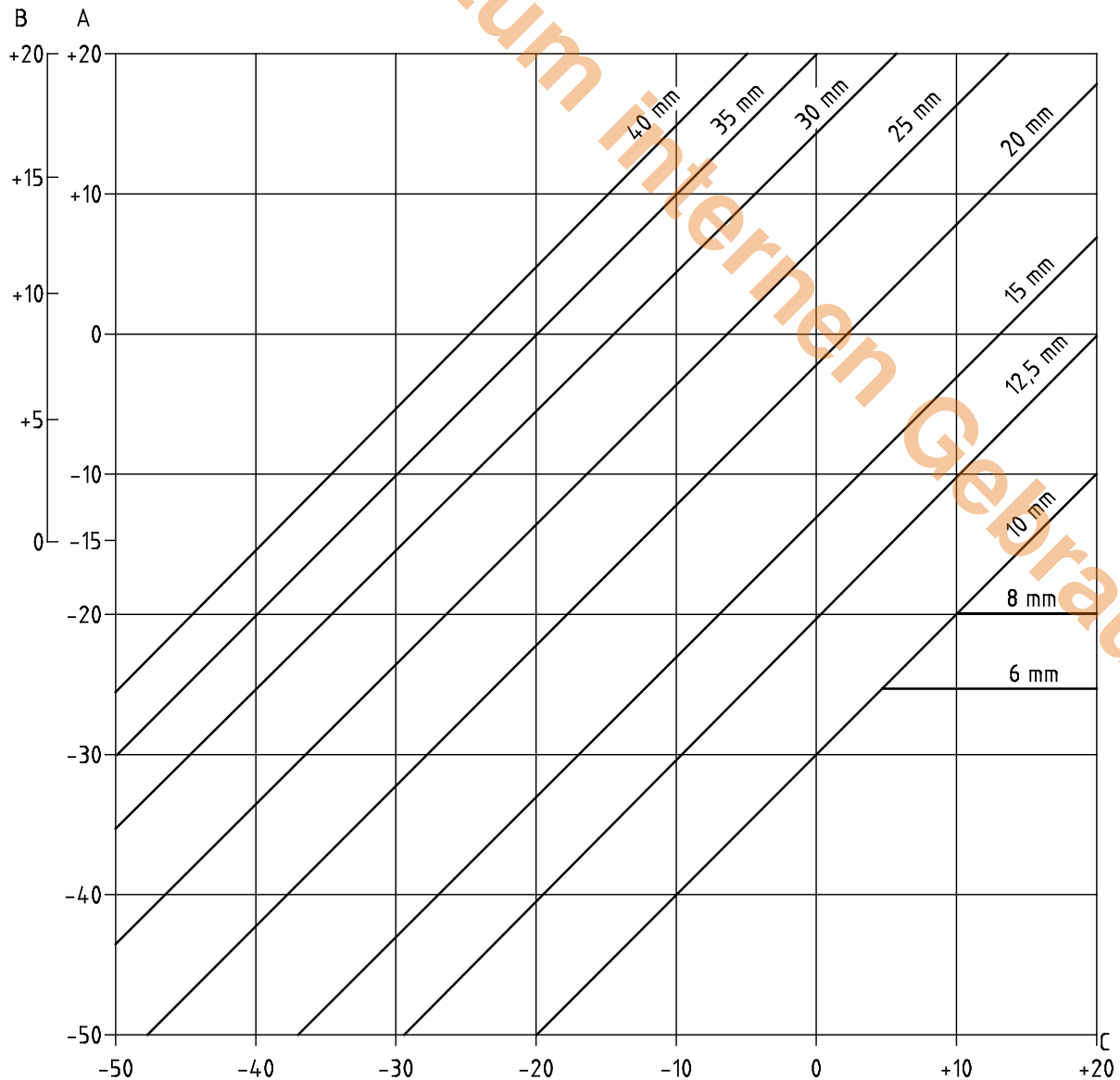
F.2.4.2.2 When required to be impact tested, steels with a specified minimum yield strength less than or equal to 275 N/mm², shall show not less than 27 J at +20 °C or at the test temperature indicated in Figure F.1, whichever is the lower.

F.2.4.2.3 When required to be impact tested, steels with a specified minimum yield strength greater than 275 N/mm² and up to and including 355 N/mm², shall show not less than 40 J at -5 °C or at the test temperature indicated in Figure F.1, whichever is the lower.

NOTE Conversion of the specified impact value from 27 J to 40 J may be made on the basis of 1,3 J/°C. Such extrapolation is limited to a maximum range of ± 10 °C.

F.2.4.2.4 When required to be impact tested, steels with a specified minimum yield strength greater than 355 N/mm², shall show not less than 55 J at -15 °C or at the test temperature indicated in Figure F.1, whichever is the lower.

Dimensions in millimetres



Key

A Minimum design metal temperature °C

B Minimum water test temperature °C

C Impact test temperature °C

NOTE 1 Intermediate values can be determined by interpolation.

NOTE 2 Scale A temperature on the ordinate is to be used in determining minimum Charpy V-notch impact test temperature requirements for the thickness and minimum design temperature concerned. The requirements derived from Scale A take into account an improvement in safety which may be anticipated as a result of the hydrostatic test. During the first hydrostatic test the degree of security against brittle fracture may be rather less than on subsequent loading and consideration should be given to utilising the more conservative requirements of Scale B if this would result in more onerous Charpy V-notch impact test temperature requirements having to be specified.

Figure F.1 — Minimum Charpy V-notch impact test requirements

F.3 Stainless steel

F.3.1 General requirements

F.3.1.1 Definitions shall be in accordance with the latest revision of EN 10088 parts 1 to 5.

F.3.1.2 Tolerances, surface finish and internal soundness shall be as specified accordance with the latest revisions of EN 10088 parts 1 to 5 and EN 10029. (See also 6.2)

F.3.1.3 The testing method, number of samples, position of samples and selection and preparation of test pieces for mechanical testing shall be in accordance with the latest revision of EN 10088 parts 1 to 5.

F.3.1.4 Inspection documents and marking shall be in accordance with 6.2.2 of this document.

F.3.2 Chemical composition and grade families of stainless steels

F.3.2.1 For a grade not listed in Table 12 of this standard, the chemical composition as measured by the ladle analyses shall be defined in an alternative standard or specification according to F1. The Chromium content should not be less or equal to 11,5 %, Sulphur $\leq 0,015$ % and Phosphorus $\leq 0,045$ %, all by %-mass.

F.3.2.2 Austenitic stainless steels shall be limited to a maximum thickness defined in the standard or specification.

F.3.2.3 Austenitic-ferritic stainless steels shall be limited to a maximum thickness defined in the standard or specification. The Molybdenum content shall be $\geq 0,1$ % and the Chromium content shall be ≥ 19 % by %-mass.

F.3.2.4 Ferritic stainless steels can be considered up to a maximum thickness of 10 mm.

F.3.2.5 Martensitic stainless steels shall not be used at all.

F.3.3 Mechanical properties and impact toughness

F.3.3.1 For tanks intended to operate at elevated temperatures above 50 °C, the required values of yield strength (0,2 % proof strength) for the alternative grade shall be determined by interpolation of the values specified in the relevant standard.

F.3.3.2 Alternative grades for which elevated temperature yield strength (0,2 % proof strength) values are not specified in a material standard may also be used, provided the actual value of each cast of the material delivered shall be verified by the steel manufacturer in accordance with the latest revision of EN 10002-5. The test results shall be reported in an inspection document in accordance with the latest revision of EN 10204, Cert. 3.1.

F.3.3.3 In accordance with Clause 1.3(b) of this standard for austenitic stainless steels the maximum design metal temperature is limited to 300 °C. The minimum design metal temperature is limited to -40 °C.

F.3.3.4 The maximum design metal temperature for austenitic-ferritic stainless steels is 250 °C and the minimum design metal temperature is -40 °C.

F.3.3.5 The maximum design metal temperature for ferritic stainless steels is 250 °C and the minimum design metal temperature is -10 °C.

F.3.3.6 For austenitic stainless steels, the elongation on 80 mm gauge length shall not be less than 30 %.

F.3.3.7 For austenitic-ferritic and ferritic stainless steels, the elongation on 80 mm gauge length shall not be less than 20 %.

F.3.3.8 For austenitic stainless steels, the Charpy V-notch impact value (in accordance with the latest revision of EN ISO 148-1) needs not to be tested at minimum design metal temperature down to -40 °C. In any case the Charpy V-notch impact value shall not be less than 60 J. (See also F.3.4)

F.3.3.9 For austenitic-ferritic and ferritic stainless steels, the Charpy V-notch impact value (in accordance with the latest revision of EN ISO 148-1) at the minimum design metal temperature shall not be less than 40 J. (See also F.3.4)

F.3.4 Impact testing

F.3.4.1 General

When necessary to meet the requirements of this document, Charpy V-notch impact testing in accordance with the latest revision of EN ISO 148-1 shall be undertaken in accordance with the appropriate material standard for the plate. The specified Charpy V-notch impact test values for plates from the three test pieces are based on three longitudinal test pieces, the value taken shall be the average of the three results. The minimum individual value of only one test piece shall be not less than 70 % of the specified average value. Where reduced section test pieces are required, 10 mm × 5 mm test pieces shall be used and they shall demonstrate 50 % of the values specified for full size test pieces. Wherever the section thickness of the test plate permits, 10 mm × 10 mm test pieces shall be used.

F.3.4.2 Impact properties

Materials shall be impact tested in accordance with the requirements of the specified steel standard. Impact testing shall not be required for bottom plates other than annular plates, and roof plates. Impact testing of bottom annular plates shall not be required when the shell plates attaching to them are not required to be impact tested. Impact testing shall not be required for shell plates, or materials attached to shell plates, when the minimum design metal temperature is within the limits given in F3.3.3, F3.3.4 and F3.3.5.

NOTE Roof plates do not normally require impact testing, but it might be required for roofs for very high pressure tanks where the plate thickness exceeds 6 mm.

Annex G (informative)

Recommendations for seismic provisions for storage tanks

G.1 Introduction

Reference is made to EN 1998-4 which provides principles and application rules for the design of vertical cylindrical tanks in seismic regions.

In this Annex, flow charts have been introduced, as explanatory guideline that give an overview of the complete vertical cylindrical tank seismic design or verification according EN 1998-4.

This Annex follows in principle the theories used in EN 1998-4, however, subject to agreement between Purchaser and Designer (see Annex A), alternative formulae may be used. Notes have been added in the flow charts to provide additional information, when found to be required.

In G.2 a worked example of the seismic calculations to a storage tank according to this Annex is provided for further information.

G.2 References

[A] EN 1998-1, Eurocode 8 : Design of structures for earthquake resistance

Part 1 : General Rules, seismic actions and rules for buildings.

[B] EN 1998-4, Eurocode 8 : Design of structures for earthquake resistance

Part 4 : Silos, tanks and pipelines.

[C] CODRES2007 Division1.

Code de Construction des Réservoirs de Stockage Cylindriques Verticaux Ed. 2007.

[D] IITK-GSDMA Guidelines for seismic design of liquid storage tanks. Provisions with Commentary and Explanatory Examples.

[E] New Zealand Society for Earthquake Engineering. Seismic Design of Storage Tanks : 2009.

G.3 Flowcharts and Notes

Flow chart G.1 gives a general overview of the seismic tank design procedure.

Flow charts G.2 u/i G.4 give detailed procedures for the impulsive, the convective and the vertical earthquake component calculation.

The notes that are referenced in these flow charts are detailed at the end of this Annex.

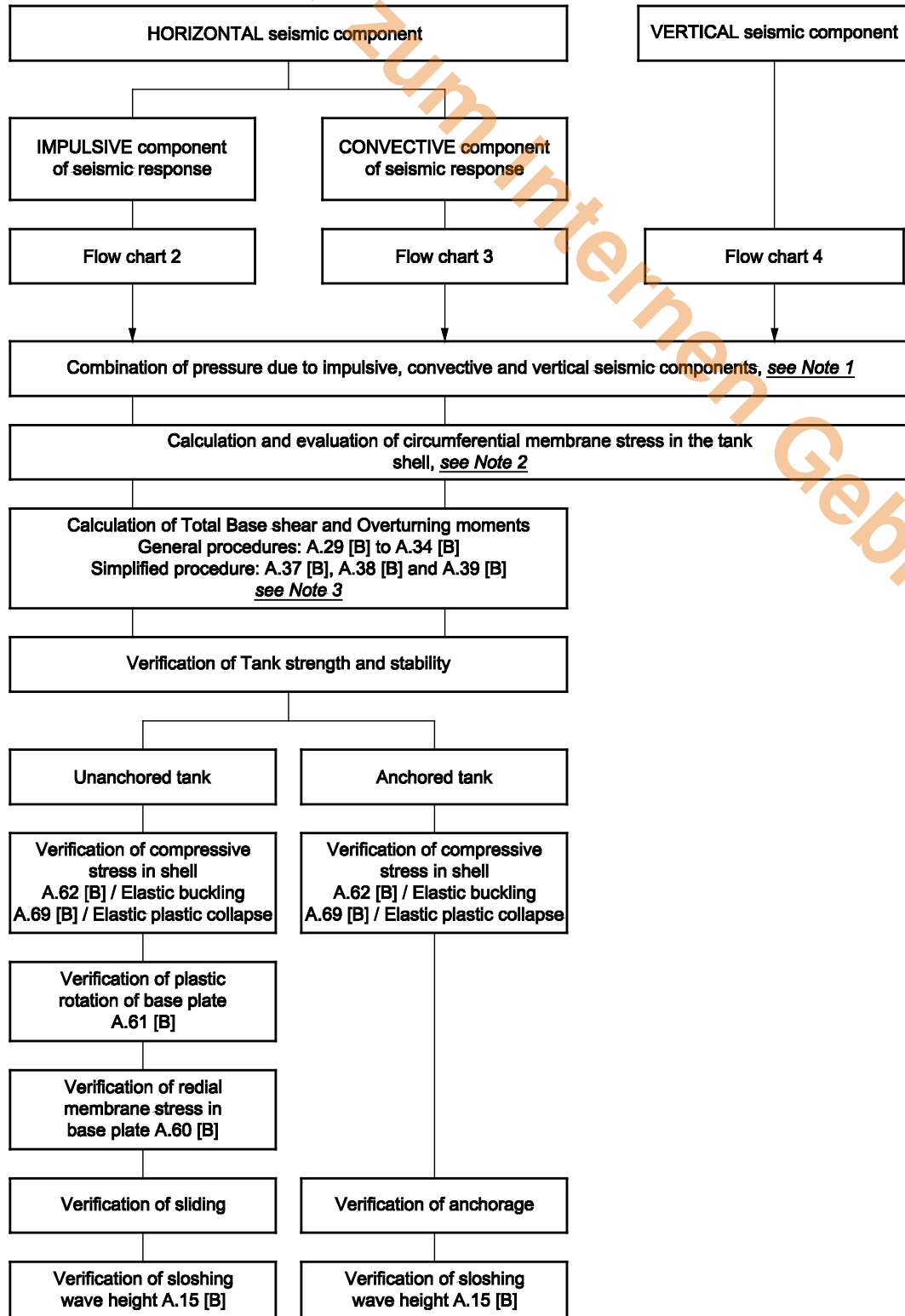


Figure G.1 — Flowchart 1

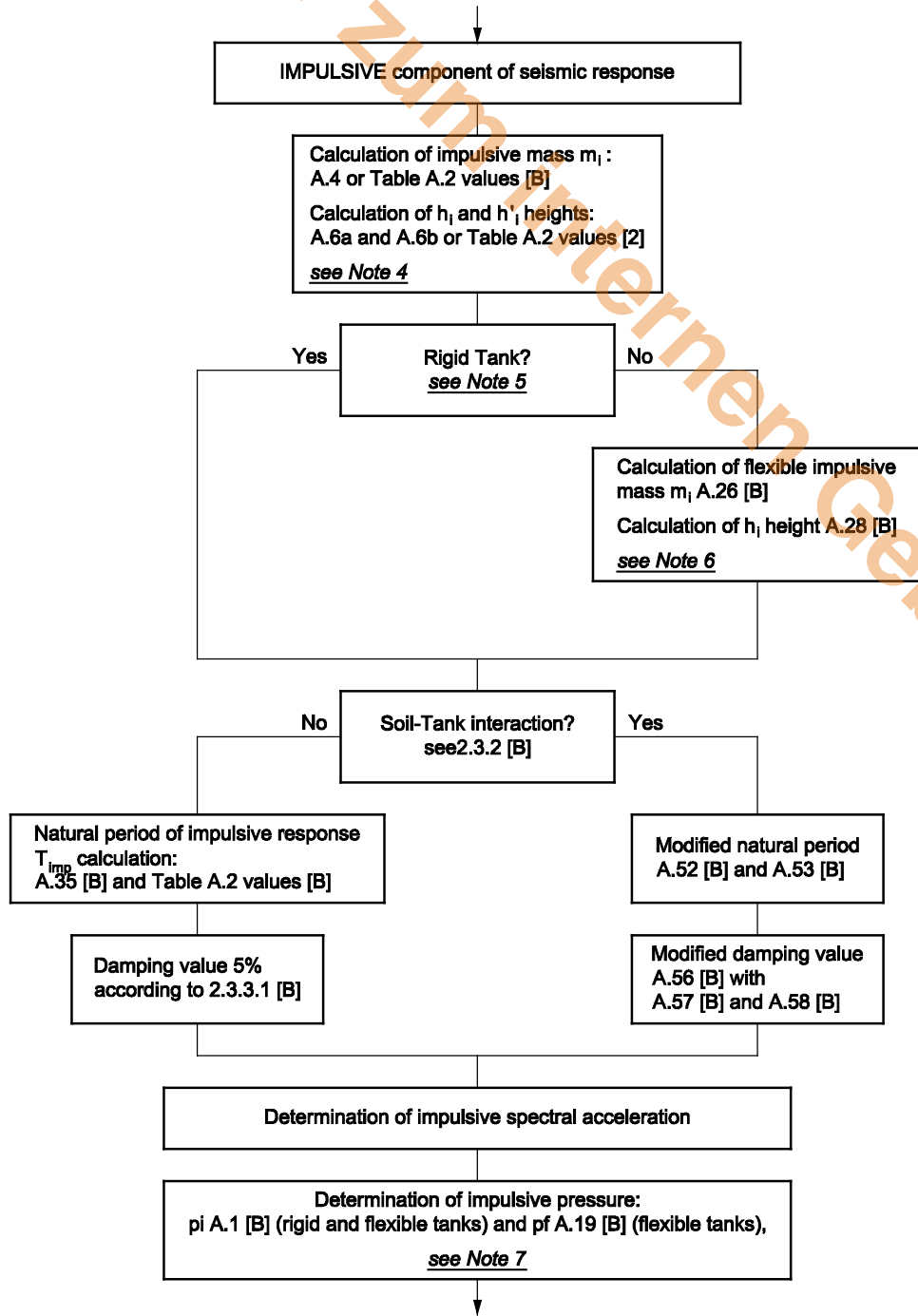


Figure G.2 — Flowchart 2

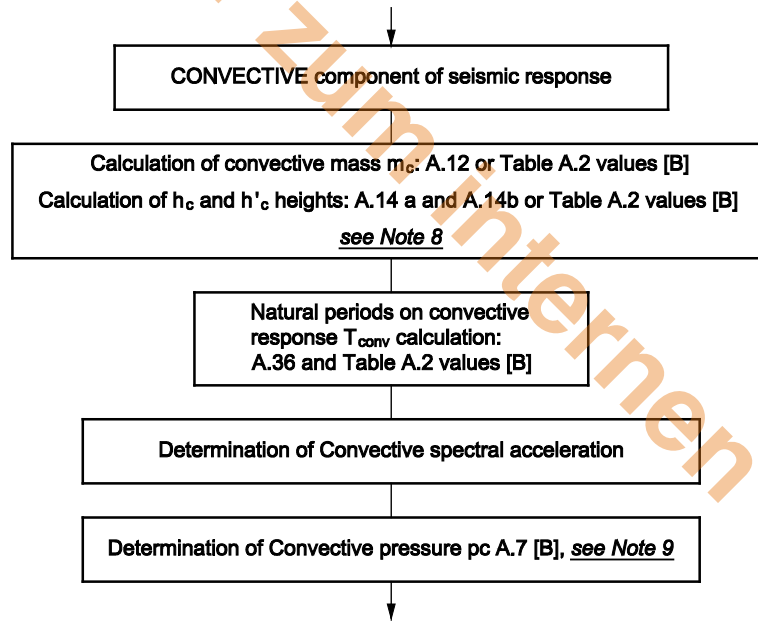


Figure G.3 — Flowchart 3

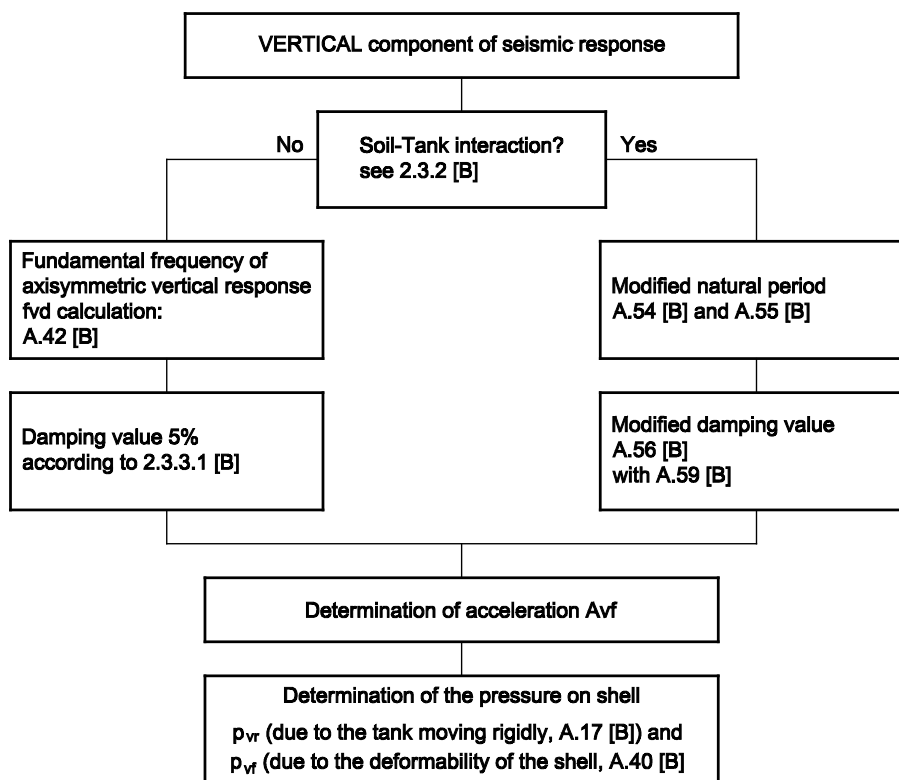


Figure G.4 — Flowchart 4

G.4 Flow Charts Notes

NOTE 1 Inertia forces induce a pressure that can be calculated with A.16 [B]. According EN 1998-4, for steel tanks, this pressure can be neglected.

NOTE 2 The circumferential membrane stresses can be calculated and evaluated according CA1.3.5.1 and CA1.3.5.2 [C].

$$\sigma_{c,vi} = \frac{P_{vi}}{e_{vi}} * R \quad (CA1.3.5.1)$$

where

$\sigma_{c,vi}$ is circumferential; membrane stress in shell course i

e_{vi} is thickness of shell course i

P_{vi} is pressure on shell course i

R is tank radius

And

$$\sigma_{c,vi} \leq f_{ex} \quad (CA1.3.5.2)$$

where

f_{ex} is allowable stress in shell course i

NOTE 3 The base shear and overturning moments (just above and at the tank base) can also be calculated for rigid or flexible tanks according §3.5 of [E].

Base shear

$$V_1 = C_d(T_1)m_1 g \quad \text{convective mode} \quad (3.9)$$

$$V_r = C_d(\check{T}_0) [m_0 - m_f] g \quad \text{rigid impulsive mode} \quad (3.10)$$

$$V_f = C_d(\check{T}_f) [m_f + m_w + m_t] g \quad \text{flexible impulsive mode} \quad (3.11)$$

Where:

T_1 = the period of vibration of the first convective mode of vibration

\check{T}_0 = the period of the impulsive mode of vibration for the tank-foundation system. For a rigid foundation $\check{T}_0 = \text{zero}$

\check{T}_f = the period of vibration of the first horizontal tank-liquid impulsive mode including the effects of foundation flexibility. For a rigid tank $\check{T}_f = \check{T}_0$ and $m_f = 0$

m_1 = convective mass

m_0 = impulsive mass for rigid tank

m_f = flexible impulsive mass

m_r = rigid impulsive mass = $m_0 - m_f$

m_w = wall mass

m_t = roof mass

g = acceleration of gravity

Overturning moments just above base plate:

$$M_1 = C_d(T_1) m_1 g h_1 \quad \text{convective mode} \quad (3.12)$$

$$M_r = C_d(\ddot{T}_0) [m_0 - m_f] g h_0 \quad \text{rigid impulsive mode} \quad (3.13)$$

$$M_f = C_d(\ddot{T}_f) [m_f h_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexible impulsive mode} \quad (3.14)$$

where

h_w = height to the centre of gravity of the wall mass

h_t = height to the centre of gravity of roof mass

Overturning moments at base plate:

$$M'_1 = C_d(T_1) m_1 g h'_1 \quad \text{convective mode} \quad (3.15)$$

$$M'_r = C_d(\ddot{T}_0) [m_0 - m_f] g h'_0 \quad \text{rigid impulsive mode} \quad (3.16)$$

$$M'_f = C_d(\ddot{T}_f) [m_f h'_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexible impulsive mode} \quad (3.17)$$

where

$$M'_1 = C_d(T_1) m_1 g h'_1 \quad \text{convective mode} \quad (3.15)$$

$$M'_r = C_d(\ddot{T}_0) [m_0 - m_f] g h'_0 \quad \text{rigid impulsive mode} \quad (3.16)$$

$$M'_f = C_d(\ddot{T}_f) [m_f h'_f + m_w h_w + m_t h_t] g \quad \text{flexible impulsive mode} \quad (3.17)$$

NOTE 4 According to Eurocode 8, it is normally un-conservative to consider a tank as rigid. But if the simplified procedure (§A.3.2.2) can be applied and is chosen, the tank will be consider as rigid without being un-conservative.

NOTE 5 The rigid impulsive mass m_i and the heights of impulsive mass h_i and h'_i can also be calculated according [D] (Table C1).

$$\frac{m_i}{m} = \frac{\tanh\left(0,866 \frac{D}{h}\right)}{0,866 \frac{D}{h}}$$

$$\frac{h_i}{h} = 0,375 \quad \text{for } h/D \leq 0,75$$

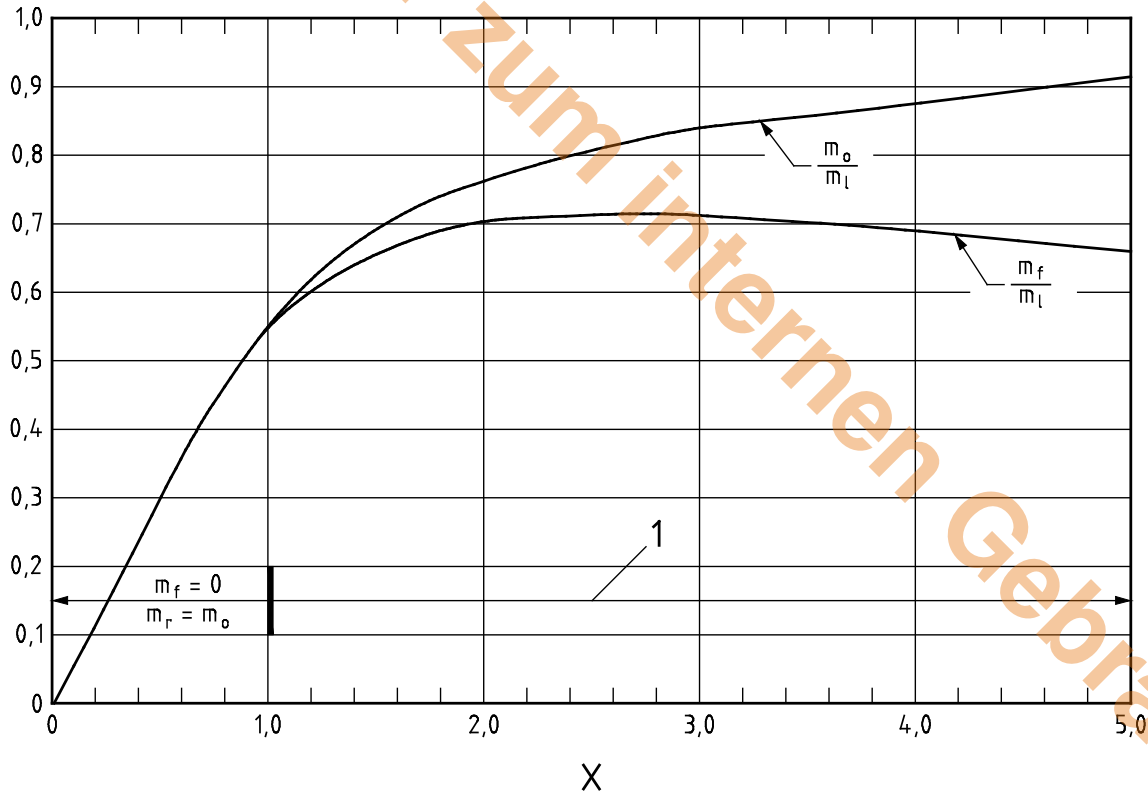
$$= 0,5 \frac{0,09375}{h/D}$$

for h/D

$$\frac{h_i^*}{h} = \frac{0,866 \frac{D}{h}}{2 \tanh\left(0,866 \frac{D}{h}\right)} - 0,125 \quad \text{for } h/D \leq 1,33$$

$$= 0,45 \quad \text{for } h/D > 1,33$$

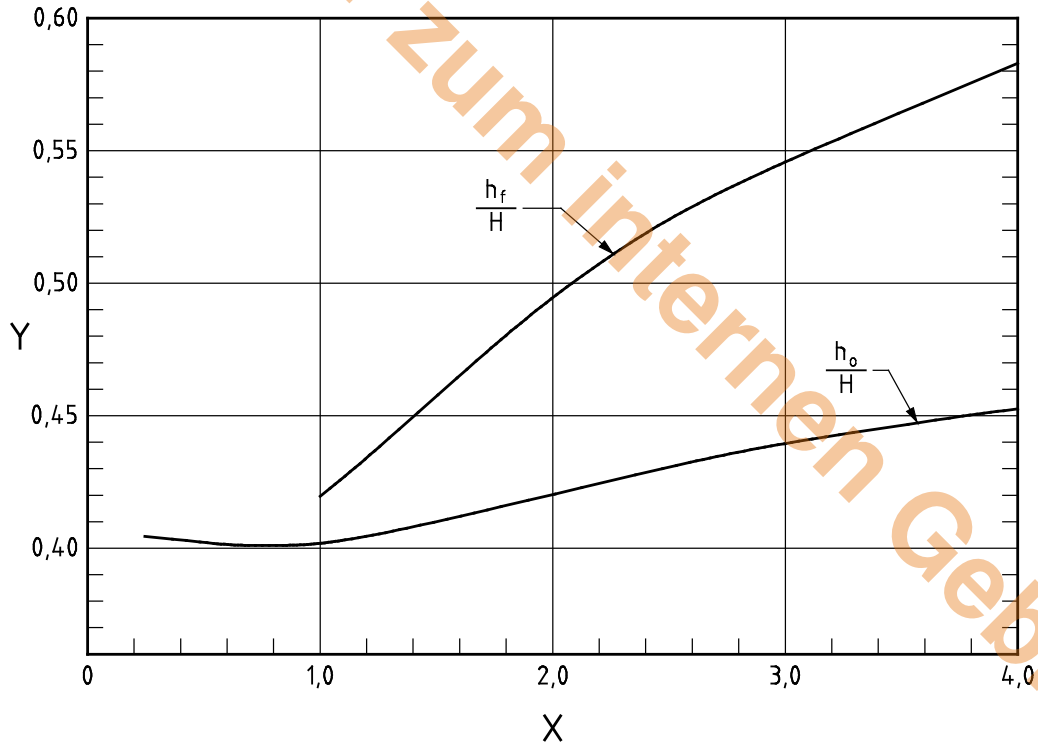
NOTE 6 The flexible impulsive mass m_f and the heights of flexible impulsive mass h_f and h'_f can also be calculated according [E] (Figures C3.17 to C3.19).



Key

- 1 flexible impulsive mode behavior $m_r = m_o - m_f$
- X height to radius ratio, H/R_m

Figure G.5 — Impulsive mass components for flexible tanks

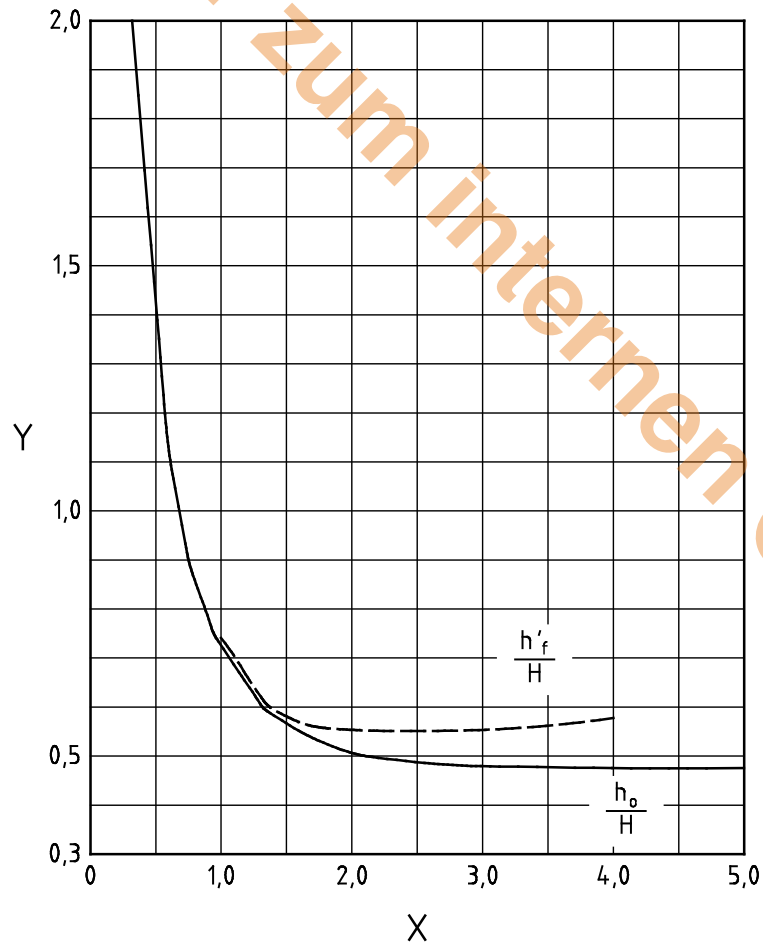


Key

X height to radius ratio, H/R_m

Y height ratio shown

Figure G.6 — Heights of impulsive masses for walls of flexible tanks



Key

- X height to radius ratio, H/R_m
- Y dimensionless ratio shown

Figure G.7 — Heights of impulsive masses for flexible tanks (including pressure on base)

NOTE 7 The impulsive pressure can also be calculated according [E] (C3.3 and C3.4 for rigid tanks, C3.22 for flexible tanks) or [C] (CA1.3.4.1-1, CA1.3.4.1-2a & CA1.3.4.1-2b).

For tanks with $D/H > 4/3$

$$p_{\text{imp,vi}} = 1,5 \gamma_{\text{imp}} \rho_{\text{liq}} D \lambda \left[\frac{h_{c,\text{liq,vi}}}{H} - 0,5 \left(\frac{h_{c,\text{liq,vi}}}{H} \right)^2 \right] \quad (\text{CA1.3.4.1-1})$$

$$\lambda = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{H}{D} \tanh \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{D}{H} \right)$$

For tanks with $D/H < 4/3$

$$h_{c,liq,vi} < 0,75 D$$

$$p_{imp,vi} = 1,5 \gamma_{imp} \rho_{liq} D \lambda \left[\frac{h_{c,liq,vi}}{0,75 D} - 0,5 \left(\frac{h_{c,liq,vi}}{0,75 D} \right)^2 \right] \quad (CA1.3.4.1-2a)$$

$$h_{c,liq,vi} \geq 0,75 D$$

$$p_{imp,vi} = 0,75 \gamma_{imp} \rho_{liq} D \lambda \quad (CA1.3.4.1-2b)$$

With:

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}}{2} \tanh \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right) = 0,7095$$

where

γ_{imp} is impulsive spectral acceleration

ρ_{liq} is liquid density

D is tank diameter

H is max filling height

$h_{c,liq,vi}$ is distance between liquid surface and shell course i calculation level

NOTE 8 The convective mass m_c and the heights of convective mass h_c and h'_c can also be calculated in accordance with [D] (Table C.1).

$$\frac{m_c}{m} = 0,23 \frac{\tanh \left(3,68 \frac{h}{D} \right)}{\frac{h}{D}}$$

$$\frac{h_c}{h} = 1 - \frac{\cosh \left(3,68 \frac{h}{D} \right) - 1,0}{3,68 \frac{h}{D} \sinh \left(3,68 \frac{h}{D} \right)}$$

$$\frac{h_c^*}{h} = 1 - \frac{\cosh \left(3,68 \frac{h}{D} \right) - 2,01}{3,68 \frac{h}{D} \sinh \left(3,68 \frac{h}{D} \right)}$$

NOTE 9 The convective pressure can also be calculated in accordance with [E] (C3.5 and C3.6) or [C] (CA1.3.4.1-3).

$$p_{\text{conv,vi}} = \frac{5}{16} \gamma_{\text{conv}} \rho_{\text{liq}} D \frac{\cosh\left(\mu \frac{H - h_{c,\text{liq,vi}}}{H}\right)}{\cosh \mu} \quad (\text{CA1.3.4.1-3})$$

$$\mu = \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{H}{D}$$

where

γ_{conv} is convective spectral acceleration

Worked example calculation of seismic design to an un-anchored storage tanks

This example, which comes from the French DT108 technical guide (Guide reservoirs de stockage, Partie A, 2104, UIC and SNCT), is dedicated to the verification of mechanical strength and global stability of an un-anchored tank under seismic overturning moment and base shear.

Data - Tank Dimensions

Diameter $D = 28,100 \text{ m}$

Tank Height $H = 14,990 \text{ m}$

Product Height (maximum liquid level) $H_l = 12,780 \text{ m}$

Shell Courses thicknesses and heights:

Course 7	height	$h_7 = 1\,910 \text{ mm}$	thickness e_7	$= 8,00 \text{ mm}$
Course 6	height	$h_6 = 1\,910 \text{ mm}$	thickness e_6	$= 8,00 \text{ mm}$
Course 5	height	$h_5 = 1\,910 \text{ mm}$	thickness e_5	$= 8,00 \text{ mm}$
Course 4	height	$h_4 = 1\,910 \text{ mm}$	thickness e_4	$= 8,30 \text{ mm}$
Course 3	height	$h_3 = 2\,450 \text{ mm}$	thickness e_3	$= 10,50 \text{ mm}$
Course 2	height	$h_2 = 2\,450 \text{ mm}$	thickness e_2	$= 13,80 \text{ mm}$
Course 1	height	$h_1 = 2\,450 \text{ mm}$	thickness e_1	$= 17,10 \text{ mm}$
Bottom annular plate			thickness e_b	$= 13,00 \text{ mm}$

Data - Material Properties

Course 7	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 6	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 5	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 4	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 3	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 2	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Course 1	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 225 \text{ Mpa}$
Bottom annular plate	S235J0, EN 10025-2	Yield stress: $R_{p0,2}$	$= 235 \text{ Mpa}$
Steel Young's Modulus		E	$= 210\,000 \text{ Mpa}$
Steel Poisson's ratio		ν	$= 0,3$

Data - Product density and design pressure

Product density $w = 845 \text{ kg/m}^3$

Design pressure $p = 30 \text{ mbar}$

Data - Masses and centers of action

Tank Wall (Shell) Mass $m_w = 112320 \text{ kg}$

Tank Wall Center of Action $h_w = 6.256 \text{ m}$

Tank Roof Mass $m_r = 42660 \text{ kg}$

Tank Roof Center of Action $h_r = 15.870 \text{ m}$

Tank Bottom (and annular plates) mass $m_b = 29.020 \text{ kg}$

Liquid mass $m_{liq} = 6.70E+06 \text{ kg}$

Data - Seismic Datas

Horizontal Peak Ground Acceleration $0,74 \text{ m/s}^2$

Vertical Peak Ground Acceleration $0,67 \text{ m/s}^2$

Soil class A

For this example, the accelerations are taken from the zone 1 of the French seismic map

Hypothesis

In this example, the tank is considered as a rigid one and the soil-tank interaction is not taken into account.

Calculation - Natural periods

Impulsive mode Using Eq A35 [2] and Table A2 [2] $T_{imp} = 0,176 \text{ s}$

Convective mode Using Eq A.36 [2] and Table A2 [2] $T_{conv} = 5,724 \text{ s}$

Axisymmetric mode Using Eq (A.42) [2] $T_{axi} = 0,168 \text{ s}$

Spectral accelerations

With no behaviour factor ($q=1$)

Impulsive spectral acceleration with soil class A and 5% damping $\gamma_{imp} = 1,8500 \text{ m/s}^2$

Convective spectral acceleration with soil class A and 0,5% damping $\gamma_{conv} = 0,0314 \text{ m/s}^2$

Vertical spectral acceleration with soil class A and 5% damping $\gamma_{axi} = 2,0100 \text{ m/s}^2$

Calculation - Base shear and Overturning moments

Impulsive mass from table A.2 [2] $m_i = 3,40E+06 \text{ kg}$

Height of m_i (above de base plate) from table A.2 [2] $h_i = 5,309 \text{ m}$

Height of m_i (under the base plate) from table A.2 [2] $h'_i = 10,351 \text{ m}$

Convective mass from Table A.2 [2] $m_c = 3,29E+06 \text{ kg}$

Height of m_c (above de base plate) from table A.2 [2] $h_c = 7,702 \text{ m}$

Height of m_c (under de base plate) from table A.2 [2] $h'_c = 9,298 \text{ m}$

Base Shear Using Eq A.37 [2] $Q = 6,68E+06 \text{ N}$

Overturning moment above the base plate Using Eq A.38 [2] $M = 3,67E+07 \text{ N.m}$

Overturning moment under the base plate Using Eq A.39 [2] $M = 6,86E+07 \text{ N.m}$

Calculation - Uplift values and bottom strength verification

Uplift height	estimated from	Fig A12 [2]	w_{max}	= 6 mm
Uplift length	estimated from	Fig A13 [2]	L	= 375 mm
Radial stress in the bottom	Using Eq A60 [2]		σ_{rb}	= 80,1 MPa
Allowable stress in the bottom			$0,6 \times 235$	= 141 MPa

Conclusion : 80,1 < 141 **Bottom radial stresses limit is satisfied**

Calculation - verification of the base plate plastic rotation

Plastic rotation of the base plate	Using Eq.A61 [2]	$\theta = 0,03$	radians
Allowable plastic rotation		0,2	radians
Conclusion :		0,03 < 0,2	Plastic rotation limit is satisfied

Calculation - Max compressive longitudinal stress in the tank shell

For an unanchored tank, this stress can be calculated using the New Zealand Recommendations [5] with a method detailed hereafter.

$$\sigma_m = CF CW_s / (R\theta^* t_{s1})$$

where

CF is Calibration factor 2,5 (suggested value)

C is foundation stiffness factor 1

C = 1 for rigid foundation

C = 0,5 for flexible foundation

$$W_s = W(1 + W_w / W - \tau^2)$$

where

W is the total weight of the fluid

W_w is the weight of shell and roof

$$\tau = 1 - L / (2R)$$

$$\theta^* = \arctan(\tau / (1 - \tau))$$

Maximum compressive axial stress in the shell $\sigma_m = 21,80$ MPa

Calculation - Verification of elastic buckling in the shell

Ideal critical buckling stress	Using Eq A.63[2]	σ_{cl}	= 146,0 MPa
	Using Eq A.64 [2] (with construction coeff.a=1)	σ_p	= 99,8 MPa

$$\text{Thus } \sigma_m / \sigma_{cl} = 0,149$$

$$0,19 + 0,81\sigma_p / \sigma_{cl} = 0,743$$

Conclusion : 0,149 < 0,743 A.62 inequality is satisfied, **there is no elastic buckling**

Calculation - Verification of elastic-plastic collapse in the tank shell (elephant foot buckling)

Elastic plastic critical buckling stress Using Eq. A.69 [2] 84,3 MPa

Conclusion : 21,8 < 84,3 A.69 inequality is satisfied, there is no elastic plastic buckling

Calculation - Verification of sliding

Adopted Friction coefficient 0,4
Resisting load 2,69E+07 N
Seismic Base shear Q 6,68E+06 N
Conclusion : $2,69E+07 > 6,68E+06$ **There is no sliding**

Calculation - Verification of freeboard

Height of the convective (sloshing) wave Using Eq A.15 [2] $d_{max} = 0,038$ m
Freeboard 2,210 m
Conclusion : $2,210 > 0,038$ **the freeboard is sufficient**

Nur zum internen Gebrauch

Annex H
(informative)

Recommendations for special bottom types

H.1 General

This annex gives recommendations for special bottom types other to or with further configurations than in Clause 8.

When using this Annex, the requirements of Clause 8 are also to observe.

H.2 Non-fully supported bottoms

H.2.1 Tank bottoms which are not fully supported by a continuous foundation can be supported on structural supports manufactured from structural steel sections or reinforced concrete beams.

H.2.2 Bottom plates shall be in accordance with Clause 6.

H.2.3 The loads to be taken into consideration in the design should be the weight of the product, the weight of the bottom plates, the design internal pressure, the weight of the test liquid and the test pressure.

H.2.4 The thickness $e_{b,nom}$ of the bottom plates shall be greater than:

$$e_b = L * \sqrt{\frac{g * H * W + p + \rho_b * e_{b,nom}}{2 * S * J}} + c \quad (H.1)$$

and

$$e_{bt} = L * \sqrt{\frac{g * H_t * W_t + p_t + \rho_b * e_{b,nom}}{2 * S_t * J}} \quad (H.2)$$

where

- c is the corrosion allowance;
- e_b is the required bottom plate thickness;
- $e_{b,nom}$ is the nominal available bottom plate thickness;
- g is the acceleration due to gravity (9,81 m/s²);
- H is the max. filling height of the product;
- H_t is the filling height of the test liquid;
- L is the distance between center lines of supports;
- p is the design pressure;
- p_t is the test pressure;
- ρ_b is the bottom material specific weight;
- S is the allowable design stress for bottom plate material (see 9.1.1);

S_t is the allowable test stress for bottom plate material (see 9.1.1);

J is the joint efficiency factor for the bottom plates (see 10.3.6)

If all bottom plate welds are perpendicular to the structural support: $J = 1,0$;

W is the maximum design density of the product;

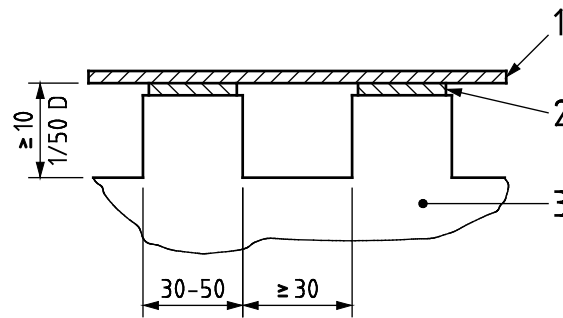
W_t is the maximum design density of the test medium;

H.2.5 Joints between bottom plates should be butt welded.

H.2.6 The width of concrete structural line supports should be 30 to 50 cm.

H.2.7 If the structural support is placed on or is part of a continues support, the inner width between two structural supports shall not be less than 30 cm, the inner height between the downside of the bottom floor and the downside of the structural support shall not be less than the greater of 10 cm and $1/50$ of the tank diameter. The inspection clearance shall not be malfunctioned by any internals (e.g. pipes).

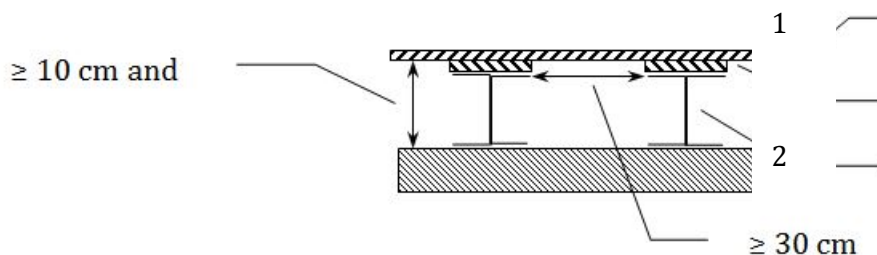
If technical equipment is used for inspection (e.g. borescope), the structural support clearance can be agreed between manufacturer and purchaser other than stated above.



Key

- 1 bottom plate
- 2 elastic liner
- 3 concrete support

Figure H.1 — Bottom plate on concrete line support



Key

- 1 bottom plate
- 2 elastic liner
- 3 steel support

Figure H.2 — Bottom plate on steel support

H.2.8 If necessary an elastic liner between tank bottom and structural support shall be used.

H.2.9 If anchorage is necessary for line supported bottom constructions, the anchorage shall not be placed at a not supported part of the annular ring.

H.3 Double bottoms

H.3.1 General

On the first hand, the purpose of a double bottom is that in the event of a leak in the upper bottom, the actual product container, there will not be product leakage into the foundation and sub-soil since it is unlikely that both bottoms would start leaking at the same time.

On the second hand the double bottom can be used as part of a leak or leakage detection system to control continuously the tightness of the upper and lower bottom.

H.3.2 Terms and definitions

H.3.2.1 Double bottoms are part of a leak detection system according to EN 13160. Double bottoms of a flat bottom storage tank consist of an upper and a lower bottom and an interstitial space between them.

H.3.2.2 The upper bottom is at the top of the interstitial space and consists of bottom shells and a connection to the tank shell (connection profile). The upper bottom is also called primary bottom or leak-protecting lining.

H.3.2.3 The lower bottom is at the bottom of the interstitial space and consists of the bottom plates and the annular ring. The lower bottom is also called secondary bottom.

H.3.2.4 Double bottoms as part of a leak detection system can control both if there is a leak in the upper or the lower bottom.

H.3.2.5 A leak detection system is a system of leak-indicating equipment. It consists of the room to be monitored (interstitial space), leak-protecting linings, a leak indicating device, a leak detector, piping, leak detection medium and sensors. Class I leak detection systems according to EN 13160-2 fulfil the requirements for "leak detection systems".

H.3.2.6 Double bottoms as part of a leakage detection system can control if there is a leak in the upper bottom and product is pouring into the interstitial space.

H.3.2.7 A leakage detection system is a system of leakage-indicating equipment. It consists of the room to be monitored (interstitial space), leak-protecting linings, a leakage indicating device and punctual (for liquids or gas) or linear sensors (sensor cable). Class III leakage detection systems according to EN 13160-4 fulfil the requirements for "leakage detection systems".

H.3.2.8 A leak detector is a subject to detect leaks.

H.3.2.9 A leak or leakage indicating device is a subject which shows the service and alarm status of the connected leak/leakage detector.

H.3.2.10 The piping of a leak detection system consists of suction, gauge, exhaust and test pipes.

H.3.3 General requirements

H.3.3.1 The leak/leakage detection system shall permit monitoring of the entire tank bottom and leak-protecting lining. This requirement shall be considered when choosing the type of leak

detection system, which depends on the type of tank design (e.g. floating roof tanks with supports, tanks with installations).

H.3.3.2 Sufficient dimensional stability of the piping shall be ensured during installation and operation.

H.3.3.3 The exhaust pipe has to end in such a way, that outleaking vapour and liquids can be hold back (e.g. exhaust pipe ends in a cup).

H.3.3.4 The leak indicating device has to be suitable for all load cases (pressure, resistance against fluid, Temperature). If necessary it has to be protected in special ways (e.g. cooling section).

H.3.3.5 The interstitial space and the leak protection lining shall fulfill the requirements in accordance with EN 13160-7 and shall have a CE mark to prove their conformity with the applicable EC Directives.

H.3.3.6 A third party inspection can be agreed between purchaser and manufacturer. A third party inspection body shall be a Notified Body in accordance with EN 13160-7

H.3.4 Design types

H.3.4.1 General

H.3.4.1.1 Leak protection liners in accordance with this annex shall be made from steel.

H.3.4.1.2 The following types shall be used as connection profile for the upper bottom.

- a) Upright L-Profiles welded between the tank shell and the upper bottom of the leak protecting linings inside the tank.
- b) Flat annular ring welded between the tank shell and the leak protecting linings inside the tank.

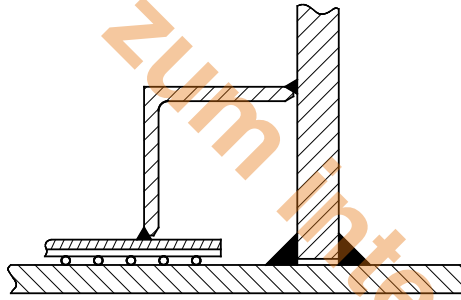
For deviating constructions the serviceability has to be proven.

H.3.4.2 Leak-protecting linings using bulb plates (Type A)

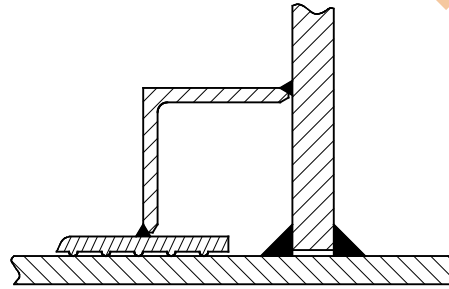
H.3.4.2.1 For type A1, the installed secondary tank bottom is made from bulb plates (e.g. in accordance with DIN 59220 [9]) which are installed with their raised pattern facing downwards. The plates are both overlapped and butt welded. For the butt-welded plates, strips of bulb plate are used as weld pool backing.

H.3.4.2.2 For type A2, the lower tank bottom is made from bulb plates (e.g. in accordance with DIN 59220 [9]) which are installed with their raised pattern facing upwards. The upper bottom is made from flat steel plates. The steel plates of the upper bottom are either overlapped or butt-welded. For the butt-welded plates, strips of steel plate are used as weld pool backing.

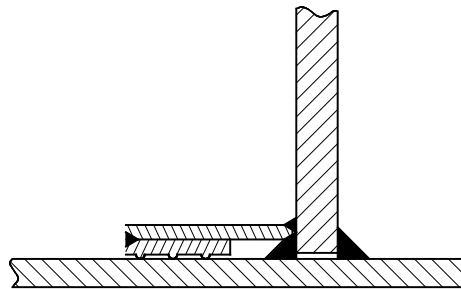
H.3.4.3 Leak-protecting linings using mesh (Type B). Leak-protecting linings using flat steel plates and wire mesh as spacer for type B the upper and the lower bottom are made from flat steel plates. Wire meshes are placed between the upper and the lower bottom as spacer. The plates of the upper bottom are both overlapped and butt welded. For the butt-welded plates, strips of steel plates are used as weld pool backing.



a) Double bottom with L-Profile and construction steel mat



b) Double bottom with L-Profile and bulb plates



c) Double bottom with studded plate without brackets

Figure H.3 — Acceptable variants of joining the interstitial space to the tank shell

H.3.5 Planning

H.3.5.1 The manufacturer documents the type of interstitial space between the tank bottoms with leak-protecting linings in a technical specification, including design drawings and detailed drawings.

H.3.5.2 Prior to installation, the following documents shall be created and/or requested as a minimum requirement:

- Design drawings of the interstitial space, including welding details and parts list;
- Structural analysis of the interstitial space, if necessary;
- Information about the materials used;
- Layout plan of the steel plates;
- Welding and test plan;

- Certificates of suitability issued by the notified body, e.g. general technical approval, for the leak detection system and the construction products used;
- Details and relevant characteristics of the stored product, including suitability of the fluid-material combination and, if necessary, viscosity; and
- Information on storage conditions.

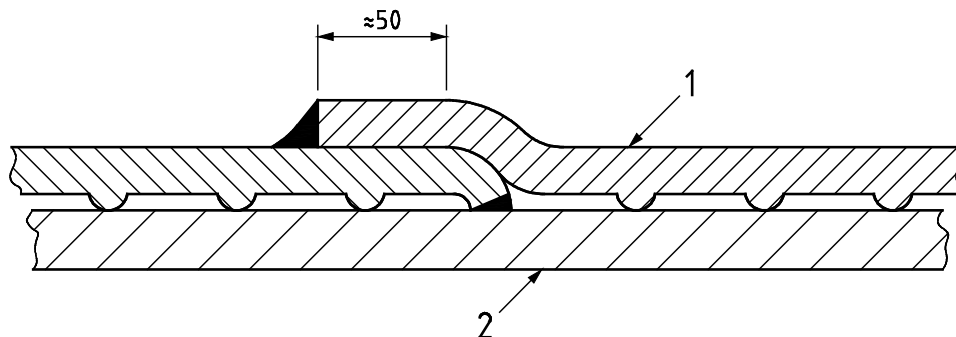
H.3.6 Design

H.3.6.1 Design of the leak-protecting linings shall conform to the requirements specified below, taking into account the slope angle of the tank bottoms.

H.3.6.2 Interstitial spaces shall not have any supports or ducts that affect their double-wall design.

H.3.6.3 Functioning of the leak detection system can only be ensured if the stored products, taking into account the distances between upper and lower bottom and the intended operating conditions (e.g. temperature), are flowable in the interstitial space and if no solids are precipitated.

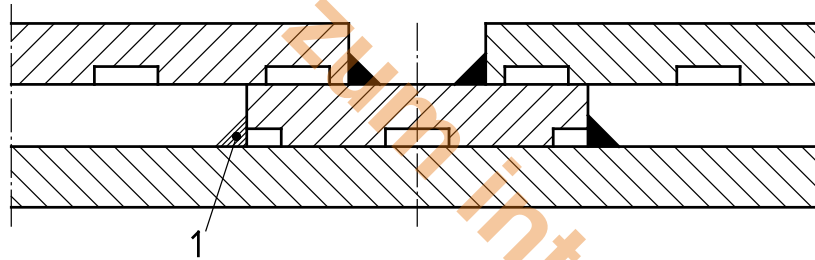
H.3.6.4 The type of the leak-protecting linings and the number of interstitial spaces shall be defined, taking into account the diameter of the tank bottom. The interstitial space determined by calculation shall have a maximum volume of 8 m³. In the case of divided interstitial zones, the design of the divisions and, in particular, their connections to the tank shell shall take into account the stresses arising at the transition between the tank shell and the tank bottom by including braces at the dividing wall. The design of the divisions and their connections to the tank shell shall be examined. See Figure H.4 for examples for a separation.



Key

- 1 chequer plate 2 annular plate/bottom plate

Figure H.4 — Separation joint between two monitoring areas of chequer plate bottom (similar with mesh and plates)



Key

1 tack welded only

Figure H.5 — XXXX

H.3.6.5 The following applies to leak/leakage detection systems of types A1 and B: If no detailed design calculation is made (see H.2.17.3), circumferential corner profiles with legs perpendicular to the tank shell and the upper tank bottom shall be designed with leg lengths of between 60 mm and 100 mm. Leg thickness shall be smaller than or equal to 1/10 of the length of the leg and shall not exceed the wall thickness of the tank shell.

H.3.6.6 The following applies to leak/leakage detection systems of types A1 and B: The plate thickness of the plates of the upper bottom shall not exceed the wall thickness of the circumferential corner profile.

H.3.6.7 The following applies to leak/leakage detection systems of types B: When using wire meshes as spacers, the minimum distance between the upper and lower bottom shall be no less than 1,5 mm.

H.3.6.8 If wire meshes with a maximum mesh width of 100 mm is used for type B, no structural analysis of their deflection will be required provided the hydrostatic pressure load does not exceed 2,5 bar for sheets with wall thicknesses of ≥ 5 mm.

H.3.6.9 The following applies to leak/leakage detection systems of type A1: The sum total of the area moments of inertia of the existing annular ring and the upper bottom resting on the lower bottom shall be smaller than the acceptable area moment of inertia of the annular ring of the lower bottom

H.3.6.10 The suction, measuring, exhausting and test lines shall have an inside diameter of no less than 6 mm;

H.3.6.11 The bore holes for the connection lines in the upper bottom shall have a diameter of no less than 25 mm. The pipes are connected to the upper bottom by fillet welds and laid in a manner that prevents any unacceptable constraints or mechanical stresses. The required expansion bends shall be arranged in a horizontal position. Steel pipes DN 25, at least PN 10, shall be used for connection lines leading from the nozzles through the tank wall and ending outdoors. Pipes that pass through the tank wall shall have a minimum wall thickness of 5 mm. For pipes made from steel, the requirements of Clause 6 shall be observed.

H.3.6.12 The piping of the interstitial space shall be arranged in such a way, that the nozzles in the tank shell are not within a vertical distance less than 1 m to the tank bottom.

H.3.6.13 All pipes connected to the interstitial space shall be laid with an upward gradient of at least 1 % to the tank wall. Bends shall be designed with $R \geq 5 \times d$.

H.3.6.14 The exhausting line shall open into a point where vapours and liquids can be safely discharged, preventing their uncontrolled spreading (e.g. opening into the collection area).

H.3.7 Materials

H.3.7.1 The materials used for leak-protecting linings shall be suitable for connection by welding to the flat-bottom tank structures (see Clause 6).

H.3.7.2 As a matter of principle, the corrosion resistance of the double bottom and piping shall be proven. If the flat-bottom tank requires anti-corrosion coating, this coating shall also be applied to the leak protection lining. Combinations of material that cause harmful reactions when in contact with air, water or the stored product (e.g. formation of hydrogen in the case of galvanised components) shall not be used.

H.3.7.3 The properties of the steel materials used, except those used for the wire meshes, shall be proved by test certificates according to EN 10204.

H.3.8 Preparation

H.3.8.1 Before the double bottom is installed the lower bottom shall be inspected for possible deviations from the specified dimensions.

H.3.8.2 If agreed, the lower bottom shall be examined by a third-party inspection body before the leak-protecting lining can be installed to verify whether the conditions for installation of a leak detection system are fulfilled. The third-party inspection body shall be notified of the place and time of installation in a timely manner by the manufacturer of the leak detection system.

H.3.8.4 Areas showing localized lifting of the lower bottom shall not exceed 5 ‰ of the tank diameter or 100 mm, whichever is the smaller. If the bottom reveals major deviations from the specified dimensions, its suitability for double-bottom design shall be discussed and/or the necessary measures (e.g. removal of steel plates and compression of the subsoil, application of a levelling concrete or bitumen layer and laying of a completely new foundation) coordinated with an expert from a third-party inspection body.

H.3.8.5 The identified deviations from the specified dimensions shall be recorded. The contents and the scope of these records shall be agreed.

H.3.8.6 Avoidance of dirt

Dirt and water in the interstitial space shall be prevented and removed, where applicable. Firmly adhering coatings may remain in the interstitial room.

H.3.9 Installation

H.3.9.1 Welding shall be carried out according to a welding plan in such a manner that stresses on the existing tank structure are kept to a minimum.

H.3.9.2 Adjustment work on the double bottom shall not exert any unacceptable stresses on the tank.

H.3.10 Acceptable deviations of the upper bottom from the specified dimensions

H.3.10.1 After the double bottom is installed, it shall be inspected for possible deviations from the specified dimensions.

H.3.10.2 Areas showing localised lifting of the bottom plate shall not exceed 7 ‰ of the tank diameter or 100 mm, whichever is the smaller, measured without exposure to sun at ambient temperature and at applied test vacuum.

H.3.10.3 The identified deviations from the specified dimensions shall be recorded. The contents and the scope of these records shall be agreed.

H.3.11 Welding

H.3.11.1 For the welding requirements, Clause 17 and 18 shall be followed.

H.3.11.2 Weld quality

H.3.11.2.1 Weld quality shall correspond to welding class C of EN ISO 5817 at minimum.

H.3.11.2.2 Fillet welds connecting parts of the leak protecting linings to tank shells made from ferritic steel shall be made with at least two passes. In the case of fillet welds that connect parts of the leak-protecting linings to tank shells made from ferritic steel with a minimum yield strength of > 330 MPa, the last pass may not come into contact with the tank shell.

H.3.11.2.3 One-sided welding of bottom plates made from ferritic steel shall be executed by butt welding on backing strips or overlapped, with at least two passes in each case. One-sided welding on bottom plates made from stainless steel with a wall thickness of ≤ 4 mm can be executed by a single pass.

H.3.11.2.4 Irrespective of the material used, preference shall be given to overlap welding as it is less prone to distortion.

H.3.11.2.5 Irrespective of the material used, butt welds shall be welded through across the entire cross-section.

H.3.11.2.6 In the case of butt welds in bottom plates, the butt joints of weld pool backings shall be completely welded and the weld surface levelled out by grinding. The positions of the pool backing joints shall be marked indelible on the top of the bottom plates.

H.3.11.2.7 Crossing welds shall be avoided.

H.3.11.3 Thermal treatment

The preheating and working temperatures for torch cutting and welding specified in the materials standards, data sheets and expert reports shall be complied with. This also applies to any tack welding, auxiliary welding and repair welding performed.

H.3.11.4 Weld inspection

H.3.11.4.1 Weld quality shall be verified in non-destructive weld tests (VT : visual test, PT: dye penetrant test, MT: magnetic particle test, LT: vacuum, helium or hydrogen leak test):

- connection ring:
 - to shell: 100 % VT and 10 % PT/MT of the finished weld per welder,
 - butt welds: 100 % VT and 100 % PT/MT,
 - to bottom plate: 100 % VT and 5 % PT/MT of the finished weld per welder,
- upper bottom:
 - butt welds, butt joints, weld pool backing: 100 % VT,
 - overlap welding (fillet welds): 100 % VT,

- pipe connections, soil cup: 100 % VT and 100 % PT/MT.
 - inspection by an expert from a third-party inspection body, may witness the manufacturer's inspection:
- annular ring:
 - to shell: 100 % VT,
 - connection profile: 100 % VT,
 - to bottom plate: 10 % VT,
 - upper bottom:
 - butt welds, butt joints, weld pool backing: 10 % VT,
 - overlap welding (fillet welds): 10 % VT,
- pipe connections, soil cup: 100 % VT,
- manufacturers test report 100 % (see 0).

Repaired welds shall be re-inspected. The type and scope of inspections shall be agreed with the expert from the third-party inspection body.

H.3.11.4.2 The manufacturer shall define and document the type and scope of the tests and inspections to be carried out on the double bottom in a test plan.

H.3.11.4.3 The determined inspection date shall be such that sources of faults or nonconformities can be detected in a timely fashion and eliminated.

H.3.11.4.3 The tests and inspections performed shall be documented in test reports, which shall include the following information as a minimum requirement:

- a) The person in charge of testing, inspection and assessment,
- b) The standards and directives forming the basis of testing, inspection and assessment,
- c) The inspection data and parameters characterising professional testing and inspection,
- d) The test findings, including the location of faults to ensure that all findings and repairs on the tank structure are verifiable;
- e) The name of the welders of the inspected weld sections.

H.3.12 Inspection after installation of the leak protection lining.

H.3.12.1 After completion of the interstitial space, laying of the connection lines and installation of the shut-off valves, the completed work shall be assessed for conformity with the technical specifications.

H.3.12.2 As part of the final inspection, the pressure in the interstitial space will be reduced to a test vacuum of at least 600 mbar (relative) with the help of an auxiliary pump. The interstitial space is considered tight if the applied vacuum does not decrease by more than 10 mbar (i.e. the

pressure in the interstitial space does not rise by more than 10 mbar) over a period of 24 hours. Changes in temperature during the test period affect the measurement result and may have to be considered, where applicable. To realise one year of uninterrupted operation, leak detectors without integrated pump (contact manometers) shall satisfy stricter requirements in terms of tightness:

- (service vacuum - alarm vacuum) / 365 = maximum acceptable decrease in vacuum (pressure increase) per day.
- The measurement instruments used shall have an accuracy class of at least 0,6 as well as a measurement range adjusted to the task on hand and a sufficiently precise scale.

H.3.12.3 If agreed, the testing shall be accompanied by a third party inspection body, which confirms the results of the tightness test and the quality of the installation of the leak-protecting linings.

H.3.13 Marking

H.3.13.1 On the tank shall be a CE marking in accordance with EN 13160-7 for the double bottom.

H.3.13.2 For identification of the interstitial space and the connection nozzles on the tank and/or cup, plates shall be permanently affixed at a visible location near the suction and measuring nozzles.

H.3.13.3 These plates shall include the following information as a minimum requirement:

Leak detection system of the tank bottom

Manufacturer: .

Year of manufacture:

Type:

H.3.13.4 Plates that include the following information shall be affixed above each nozzle of the leak detection system:

"Suction line", "Measuring line" or "Testing nozzle".

H.3.13.5 If the maximum/minimum operating temperature of the leak-protecting linings differs from the maximum/minimum operating temperature of the tank, the maximum/minimum storage temperature of the tank shall be restricted to the maximum/minimum temperature of the leak-protecting linings. The tank plate shall be updated accordingly.

H.3.14 Leak detection system

H.3.14.1 Scope

This chapter gives further requirements for above-ground flat-bottom tanks made from metal with class I leak detection systems according to EN 13160-2 for monitoring tank bottoms.

H.3.14.2 Design

Additional to the general design criteria, the following points shall be obeyed:

H.3.14.2.1 The leak-protecting linings shall have nozzles

- to connect the leak detector (suction and measuring lines),

- to test the functioning of the leak indicating device
- to extract by suction any fluids that have penetrated the interstitial space (interstitial space connections).

H.3.14.2.2 In case of leveled tank bottoms, the nozzle for the suction line shall always be positioned at the centre of the bottom. Otherwise it shall be located at the lowest point of the tank bottom (e.g. in the sump basin or in the case of tanks with bottoms sloping on one side). At least two further nozzles shall be provided at the outer edge of the interstitial space and located at roughly even distances across the outer circumference. One of the nozzles in the interstitial space is used to connect the suction line, while one serves to connect the measuring line. All other nozzles in the interstitial space are test connections. Soil cups will be fitted with an additional interstitial space nozzle for connecting a testing line. For tanks with a diameter of ≤ 5 m, two nozzles – one for connecting the measuring line and one for the suction line – will be sufficient.

H.3.14.2.3 In the case of horizontal tank bottoms without soil cup and in the case of peaked tank bottoms the nozzle for connecting the measuring line will be at the centre of the tank. The suction line always starts near the lowest point of the interstitial space, while the measuring line is connected to the highest point of the interstitial space. The nozzle for the measuring line shall be positioned at a distance of no less than $1/3$ of the tank diameter from the nozzle used to connect the suction line. The level of the nozzle for the measuring line shall always be at least 100 mm higher than that of the nozzle used for connecting the suction line. Otherwise, a measuring chamber with a diameter of no less than 100 mm and the height required to achieve the necessary difference of level shall be provided.

H.3.14.2.4 All connection lines shall be fitted with vacuum shut-off valves PN 10 (size: at least $1/4$ ""). The connection lines shall be reduced as necessary for the connection of the shut-off valve downstream of the flange/thread nozzle. In the suction and measuring lines, the valves shall be installed in a manner that allows them to be lead sealed in an open position. During service, the valves in the test lines are in a closed position and are also secured by lead sealing and additionally closed by blind plugs.

H.3.14.2.5 Where flammable liquids are stored, the nozzles in the interstitial space for connecting the suction and measuring lines shall additionally be equipped with a detonation safety barrier suitable for the explosion group of the product stored in the tank and the gases that may form in the interstitial space.

H.3.14.2.6 The distance between the walls of the interstitial space shall allow adequate passage of air, stored product and water. Passage is sufficient, if, at an air volume flow rate of 100 l/h, the flow resistance between the point of suction and a leak does not exceed half the pressure at which an alarm is triggered.

H.3.14.3 Requirements to be fulfilled by the leak detector

H.3.14.3.1 A vacuum leak detector that can resist the pressure of the stored fluid is connected to the connection lines provided for the leak detector according to the installation and operation instructions of the manufacturer of the leak detector. Only approved leak detectors which generate an alarm trigger pressure of over 250mbar in the interstitial space and which are suitable for connection to double-wall bottoms of flat-bottom tank structures shall be used.

H.3.14.3.2 As a matter of principle, the leak detector shall be installed:

- when a tank is located in a collection basin:

- at the tank's outside wall or above the maximum fluid level in the collection basin; or,
- on the outside wall of the collection basin and/or;
- when the tank is installed in a cup, on the outside wall of the cup.

H.3.14.3.3 Leak detectors and leak-indicating devices shall come with a CE mark to prove their conformity with the applicable EC Directives. If applicable, suitability for installation in potentially explosive atmospheres shall be taken into account.

H.3.14.4 Marking

For leak detectors without separate vacuum pump, the following shall be added:

“Operating pressure of the interstitial space: ...,

Alarm trigger point: ...“

H.3.15 leakage detection system

H.3.15.1 Scope

This clause gives further requirements for above-ground flat-bottom tanks made from metal with leakage detection systems for monitoring tank bottoms.

H.3.15.2 Design

Additional to the general design criteria, the following points shall be obeyed:

H.3.15.2.1 Every interstitial space shall have connections for discontinuous leak testing and determination of permeability. The nozzle for the suction linear shall always be positioned at the lowest point (e.g. in the sump basin or in tanks with bottoms sloping on one side). At least two further nozzles shall be provided at the outer edge of the interstitial space and located at roughly even distances across the outer circumference.

H.3.15.2.2 The connections may also be used as ducts for introducing sensors.

H.3.15.2.3 The temperature at which the tank is to be operated shall be aligned to the maximum operating temperature of the leak detection system and indicated on the name-plate.

H.3.15.2.4 The design of the interstitial space shall be such that leak sensors can be installed. The distance between the walls of the interstitial space shall allow adequate permeation of air and the stored product. Permeation is sufficient if the flow resistance between the point of suction and an opening for testing does not exceed 150 mbar at a volume flow of air of 85l/h.

H.3.15.2.5 If the leak sensors cannot be reset, the design of the interstitial space shall allow for replacement of the leak sensors.

H.3.15.2.6 If spot sensors are to be used for fluids toxic to water, the interstitial space shall have an adequate gradient to one or more low points and a spot sensor positioned at each of these points.

H.3.15.2.7 The arrangement of the connections in the interstitial space shall ensure that the distance between the welds of the sensor system's connection nozzles to the weld of the tank shell/tank bottom is greater than 50 mm.

H.3.15.2.8 When installing linear sensors, the following aspects shall be taken into account:

- A spot or linear sensor shall be positioned at the lowest point of the lower bottom.
- In tanks with diameters D greater than 30 m, two linear sensors shall be installed in an annular arrangement, one at a distance of 50 to 250 mm from the tank wall and the other one at $\frac{1}{2} D$. Further linear sensors may have to be installed to comply with the following rule: the distance between 2 linear sensors shall not exceed 15 m.
- In tanks with a diameter D of under 30 m, the linear sensor shall be laid through the centre of the tank in a manner that an imaginary line runs through the centre of the tank and the low point at a 90° angle to the linear sensor.

H.3.15.2.9 When installing leak detection systems with spot sensors for fluids exclusively, the following aspects shall be taken into account:

- The exclusive use of spot sensors is only permitted in tanks with a gradient of over 1 %.
- A spot sensor shall be installed at the lowest point of the lower bottom.
- The distance between two spot sensors shall not exceed 15 m.
- In the case of tanks with diameters D larger than 15 m, spot sensors shall be installed on the tank circumference and spaced at distances of no more than 15 m.

H.3.15.2.10 The following aspects shall be taken into account in the installation of spot sensors for gases:

- Spot sensors for gases are also acceptable for tanks with levelled bottoms.
- The spot sensor shall be suitable for the predominant gases of the storage fluid.
- Evidence shall be furnished of the number and, where appropriate, the position of the sensors and their limits of detection.

H.3.15.2.11 All connection lines without cable ducts shall be fitted with vacuum shut-off valves PN 10 (size: at least $1/4''$) to allow their fluid-tight closure outside the tank. The connection lines shall be reduced as necessary for the connection to the shut-off valve behind the flange / threaded nozzle.

H.3.15.2.12 Cable ducts shall be fluid-tight and allow vacuum-tight closing for vacuum testing.

H.3.15.3 Test following installation of the sensor system.

H.3.15.3.1 After installation of the sensor system, the completed work will be assessed for conformity with the technical specifications and with the design and detail drawings, taking into account the terms and conditions of the certificate of suitability issued by the notified body.

H.3.15.3.2 The tightness of the interstitial room will be tested at a test pressure of -600mbar before the tank is placed into service and at annual intervals by the tank owner. In these tests, the leak rate shall not exceed 0,2 mbar l/s. Therefore for a volume of the interstitial space of 4 m³ and a measurable pressure drop of 5mbar, testing will take 24 hours and 48 hours for an interstitial space with a volume of 8 m³. Following completion of the leak test, adequate permeation shall be verified by opening the test nozzles.

H.3.15.3.3 Linear sensors shall be tested by the tank owner by simulating sensor break.

H.3.15.3.4 Spot sensors shall be tested by the tank owner using methods depending on their principle of action and according to the requirements set forth in the suitability certificate issued by the notified body. Sensors with mechanical elements shall be removed and immersed in fluid as a minimum requirement.

H.3.15.4 Requirements for the installation of leakage detection systems

For linear sensors, a receptacle shall be provided next to the tank in which sections of the linear sensors sampled from the same batches as the linear sensors used in the tank are stored under similar conditions to those prevailing in the interstitial space.

H.3.15.5 In service Tests

H.3.15.5.1 To test linear sensors, parts of the linear-sensor samples stored in the receptacle shall be connected to the linear sensor and sprinkled with fluid. In addition, a cable break shall be simulated and the linear sensor subjected to visual examination and inspection of its key electrical parameters.

H.3.15.5.2 Spot sensors shall be immersed in fluid for testing. In addition, cable break is to be simulated and the sensor subjected to visual examination.

H.3.15.6 Identification

All connection points of the leak detection system (e.g. sensor insertion points, connections in the interstitial space) shall be identified according to their functions.

H.3.16 Further leak/leakage detection systems

H.3.16.1 Deviating to the above mentioned leak detection systems other methods for leak/leakage detection systems like listed below can be used.

- overpressure monitoring, e.g. by means of nitrogen;
- nitrogen bleed;
- acoustic bleed;
- acoustic emission;
- electronic sensing;

H.3.16.2 The serviceability of alternative methods has to be proven, EN 13160 shall be obeyed.

H.3.17 Calculation requirements

H.3.17.1 Double bottoms shall be designed for all relevant load cases.

H.3.17.2 Double bottom systems are very sensitive to thermal loads. For the calculation of double bottoms with high or low temperatures (product temperature or soil temperature) a thermal analysis shall be done and the corresponding stresses shall be in an allowable range.

H.3.17.3 For common constructions of double bottom is within the design requirements of this annex and a max. temperature difference between the installation ambient temperature and the min/max temperatures of the medium and/or soil is below 30K a sufficient strength design can be assumed.

H.3.17.4 Heating up and cooling down of double bottom tanks shall be done in a smooth way so that the temperature difference between the upper and lower bottom is reduced to a minimum.

H.3.17.5 FE calculations for the double bottom shall represent welding details of the connection profile in a explicit way (volumetric Model).

H.4 Elevated or beam supported tanks

H.3.1 Small in-plant tanks up to about 4 m diameter can be mounted on a beam structure, usually set on a concrete plinth, to allow leaks to be visually detected.

H.3.2 Tank bottoms which are not fully supported by a continuous foundation shall be in accordance with H.1.

Annex I (informative)

Recommendations for tank foundations

I.1 General

Reference is made to 16.2.1.

The following recommendations are intended to establish a sound basis for the design and construction of foundations under storage tanks to ensure that they will support the loads, and do not impair the structural integrity of the tank. The recommendations are offered as an outline of good practice, and point out some precautions which should be observed in the design and construction of such foundations.

Because of the wide variety of soil surface and sub-surface, climatic conditions, and design of storage tanks, it is not practicable to establish in this annex design data to cover all situations. The allowable soil bearing capacity, its anticipated settlements and foundation system needs to be decided for each individual case.

The design of foundations for storage tanks represents an exceptional case for the following reasons:

- a) Tank foundations are subject to live loads representing the greatest proportion of total gravity load;
- b) The contents of a storage system represent a high concentration of potentially damaging fluid.

I.2 Soil investigation

I.2.1 General

Wherever possible, storage tanks should be sited in an area where subsoil conditions are homogeneous, and have good characteristics in respect of load bearing and settlement. Prior to the start of the design and construction of the foundation, a thorough geotechnical investigation should be conducted to determine the stratigraphy and physical properties of the soils underlying the site. In addition, the report shall provide the allowable soil bearing pressures the anticipated short and long term settlements and recommendations for the phased hydro test. Also the soil resistivity, conductivity and thermal properties should be determined.

Additional useful information can be obtained from a review of sub-surface conditions, and the history of similar structures in the vicinity.

I.2.2 Ground water table

Full details, including seasonal variation with depth of the ground water table, perched water tables and possible sub-surface water flows, should be obtained for the area of the planned storage, together with data on the permeability of the soils and possible susceptibility to frost heave. Consideration needs to be given to possible changes in the above data that can result from construction works. This should be included in the soil investigation report.

I.2.3 Seismic investigations

The extent of the investigation needed will depend on the assessment of seismic intensity for the site and the recurrence interval consistent with the risk levels assumed in the design.

Reference should be made to Annexes G and V.

I.2.4 Sites to be avoided

The following are some of the many variations in conditions that will need special consideration as regard foundation design, and they should be avoided if economic considerations permit selection of alternative areas:

- a) sites where part of a tank may be on rock or other firm undisturbed ground and part on fill; or where the depth of required fill is variable; or where the ground under part of the tank area has been pre-consolidated;
- b) sites on swamps or where layers of highly compressible material occur below the surface;
- c) sites where stability of the ground is questionable, e.g. adjacent to deep water courses, mining operations, excavations or steeply sloping hillsides, karst topography or gypsiferous materials which could include weak lenses subject to leaching;
- d) sites where tanks may be exposed to flood waters, resulting in possible uplift, displacement or scour, or conversely where any subsequent lowering of the groundwater table could lead to additional differential settlement;
- e) sites near to active faults or on soils susceptible to liquefaction in areas subject to earthquakes.

I.3 Foundation design

I.3.1 General

The foundation should be designed to transmit all of the loads to a suitable load bearing strata, and to be able to accommodate the anticipated differential and total settlement without distress.

I.3.2 Loading conditions

The different stages in the life of the structure should be considered in the design of the foundations, i.e. construction, testing, commissioning, service and maintenance. Exceptional events also need to be considered. The normal service loads and the exceptional loads that should be taken into account are given in Clause 7.

I.3.3 Allowable soil bearing pressures

The allowable load bearing capacity should be decided on the basis of the geotechnical investigation, giving due consideration to the accuracy of predictions of the ultimate load bearing capacity and settlement.

I.3.4 Estimated or predicted Settlements

The Soil investigation report will indicate the predicted maximum total and differential settlements for the anticipated life time of the tank foundation.

These may comprise combinations of:

- a) tilt of the tank;

- b) tank floor settlement along a radial line from the periphery to the tank centre;
- c) settlement around the periphery of the tank.
- d) edge settlement

The considerations affecting the limits of permissible settlement include, but are not necessarily limited to:

- 1) dimensions and aspect ratio of the tank and the stiffness of its foundation;
- 2) stiffness of the tank and its components;
- 3) reliability of the investigation;
- 4) possibility of any interactive effects with adjacent tanks or structures and integral earth embankments.

Tank foundations should be designed using adequate safety margins. Where significant settlement is predicted, it is recommended that actual settlements are monitored during the various phases covering the complete life of the installation including construction, hydrostatic testing, commissioning and operation. The monitoring frequency should be commensurate with the predicted time and load dependent rate of change of settlement.

Alternatively one may consider a higher tank foundation, with for example a cone up configuration allowing the centre settlement (usual 30 % more than the edge) to take place over a longer period without taking the tank out of service and accepting the final cone down bottom configuration.

I.3.5 Soil improvement and piling

If the subsoil supporting the foundations is weak and inadequate to carry the load of the filled tank, the following methods of improvement may be considered.

- a) Removal and replacement of unsatisfactory material by suitable compacted granular fill that is not frost susceptible;
- b) Improvement of the soft or loose materials by vibration or dynamic compaction;
- c) Pre-loading with a temporary overburden;
- d) Or a long hydro test (pre load) period and jack up the tank after the preload to restore / construct the final tank foundation);
- e) Enhanced subsoil drainage with or without pre-loading; (Not recommended potential pollution source in case of future leaking tank);
- f) Stabilization by means of grout injection methods;
- g) Piling.

I.3.6 Resistance to uplift

Anchorage are required to resist uplift and overturning of the shell due to the effects of internal tank vapour pressure (and wind load or earthquake when applicable). Anchorages are specified in 12.

I.3.7 Membrane barriers , leak detection

Figure I.1 shows a tank foundation where a liquid tight membrane barrier (foil) has been provided (see also EN xxxxx – for example). The membrane foil should be below and around the material supporting the tank. In the selection of the membrane, consideration should be given to the temperature and stresses to which it may be subject in service and under exceptional conditions.

Only materials that have been proved capable of retaining their impermeability in these conditions should be used. If the membrane takes the form of a coating applied to the concrete slab, its coefficient of thermal expansion/contraction should be compatible with that of concrete throughout the relevant temperature range.

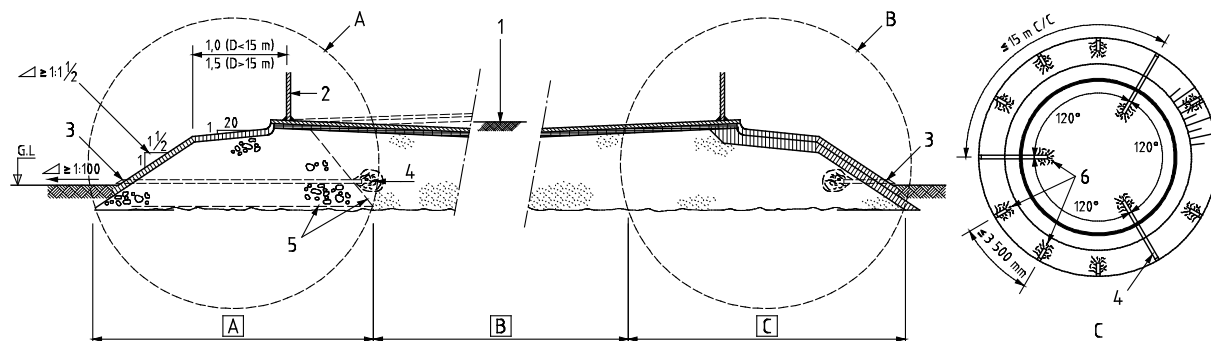
I.4 Types of foundations

I.4.1 General

One of the following four types of foundations should be used for storage tanks:

- Standard Pad (see Figure I.1 and I 1a and 2)
- Concrete surface raft (see Figure I.3)
- Pile supported reinforced concrete raft (see Figure I.3)
- Concrete ring beam (see Figure I.4)

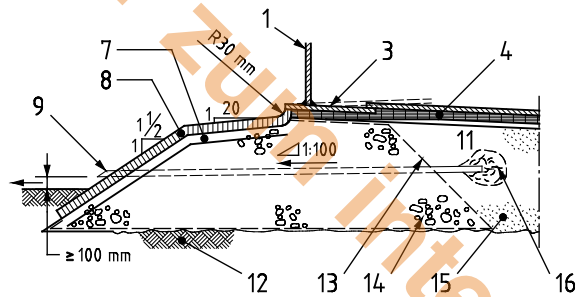
I.4.2 Standard Tank Pad foundations



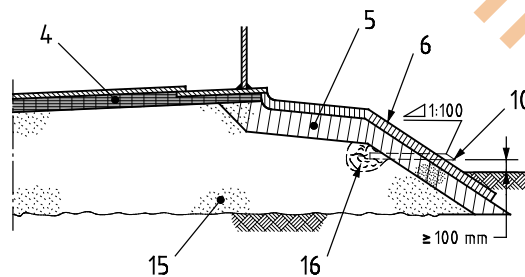
Key

- | | | | |
|---|--|---|------------------|
| 1 | top of tankpod 600 + GL (after hydrostatic test) | A | tankpod shoulder |
| 2 | tank wall | B | tankpod body |
| 3 | telltale pipe | C | tankpod shoulder |
| 4 | see Note 4 | 5 | geotextile |

a) Typical Tank Pad foundations without and with a leak detection system.



b) Detail 1 of tankpad shoulder



c) Detail 2 of tankpad shoulder

Key

1 tank wall	9 typical telltale pipe L = 2,5 m
2 ???	10 telltale pipe L = 500 mm
3 annular plate	11 see Note 4
4 50-75 mm sand bitumen mix or oil/sand mix	12 subgrade
5 150 mm coarse sand	13 geotextile membrane woven/roven type
6 Min. 50 mm thick wet sand mix or equal	14 compacted crushed rock 20/40
7 compacted crushed rock 2/6	15 compacted sand
8 Min. 50 mm thick wet sand mix or equal	16 gravel filter with geotextile

NOTE 1 For design of tank foundation, see DEP 34, 18.5.10 Section 6.

NOTE 2 For the conceptual tank foundation with tank leak detection and management system see S 12.003

NOTE 3 for dimensions, cone up/cone down refer to DEP 34.51.01.34-Gen and S 51.067

NOTE 4 In case low permeable rockfill is unse in tankpod shoulder, special measures have to be taken to allow telltale drains to work properly ex tankpod body.

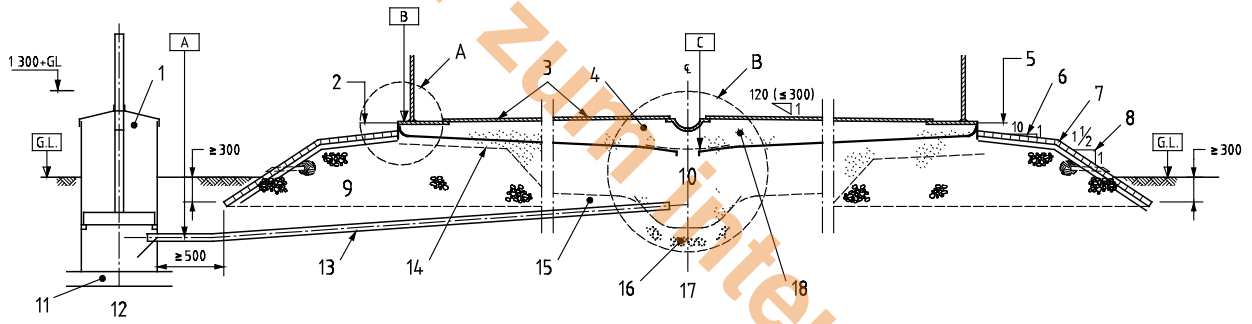
NOTE 5 For composition of wet sand mix and dry sand bitumen mix refer to DEP 34.18.51.10-Gen. Appendix 3 and 4.

NOTE 6 Underside of telltale drains to be minimum 100 mm above bud floor elevation.

NOTE 7 Applicable only for minimum hazardous products like

- Water tanks
- Hot tanks, where by the product solidify 'outside; the tank, e.g. bitumen tanks, wax tanks, sulphur tanks.

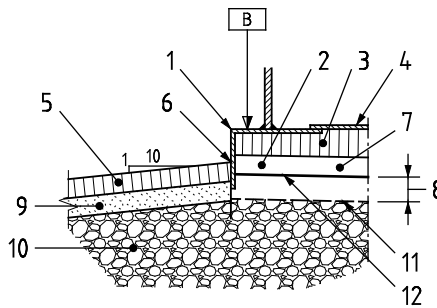
Figure I.1 — Standard tank pad foundation



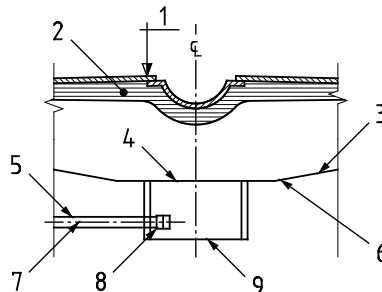
a)

Key

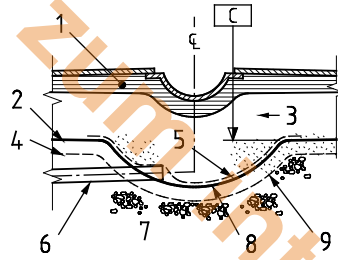
- | | |
|--|---|
| 1 test pipe, see Note 5 | 11 leak detection/ inspection sump. Dia. 500 mm Hel. 1000 mm |
| 2 Min. 900 + GL | 12 inspection sump |
| 3 tank bottom plate | 13 HDPE drain pipe (125 mm) |
| 4 50-75 mm sand-bitumen mix | 14 geotextile membrane woven/roven type Nicolon No. 66339 or equivalent |
| 5 Min 900 + GL (after hydrostatic test) | 15 see note 3 |
| 6 slope min. 1:10 | 16 tank foundation material |
| 7 Min. 50 mm thick wet sand mix or equal | 17 drain sump |
| 8 slope mix 1:1.5 | 18 compacted clean sand |
| 9 compacted crushed rock | |
| 10 for drain sump see detail 3 | |



b) Detail 2



c) Detail 3



d) Detail 3 (alternative)

Key

1 Stainless steel drip plate	7 50 mm sand	1 Varies	7 Centre drain pipe GL - 50	150-75 sand-bitumen mix	7 Tank foundation material
2 Compacted clean sand	8 Min. 50 mm sand	2 50-75 sand-bitumen mix	8 Nicolon textile	2 HDPE 2 mm, see Note 4	8 HDPE drain sump fabricated at site
3 50-70 mm sand-bitumen mix	9 Compacted crushed stone 2/6	3 HDPE 2 mm, see Note 4	9 Standard drain sump	3 Compacted sand	9 See Note 3
4 Cone-up or cone-down	10 Compacted crushed stone 20/40	4 Grating		4 Geotextile (if applicable)	
5 Micro asphalt	11 Geotextile	5 HDPE drain pipe 50 mm		5 Geotextile	
6 Flexible sealing material	12 HDPE 2 mm	6 GL + 230		6 HDPE drain pipe	

NOTE 1 For tank foundation design and general notes see DRWG S 12.001 sheet 1 of 2.

NOTE 2 For HDPE lining, sump and pipe levels see Table I.1.

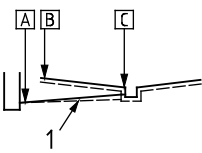
NOTE 3 Minimum 50 mm compacted clean sand between tank foundation material and HDPE lining/drain sump. Where the tankpad body is made of coarse crushed rock, a geotextile layer is required between the crushed rock and compacted sand layer.

Installation of the HDPE sheets shall be made with a 6 inch (150 mm) overlap in down-slope direction.

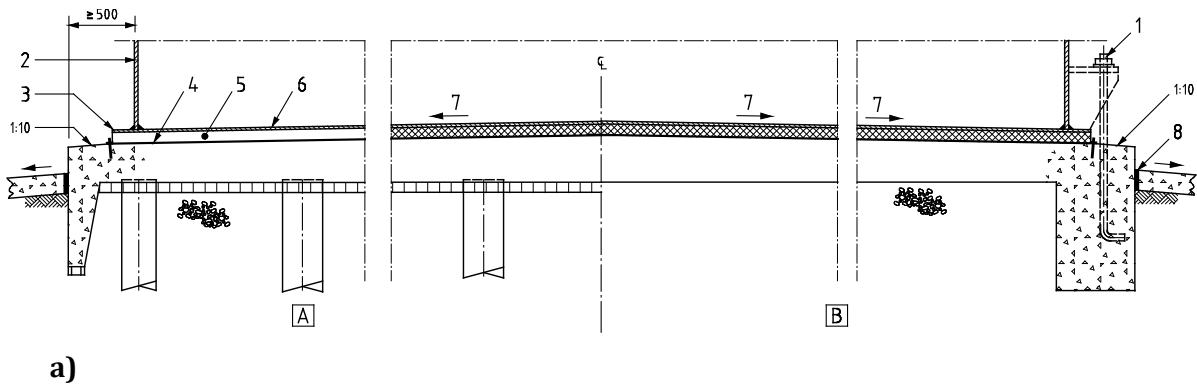
NOTE 5 Test pipe to check once a year the function of the drain sump and drain pipe with water (Dye-tracing).

Figure I.2 — Standard Tank Pad Foundation (with crushed stone ring and leak detection system)

Table I.1 - XXX

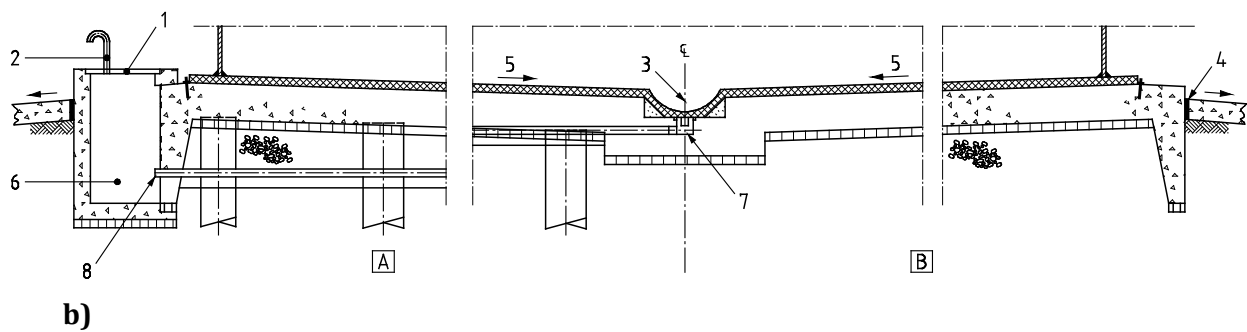
Construction details for level and 'slope' of HDPE lining the drain pipe, the drain sump and the detection/inspection sump						
	Tank diameter*	Inspection sump	Level of lining at annular plate	Slope HDPE lining	Level at drain sump	Slope of drain pipe
		A	B	-	C	-
	15	-400	+400	1:40	+200	1:35
	25	-570	+400	1:60	+200	1:35
	36	-750	+400	1:100	+220	1:30
	45	-900	+400	1:125	+220	1:30
	60	-1 000	+400	1:150	+200	1:40
	78	-1 100	+400	1:150	+150	1:45

For max. allowable settlement at the tank edge or centre and tilting of the tank reference is made to the EEWLA 159 document.
* Levels for intermediate tank diameter can be calculated by linear interpolation.



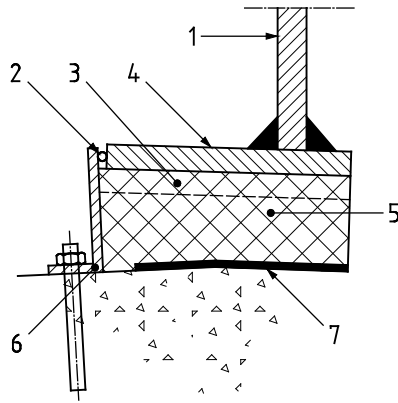
Key

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 Anchor bolts when required, see layout S 51.046 | 5 50 mm sand bitumen mix |
| 2 Tankshell | 6 Tank bottom |
| 3 See detail 1 | 7 Slope |
| 4 Drain layer type labutect X8 | 8 Hydrocarbon resistant seal |

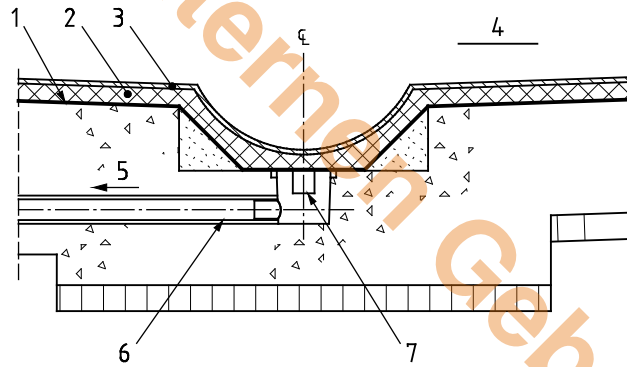


Key

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 Cover | 5 Slope |
| 2 Ventilated rain protection | 6 Leak detection/inspection sump |
| 3 Tank bottom sump | 7 See Detail 2 |
| 4 Hydrocarbon resistant seal | 8 HDPE drain pipe (75 x 6,9 mm) |



c) Detail 1



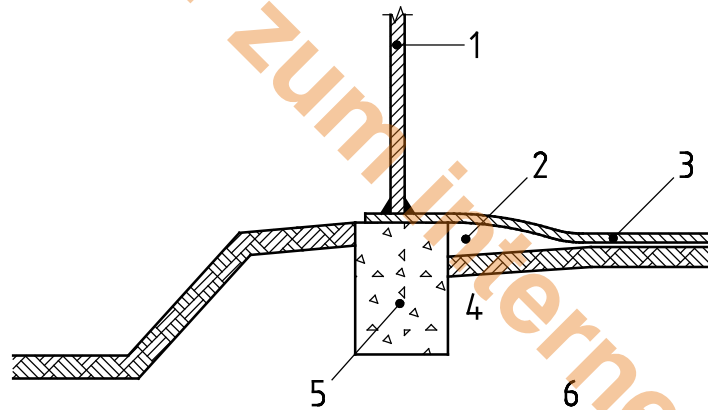
d) Detail 2

Key

- | |
|--|
| 1 tank shell |
| 2 flexible sealing material |
| 3 backing strip |
| 4 annular plate |
| 5 50 mm sand bitumen mix |
| 6 to hold sand/bitumen layer. Cut -out required for annular plate backing strip to allow compression of sand bitumen mix layer |
| 7 drain layer type Labutect XB |

Figure I.3 — Concrete surface raft and pile supported raft (Including leak detection system.) Ring beam foundations (without or with anchors)

A concrete ring beam might be required to resist uplift and overturning of the tanks and provide a foundation for high tank shell loads. The ring beam should be designed to withstand horizontal pressures from the contained earth mound including all surface effects from the tank and contents. Some form of transition support is advisable between the inside of the ring beam and the compacted earth mound, to smooth out sharp changes in settlement.



Key

- | | | |
|---|-------------------|-----------------|
| 1 shell | 3 tank bottom | 5 concrete ring |
| 2 gap due to poor connection of the soil near the concrete ring | 4 poor compaction | 6 tank pad |

Figure 1.4 — Concrete ring beam

I.4.3 Surface raft foundations

Where sub-surface soils exhibit suitable characteristic properties to support all possible loads, a soil supported reinforced concrete surface raft might be suitable. Such a raft or slab normally incorporates an increased thickness as necessary under the shell of the tank, depending on the dead loads (concrete, steel etc.) and imposed loads (including exceptional loads) that apply.

In the design of the slab, provision should be made to accommodate the effects of local differential settlements, drying shrinkage, creep and thermal strains during service or under upset conditions.

I.4.4 Pile supported raft

I.4.5.1 When subsoil conditions do not permit a soil supported foundation, the slab may be supported on piles.

Constructing of large concrete rafts / foundation requires to cast the raft in sections / panels, including construction and/or expansion joints. Expansion joints shall incorporate suitable barriers to prevent the passage of any liquid.

All reinforced concrete tank foundations shall be designed and constructed in line with the EN 1992 -1 -1:2005 and EN 206 (1):2005

I.5 Drainage, Tank bottom drainage and tank compound drainage

Areas around storage tanks should be properly drained away from the tank foundation to prevent rain water accumulation, including the fire fighting water run-off.

Annex J
(informative)

Example calculations of stiffening rings (wind girders)

J.1 General

Stiffening rings (wind girders) can be formed from standard steel angles (conforming to EN 10056-1) or channels (conforming to EN 10279), or from folded plate of material equivalent to the material of the shell to which they are attached.

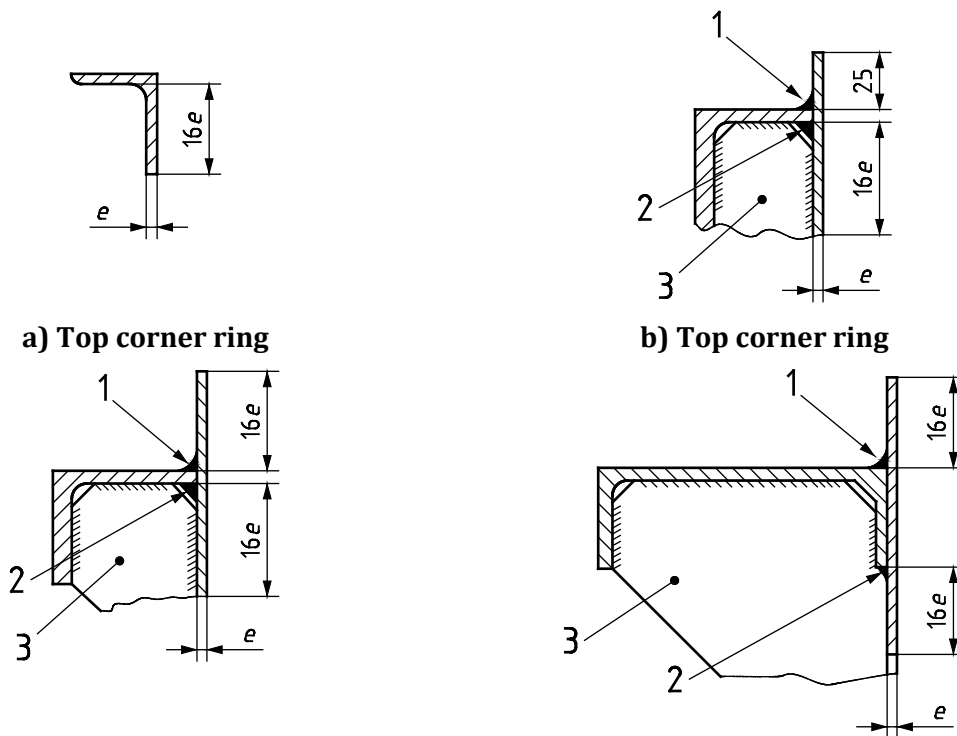
J.2 Section moduli

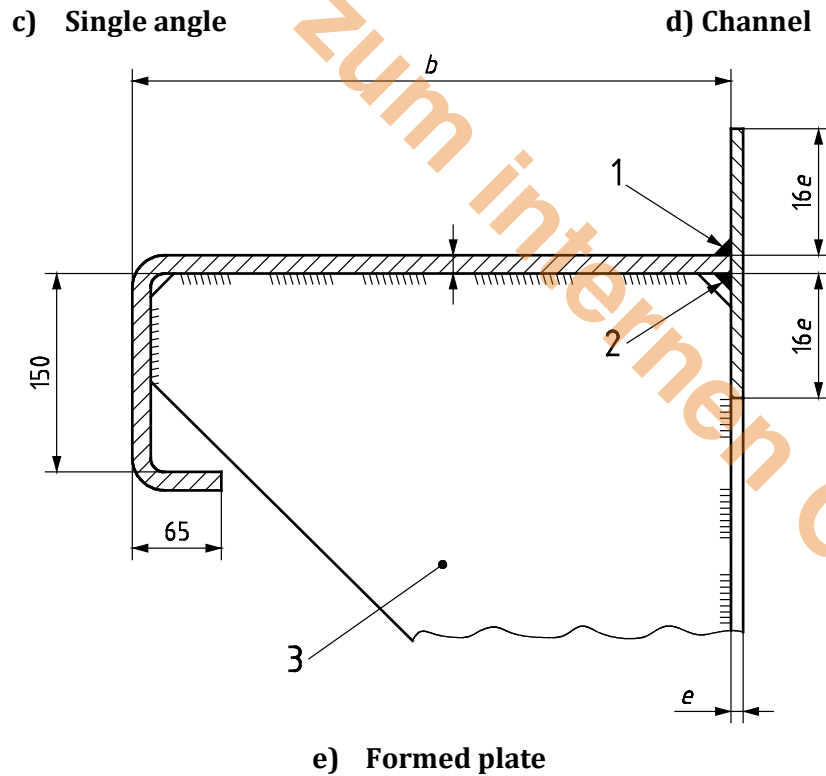
When calculating the section modulus of the wind girder, part of the shell itself up to a maximum of $16e$ above and below the point of attachment, can be used as contributing to the total section modulus. (see Figure J.1), providing the stiffening ring is fully connected (by fillet welds) to the tank shell and the contributing area of the shell is not greater than the area of the stiffening ring itself. Except for openings required for stairways/ladders, pipework penetrations, drains and cooling water distribution, no other openings are permitted in the stiffening rings.

When such openings are present adequate compensation in the stiffening ring shall be provided to ensure the section modulus at any section through the opening conforms with the requirements of 9.3.3. At those sections no contribution of the shell plate can be taken.

J.3 Worked examples of design of secondary stiffening rings (wind girders)

The following two worked examples serve to illustrate how the requirements of 9.3.3 are applied to the design process.





Key

- 1 continuous fillet weld
- 2 intermittent weld
- 3 bracket

Figure J.1 — Sections through stiffening rings (wind girders)

J.4 Example 1

A floating-roof tank 95 m diameter, 20 m high having eight 2,5 m courses of thicknesses 12,0, 12,0, 14,2, 19,7, 24,7, 29,8, 34,9 and 39,9 mm is to be designed for a wind speed of 60 m/s. The primary ring is located 1,0 m from the tank top. How many secondary stiffening rings are required and what are their sizes and location?

Course	h [m]	e [mm]	H _e [m]
8	1,5	12,0	1,500
7	2,5	12,0	2,500
6	2,5	14,2	1,641
5	2,5	19,7	0,724
4	2,5	24,7	0,411
3	2,5	29,8	0,257
2	2,5	34,9	0,173
1	2,5	39,9	0,124
	Σ h = 19 meter		H _E = ΣH _e = 7,33 m

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Clause 9.3.36 -2}).$$

He is calculated for each shell course by using the formula:

$$H_e = 2,5 \left(\frac{12}{34,9} \right)^{\frac{5}{2}} = 0,1733 \text{ m}$$

For example, shell course 2:

$P_v = 5 \text{ mbar}$

$$K = \frac{95000}{3,563V_W^2 + 580p_v} = \frac{95000}{3,563 * 60^2 + 580 * 5} = 6,0406$$

The maximum permitted spacing of secondary stiffening rings on the shell is:

$$H_p = K \sqrt{\frac{e_{\min}^5}{D^3}} = 6,0406 \sqrt{\frac{12^5}{95^3}} = 3,254 \text{ m}$$

Minimum number of secondary stiffening rings that are required:

$$N = \frac{H_E}{H_p} - 1 = \frac{7,33}{3,254} - 1 = 1,25 \rightarrow N = 2$$

The distance between the stiffeners on the shell of equivalent height H_E is:

$$L = \frac{H_E}{N+1} = \frac{7,33}{3} = 2,443 \text{ m}$$

These are ideally located at 2,442 m and $2 * 2,443 = 4,89$ m above the tank bottom on the shell of equivalent height H_E .

The upper ring is on a shell course of minimum plate thickness, so no justification is needed. The location of the upper ring is 2,443 m above the tank bottom on course 7.

The lower ring is not on a shell course of minimum plate thickness, so an adjustment is needed and its position above the tank bottom will be:

$$\left\{ 2,443 - (H_{e;1} + H_{e;2} + H_{e;3} + H_{e;4} + H_{e;5}) \right\} \sqrt{\frac{(14,2)^5}{12,0}} + (5 * 2,5) = 14,647 \text{ m}$$

The secondary rings are thus 16,557 m and 14,647 m above the tank bottom on course 6.. The distances to the horizontal shell joints are $(14,647 - 5 * 2,5) = 0,943$ m and $(16,557 - 6 * 2,5) - 2,5 = 1,353$ m.

The angles are L200 × 100 × 12 in accordance with Table 17.

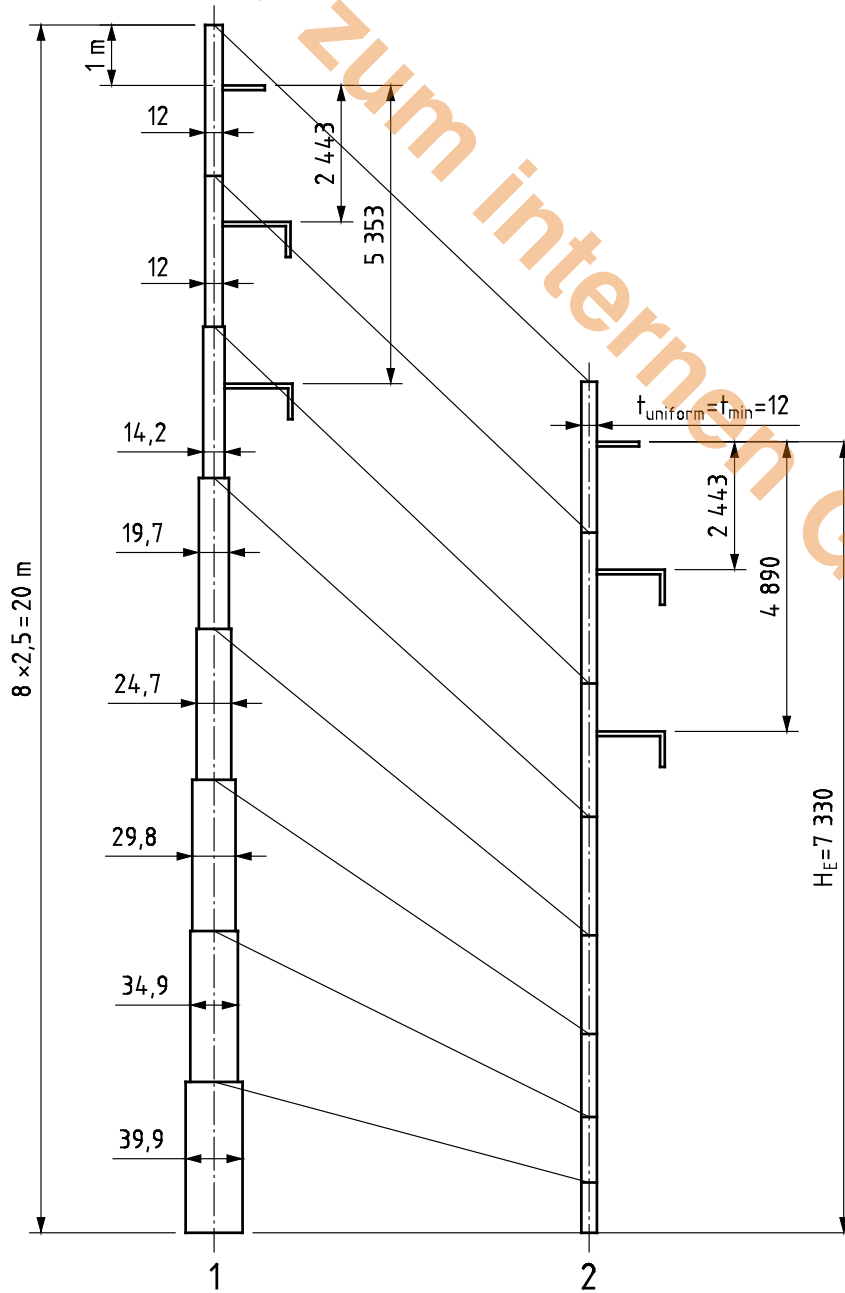


Figure J.2 — Detailed sketch example 1

J.5 Example 2

A fixed-roof, non-pressure tank 48 m diameter, 22,5 m high having nine 2,5 m courses of thicknesses 8,0, 8,0, 10,6, 14,3, 17,9, 21,6, 25,3, 29 and 32,6 mm is to be designed for a wind speed of 55 m/s. How many secondary stiffening rings are required and what are their sizes and location?

Course	h [m]	e [mm]	H _e [m]
9	2,5	8,0	2,500
8	2,5	8,0	2,500
7	2,5	10,6	1,237
6	2,5	14,3	0,585
5	2,5	17,9	0,334
4	2,5	21,6	0,209
3	2,5	25,3	0,141
2	2,5	29,0	0,100
1	2,5	32,6	0,075
	Σ h = 22,5 meter		H _E = ΣH _e = 7,681 m

$$H_e = h \left(\frac{e_{\min}}{e} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Clause 9.3.36 -2}).$$

He is calculated for each shell course by using the formula:

$$H_e = 2,5 \left(\frac{8}{21,6} \right)^{\frac{5}{2}} = 0,209 \text{ m.}$$

For example, shell course 4:

P_v = 5 mbar

$$K = \frac{95000}{3,563V_W^2 + 580p_v} = \frac{95000}{3,563*55^2 + 580*5} = 6,945$$

The maximum permitted spacing of secondary stiffening rings on the shell is:

$$H_p = K \sqrt{\frac{e_{\min}^5}{D^3}} = 6,945 \sqrt{\frac{8^5}{48^3}} = 3,781 \text{ m}$$

Minimum number of secondary stiffening rings that are required:

$$N = \frac{H_E}{H_p} - 1 = \frac{7,680}{3,781} - 1 = 1,03 \rightarrow N = 2$$

The distance between the stiffeners on the shell of equivalent height H_E is:

$$L = \frac{H_E}{N+1} = \frac{7,680}{3} = 2,560 \text{ m}$$

These are ideally located at 2,560 m and 2 * 2,560 = 5,121 m above the tank bottom on the shell of equivalent height H_E.

The upper ring is on a shell course of minimum plate thickness, so no justification is needed. The location of the upper ring is 19,94 m above the tank bottom on course 8

$$\left\{ 5,121 - (H_{e;1} + H_{e;2} + H_{e;3} + H_{e;4} + H_{e;5} + H_{e;6} + H_{e;7}) \right\} + (7 \times 2,5) = 19,94 \text{ m}$$

Note, that this elevation is only $(8 * 2,5) - 19,94 = 0,06$ m away from the horizontal weld between courses 8 and 9. This distance should be at least 150 mm (0,15 m). This makes it required to lower this ring to an elevation of $(8 * 2,5) - 0,15 = 19,85$ m above the tank bottom on course 8.

Check distance between this ring and the top of the shell: $0,15 + (1 * 2,5) = 2,65$ m. This exceeds the dimension of L (2,56 m) by 0,09 m. However, as $2,65 \text{ m} < H_p$, no further investigations to a possible additional reinforcement of the shell above the 2nd additional ring girder would be required.

The lower reinforcement ring is not on a shell course of minimum plate thickness, so an adjustment is needed and its position above the tank bottom will be:

$$\left\{ 2,560 - (H_{e;1} + H_{e;2} + H_{e;3} + H_{e;4} + H_{e;5} + H_{e;6}) \right\} \sqrt{\left(\frac{10,6}{8,0} \right)^5} + (6 \times 2,5) = 17,257 \text{ m}$$

The distances between this reinforcement ring and the horizontal welds between courses 6 and 7 and courses 7 and 8 are, respectively:

$17,257 - (6 * 2,5) = 2,2357$ m away from the horizontal weld between courses 6 and 7, i.e. $> 0,15$ m, thus OK.

$(7 * 2,5) - 17,257 = 0,243$ m away from the horizontal weld between courses 7 and 8, i.e. $> 0,15$ m, thus OK.

The angles are L150 × 90 × 10 in accordance with Table 17.

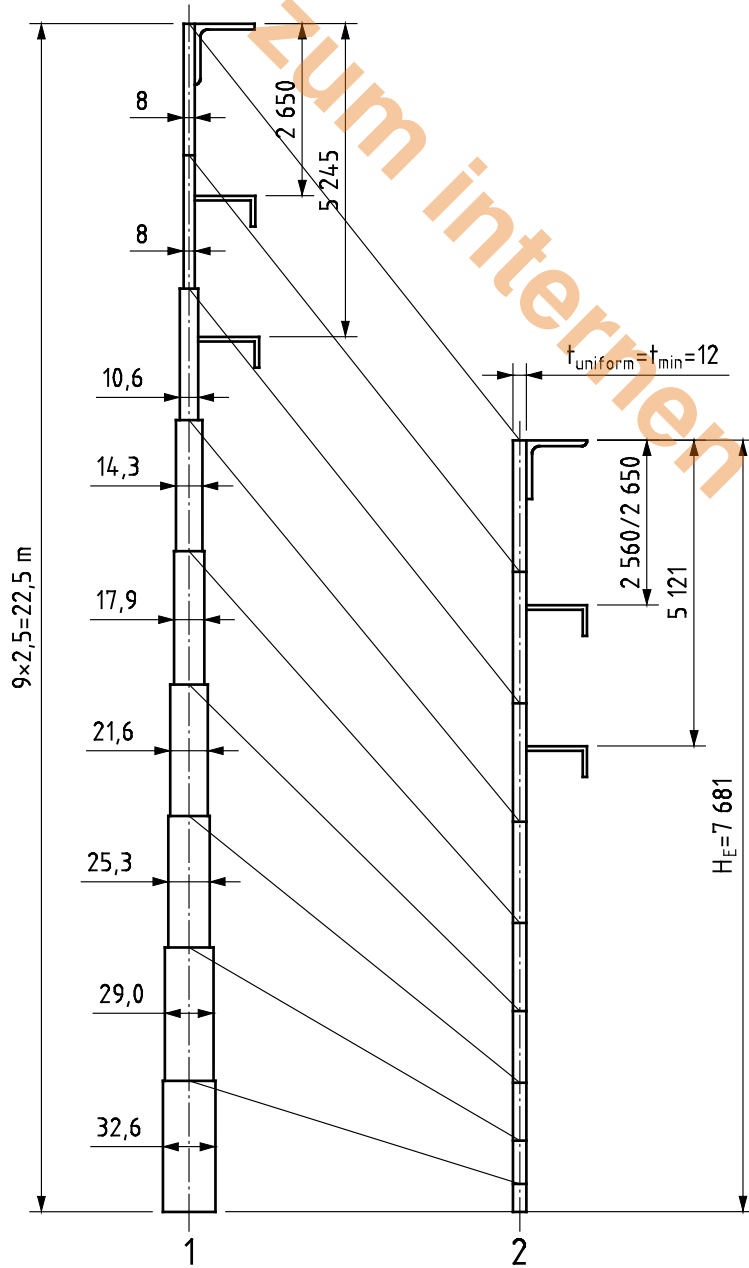


Figure J.3 — Detailed sketch example 2

Annex K
(normative)

Design rules for tanks with frangible roof to shell joints

K.1 General

In order to evaluate the ability of unanchored fixed roof storage tanks to frangibility (a predestined area in welds between the roof/shell connection) the following is applicable for:

- a self-supporting cone or dome roof with roof supporting structure;
- a column supported cone roof;

these roofs shall be in accordance with Table K.1 and paragraphs K.2 to K.4.

Table K.1 — Characteristics of cone or dome roofs

Symbol	Description		Value
D_F	Internal diameter of tank with frangible roof to shell joint		≥ 5000 mm
D_r	Effective diameter for calculation purposes		
e_a	Annular plate thickness	(corroded condition)	≥ 5 mm
e_{cyl}	Upper course thickness	(non-corroded condition)	≥ 5 mm
e_{cylb}	Lower course thickness	(corroded condition)	≥ 5 mm
e_{ring}	Reinforcing ring thickness	(non-corroded condition)	≥ 5 mm
e_{roof}	Roof thickness	(non-corroded condition)	≥ 5 mm
R_1	Radius of dome roof (see Figure K.2)		
$\tan \theta$	Slope of a cone roof (see Figure K.1)		1/16 to 1/5
	Or		
	Slope of the tangent to the meridian at the roof-to-shell connecting point for a dome roof (see Figure K.2) where $0,8 D_r \leq R \leq 1,5 D_r$		
NOTE For the arrangements shown in Figures K.3 a) and b) and Figures K.4 a) to d) $D_r = D_F$			

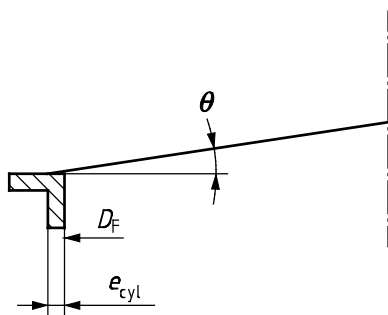


Figure K.1 — Cone roof

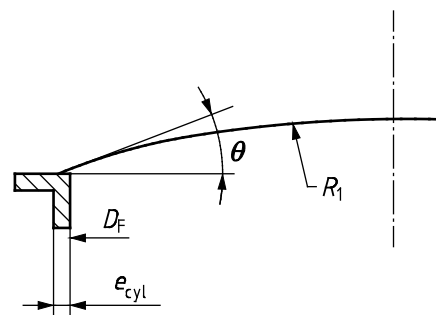


Figure K.2 — Dome roof

K.2 Construction

Roof plates shall not be attached to the internal roof supporting structure.

A curb angle welded to the top corner ring and intended to support insulation or other fittings shall be permissible, if the section of this angle is less than or equal to 15 % of the section of the top corner ring.

The requirements specified in K.4 shall apply to tanks with butt welded annular plates. For tanks without annular plates, the minimum length of bottom plate weld of 150 mm specified in 8.4.3 shall be increased to 500 mm to make the tanks applicable for a frangible roof-to-shell junction.

Where these design rules are not met, the method of assessing frangibility shall be subject to agreement (see A.2).

NOTE The pressure calculated hereafter should only be used to check the frangibility of a tank, and not for any other purpose.

K.3 Materials

Carbon and carbon manganese steels with a maximum allowable strength ≤ 260 N/mm² shall be used for the shell upper course, stiffening rings and roof.

The mechanical characteristics of the lower course and annular or bottom plates shall be equal to or greater than those of upper course and roof plates.

K.4 Design rules

The unstiffened length l_{cyl} and l_{cylb} in metres, of the upper and lower courses shall meet the following requirements:

$$l_{cyl} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D_F e_{cyl}}{2000}} \quad \text{for the upper course} \quad (K.1)$$

$$l_{cylb} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D_F e_{cylb}}{2000}} \quad \text{for the lower course} \quad (K.2)$$

For the roof-to-shell junction of tanks without anchorage to be considered frangible, the following design calculations shall be carried out:

a) The design roof failure pressure p_r in mbar shall be calculated as follows:

1) for arrangements shown in Figure K.3

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{ring}; e_{roof})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{cyl}}{D_F} \right\}^{\alpha_4} \quad (K.3)$$

for arrangements shown in Figure K.4

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{cyl}; e_{roof})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{cyl}}{D_F} \right\}^{\alpha_4} \quad (K.4)$$

where

$$\alpha_1 = 2,175 \times 10^7$$

$\alpha_2 = 1,253$

$\alpha_3 = 0,18$

$\alpha_4 = 0,14$

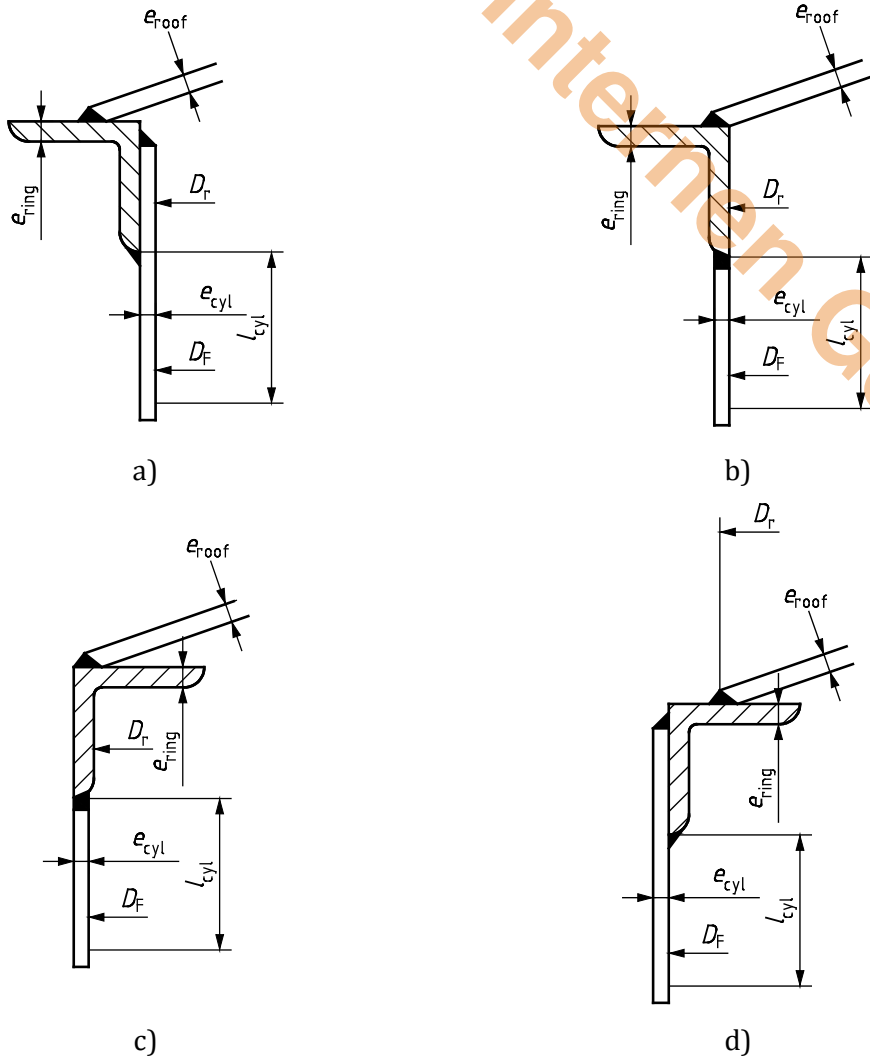
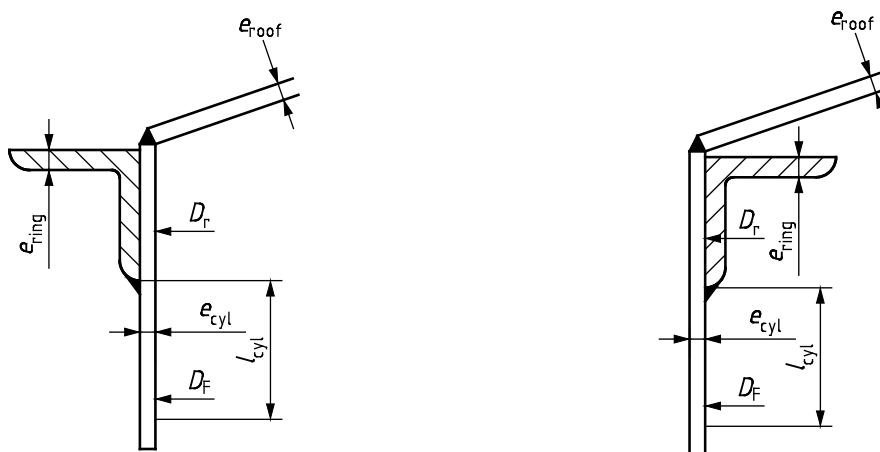


Figure K.3 — Roof to upper course junctions: roof welded to ring



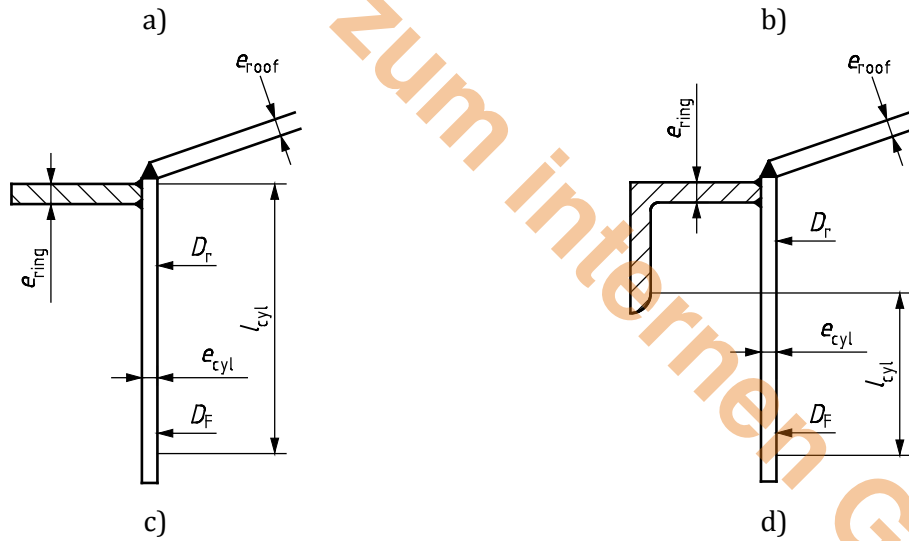


Figure K.4 — Roof to upper course junctions: roof welded to the upper course

b) The design bottom failure pressure p_b in mbar shall be calculated as follows:

$$p_b = (\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2) \varepsilon \quad (\text{K.5})$$

where

$$\varepsilon = \min [\{(242,64X + 0,45) + 0,65Y^{10}\}; 1] \quad (\text{K.6})$$

$$X = \frac{\min(e_{cylb}; e_a)}{D_F} \quad (\text{K.7})$$

$$Y = \frac{\min(e_{cylb}; e_a)}{\max(e_{cylb}; e_a)} \quad (\text{K.8})$$

$$\beta_0 = 37,40 \quad (\text{K.9})$$

$$\beta_1 = 7,56 \times 10^5 \quad (\text{K.10})$$

$$\beta_2 = 1,48 \times 10^8 \quad (\text{K.11})$$

c) Then these design pressures shall verify the following formula:

$$p_b \geq 2 \gamma p_r \quad (\text{K.12})$$

where

γ is the agreed safety coefficient ($1 < \gamma \leq 1.5$) (see A.2).

NOTE The thickness and/or the length of the annular plate should be checked according to 8.3.2 and 8.4.1, when the thickness of the lower course and/or the annular plates is increased in order to meet frangibility criteria.

This Annex, used in the first edition of this document, was deleted – see Section 10.6 for further information on venting requirements.

Annex L
Venting

This Annex has been deleted

Nur zum internen Gebrauch

Annex M
(Informative)

Tank Anchorage

M.1 General

Various types of anchorage are suitable for storage tanks built to this document. The most appropriate detail for a specific application should be evaluated by the manufacturer and subject to agreement (see A.2). The following examples are not intended to preclude the use of other design details when so agreed between purchaser and contractor.

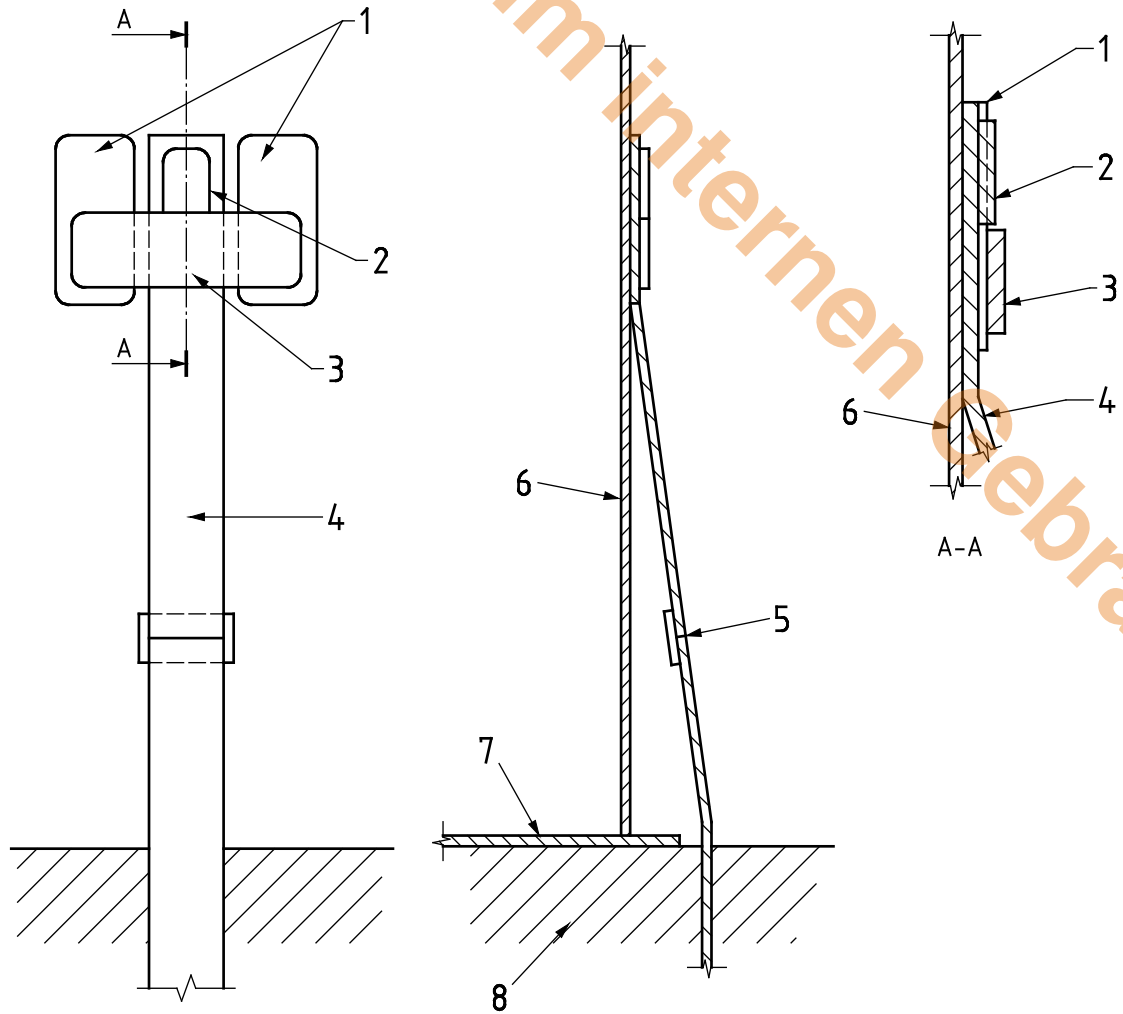
M.2 Holding down strap

A typical arrangement for a holding down strap is shown in Figure M.1.

M.3 Holding down bolt with individual chair

A typical arrangement for a holding down bolt using individual chairs is shown in Figure M.2.

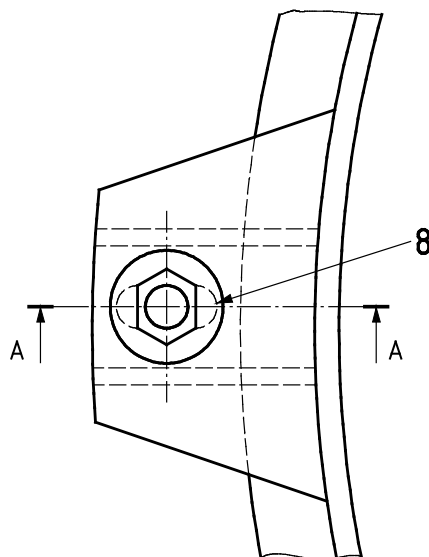
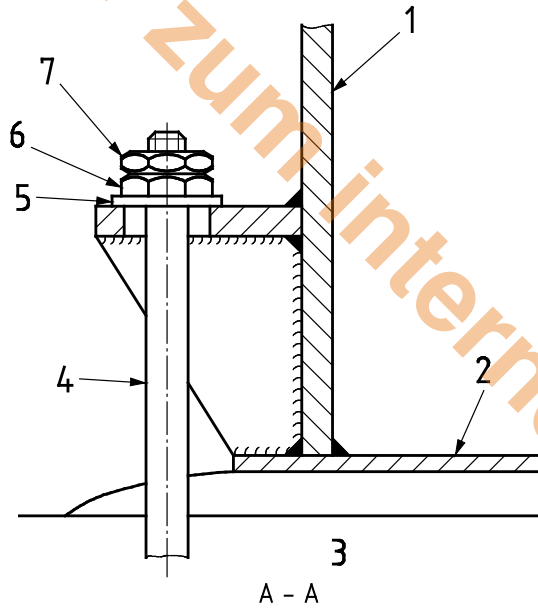
M.4 Worked example of Anchor chair calculation in accordance with AISI E-1, Volume II, Part VIII



Key

- | | | | |
|---|--------------------|---|-----------------|
| 1 | shell pads | 5 | butt joint |
| 2 | stopper plate | 6 | tank shell |
| 3 | cross plate | 7 | tank bottom |
| 4 | holding down strap | 8 | base foundation |

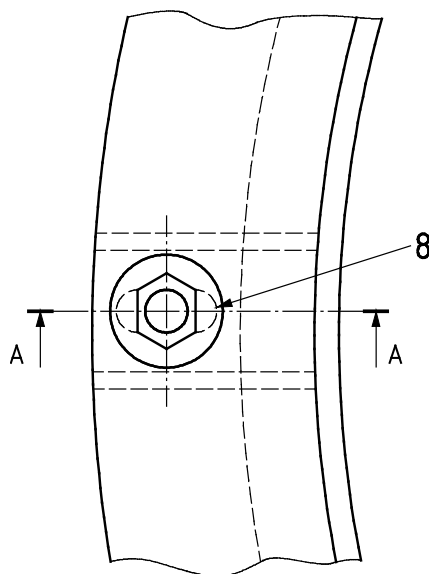
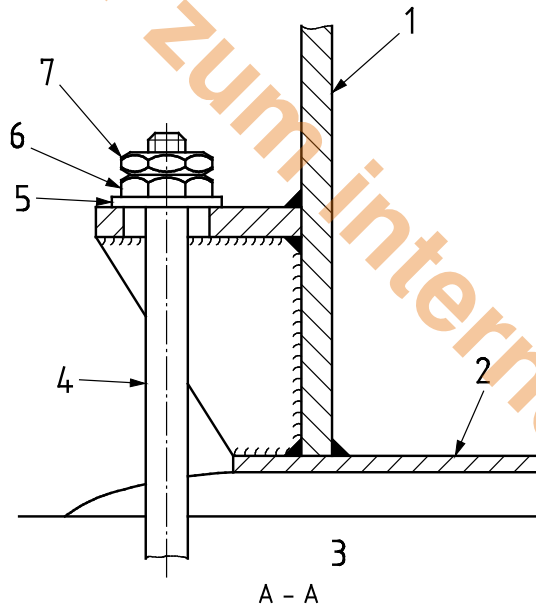
Figure M.1 — Typical arrangement of a holding down strap



Key

- | | | | |
|---|-------------------|---|-------------------------|
| 1 | tank shell | 5 | spreader washer |
| 2 | tank bottom | 6 | nut |
| 3 | base foundation | 7 | locknut |
| 4 | holding down bolt | 8 | slotted hole in bracket |

Figure M.2 — Typical arrangement of a holding down bolt with an individual chair



Key

1	tank shell	5	spreader washer
2	tank bottom	6	nut
3	base foundation	7	locknut
4	holding down bolt	8	slotted hole in bracket

Figure M.3 — Typical arrangement of a holding down bolt with a continuous support ring

Check anchors

Anchor force, F_a = 9920.0 kg = 97315.2 N
Anchor diameter, d = 42 mm (excl. Corrosion allowance)

Cross sectional area of bolt, $A_c = 1121 \text{ mm}^2$
 Anchor bol quality = 4.6
 Yield strength, $Re,a = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 Tensile strength, $Rm,a = 400.0 \text{ N/mm}^2$
 Unity check: $F_a/A_c < 0.5 * Re = 86.8 \text{ N/mm}^2 < 120.0 \text{ N/mm}^2$ OK

Anchor chair

Bottom plate thickness, $m = 12.5 \text{ mm}$
 Tank radius, $R = 13500 \text{ mm}$
 Yield strength lowest shell course, $Re,e_1 = 355 \text{ N/mm}^2$
 Shell course thickness, $e_1 = 24.6 \text{ N/mm}^2$
 Design load, $P = 13713 \text{ kg}$, with $P = \text{MIN} [0.5 * (Re/9.81) * A_c ; F_a * 1.5]$
 Bolt circle radius, $R_a = 13620 \text{ mm}$

Check anchor chair top plate

Top plate length, $a = 290 \text{ mm}$
 Top plate width, $b = 150 \text{ mm}$
 Top plate thickness, $c = 25 \text{ mm}$, with $c_{\min} = 20,5 \text{ mm}$ OK, with

$$c_{\min} = \sqrt{\left(\frac{9,8067 * P}{\frac{2}{3} * Re,e_1 * f} \right) * (0,375 * g - 0,22 * d)}$$

Stress at top plate, $S_t = 159,2 \text{ N/mm}^2$, with

$$S_t = \left(\frac{9,8067 * P}{f * c^2} \right) * (0,375 * g - 0,22 * d)$$

Check anchor chair height

Hole diameter, $d_h = 48 \text{ mm}$
 Eccentricity, $e = 95 \text{ mm}$ and $e_{\min} = 0,886 * d + 14,53 = 51,78 \text{ m}$
 Length, $a_1 = 150 \text{ mm}$ $a_1 = g + 2 * j + 2 * 12,5$
 Edge distance, $f = 31 \text{ mm}$, with
 $f = b - e - 0,5 * d$ $h > f_{\min} = \frac{d}{2} + 25,4 / 8 = 24,2 \text{ mm}$
 Chair height, $h = 200 \text{ mm}$
 With: $h_{\min} = \text{MAX} [m; 152,5] = 152,5 \text{ mm}$ and $h_{\max} = 3 * e = 450 \text{ mm}$;
 Reduction factor, $z = 0,99$, with

$$z = \frac{1,0}{\frac{0,0069 * a * m}{\sqrt{R * e_1}} * \left(\frac{m}{e_1}\right)^2 + 1,0}$$

Maximum stress in shell, $Se_1 = 68,5 \text{ N/mm}^2$ with

$$Se_1 = \frac{P * e}{e_1^2} * \left(\frac{z}{\frac{1,0827 * a * h^2}{R * e_1} + 1,202 * (a * h^2)^{0,333}} + \frac{0,031}{\sqrt{R * e_1}} \right) < \frac{2}{3} * Re, e_1$$

Check anchor chair vertical side plates

Gusset plates thickness, $j = 20 \text{ mm}$ with

$$j_{\min} = \text{MAX}[12,5; 0,04 * (h - c)] = 12,5 \text{ mm}; \text{ OK}$$

Spacing between gusset plates, $g = 85 \text{ mm}$

Width gusset plates at bottom, $w = 55 \text{ mm}$

Width gusset plate at top, $x = 144 \text{ mm}$, with $x = b - 6$

Average width of gusset plates, $k = 99,5 \text{ mm}$, with $k = (w + x)/2$

Check: $j * k \geq P / 17,5766 = 1990 \geq 780 \text{ OK}$

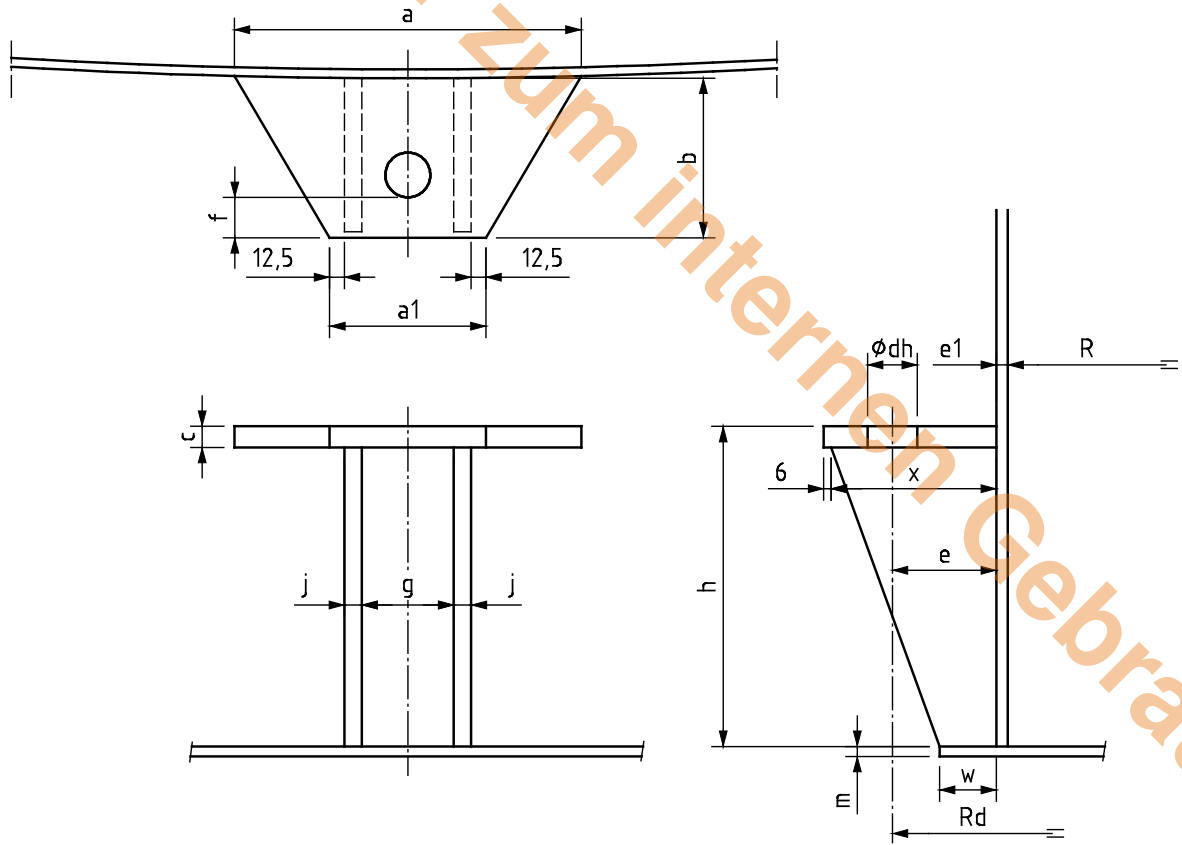


Figure M.4 — Worked example of anchor chair calculations, including sketch indicating designed parameter

Annex N
(informative)

Weld details for the connection of mounting

N.1 Set-through mountings

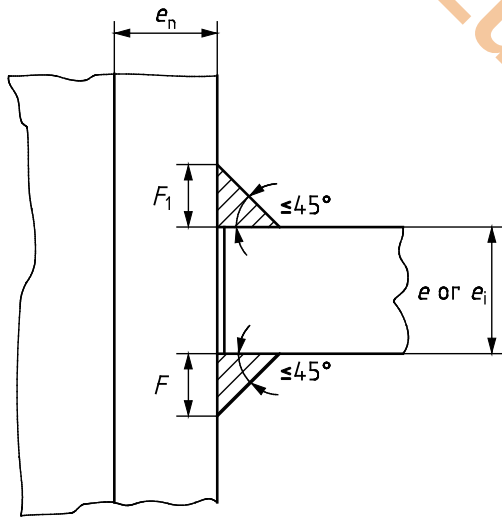
Set-through mountings should conform to one of the examples shown in Table N.1 and Figure N.1.

Table N.1 — Dimensions of welds for set-through mounts

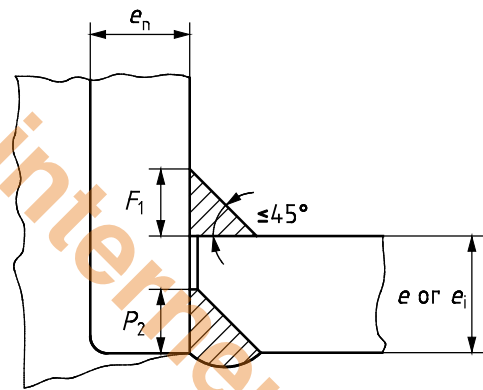
Dimensions in millimetres

Figure	e or e_1	e_n	e_r	F_1	F_2	P_1	P_2	P_3
a 1)	≤ 20	$\leq 12,5$	-	lesser of $0,707*e$ or $0,707*e_n$	lesser of $0,707*e$ or $0,707*e_n$	-	-	-
a 2)	≤ 20	$\leq 12,5$	-	lesser of $0,707*e$ or $0,707*e_n$	-	-	lesser of $0,707*e$ or $0,707*e_n$	-
b 1)	≤ 20	-	-	lesser of $\frac{e}{2}$ or $\frac{e_n}{2}$	lesser of $\frac{e}{2}$ or $\frac{e_n}{2}$	$P_1 + P_2 \geq e - 3$		-
b 2)	≤ 20	-	-	lesser of e or e_n	-	$P_1 + P_2 \geq e - 3$		-
b 1)	$> 20 \leq 40$	$\leq 12,5$	-	≤ 13	≤ 13	$F_1 + P_1 \geq e_n$	$F_2 + P_2 \geq e_n$	-
b 2)	$> 20 \leq 40$	$\leq 12,5$	-	≤ 13	-	$F_1 + P_1 \geq e_n$	$\geq e_n$	-
b 1)	$> 20 \leq 40$	-	-	$\leq \frac{e}{4}$	$\leq \frac{e}{4}$	$P_1 + P_2 = e - 5$		-
b 2)	$> 20 \leq 40$	-	-	$\leq \frac{e}{4}$	-	$P_1 + P_2 = e - 5$		-
c	-	-	-	lesser of e_n or e_r	$\leq \frac{e_n}{3}$	$F_1 + P_1 \geq$ lesser of e_n or e_r	e	-
d	-	-	-	$\leq \frac{e_n}{3}$	$\leq \frac{e_n}{3}$	e_r	$P_2 + P_3 \geq e - 3$	
e	-	-	-	≤ 6	≤ 6	$F_1 + P_1 \geq$ lesser of e_n or e_r	$F_2 + P_2 \geq$ lesser of e_n or e_r	$P_1 + P_3 \geq e_r - 3$

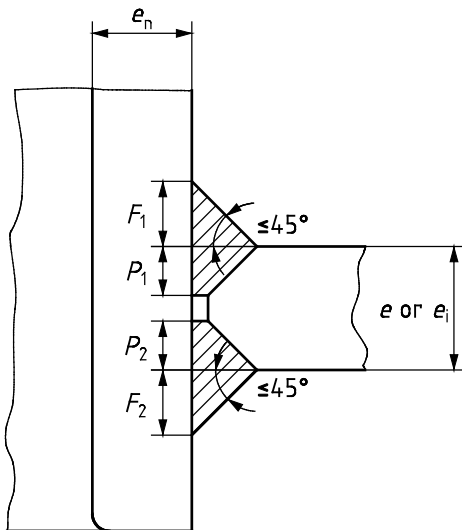
NOTE F_1 and F_2 minimum 6 mm.



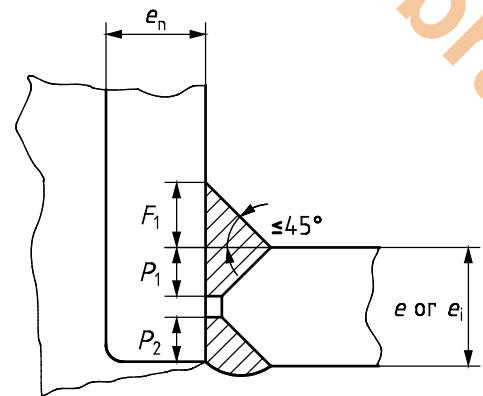
a) 1



a) 2



b) 1



b) 2

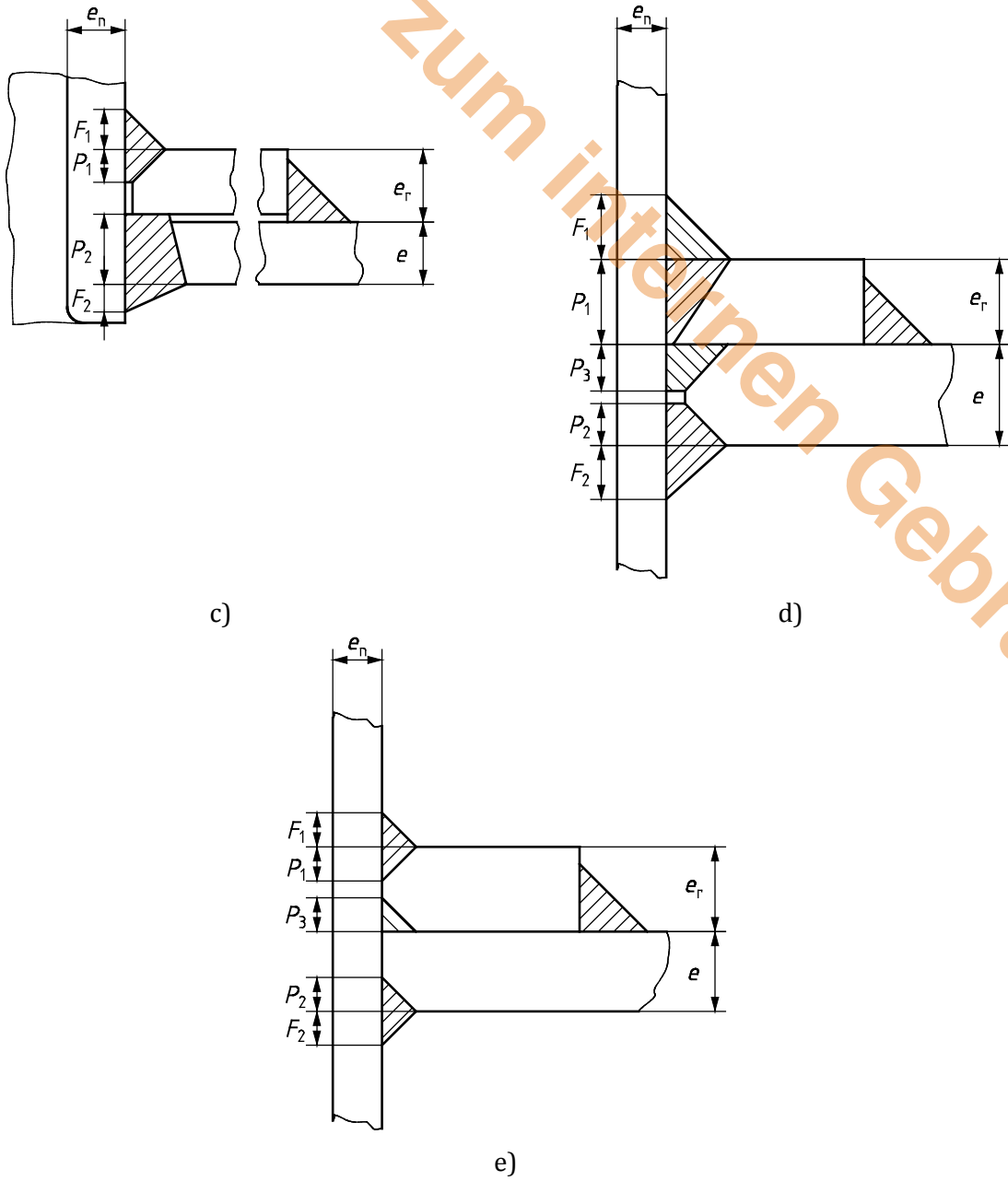


Figure N.1 — Typical set-through mountings

N.2 Set-on mountings

When the shell nozzle has an outside diameter < 80 mm, set-on mountings can be used (see Figure N.2).

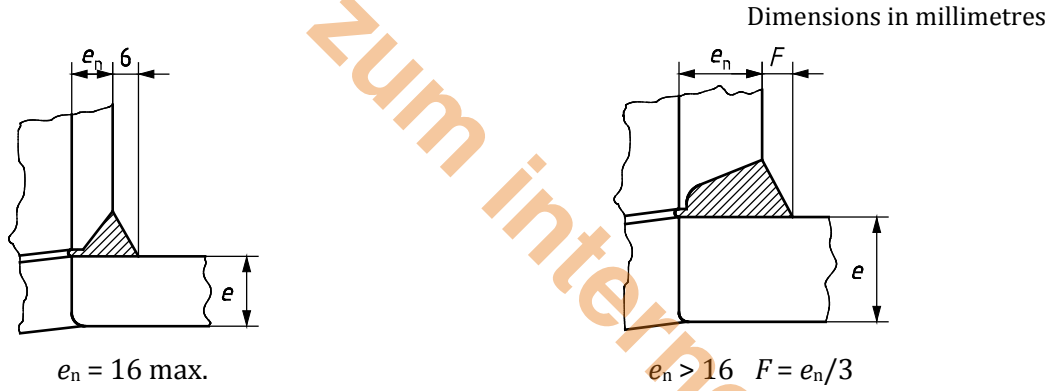


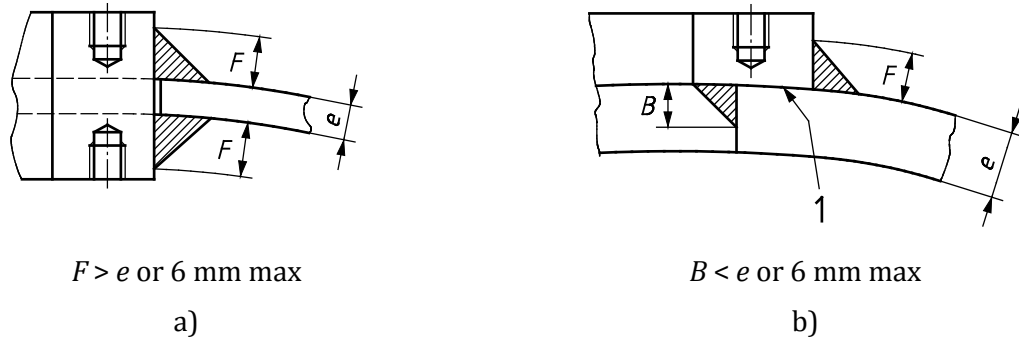
Figure N.2 — Typical weld details for connection of set-on mountings

Attention is drawn to the necessity to examine the shell plate for laminations around the branch hole when set-on nozzles are used (see 13.2).

If the welding procedure does not ensure sound positive root penetration, these joints should be back chipped or gouged and back welded. The internal penetration bead of joints welded from one side only are to be ground smooth and flush with the inside bore.

N.3 Studded pad connections

Typical weld details for studded pad connections are shown in Figure N.3.



Key

1 The ring should fit closely to the shell or the roof plate

NOTE The gap should not exceed 3 mm at any point

Figure N.3 — Typical details for studded pad connections

Annex O
(informative)

Flush-type doors and water draw-off sumps

0.1 Flush-type doors

0.1.1 General

Typical designs of flush-type clean-out doors to meet the requirements of 13.6.2 are based on experience and should be proved to be satisfactory.

0.1.2 Flush-type doors with insert plate reinforcement

0.1.2.1 Figure 0.1 shows details of a typical insert plate reinforcement for a 915 mm × 1 230 mm opening with the following restrictions:

Bottom tier plate material strength yield $\leq 275 \text{ N/mm}^2$

Bottom tier plate thickness (e_1) $\leq 18,5 \text{ mm}$

Insert plate thickness (e_i) $= 2e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$

Bottom plate reinforcing plate thickness (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Thickness of cover and flange (e_f) $= 0,78 H + 11$

where

H is the height of the tank, in metres

0.1.2.2 Figure 0.2 shows details of a typical insert plate reinforcement for a 300 mm × 1 230 mm opening with the following restrictions:

Bottom tier plate material - all materials in Clause 6

Bottom tier plate thickness (e_1) $\leq 18,5 \text{ mm}$

Insert plate thickness (e_i) $= 2e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$

Bottom reinforcing plate thickness (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$

Thickness of cover and flange (e_f) $= 0,52 H + 6$

where

H is the height of the tank, in metres.

0.1.3 Flush-type doors with plate reinforcement

0.1.3.1 Figure 0.3 shows details of a typical plate reinforcement for a 915 mm × 1 230 mm opening with the following restrictions:

Bottom tier plate material yield strength $\leq 275 \text{ N/mm}^2$

Bottom tier plate thickness (e_1) $\leq 37 \text{ mm}$

Reinforcing plate material = bottom tier plate material

Reinforcing plate thickness (e_r) $= e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm material}$

Bottom reinforcing plate thickness (e_{br}) = $7\sqrt{H + 3}$
Thickness of cover and flange (e_f) = $0,78 H + 11$

where

H is the height of the tank, in metres.

0.1.3.2 Figure 0.4 shows details of a typical plate reinforcement for a 300 mm × 1 230 mm opening with the following restrictions:

Bottom tier plate material - all material in Clause 6

Bottom tier plate thickness (e_1) < 40 mm material

Reinforcing plate material = bottom tier plate

Reinforcing plate thickness (e_r) = $e_1 \leq 40$

Bottom reinforcing plate thickness (e_{br}) = $7\sqrt{H + 3}$

Thickness of cover and flange (e_f) = $0,52 H + 6$

where

H is the height of the tank, in metres.

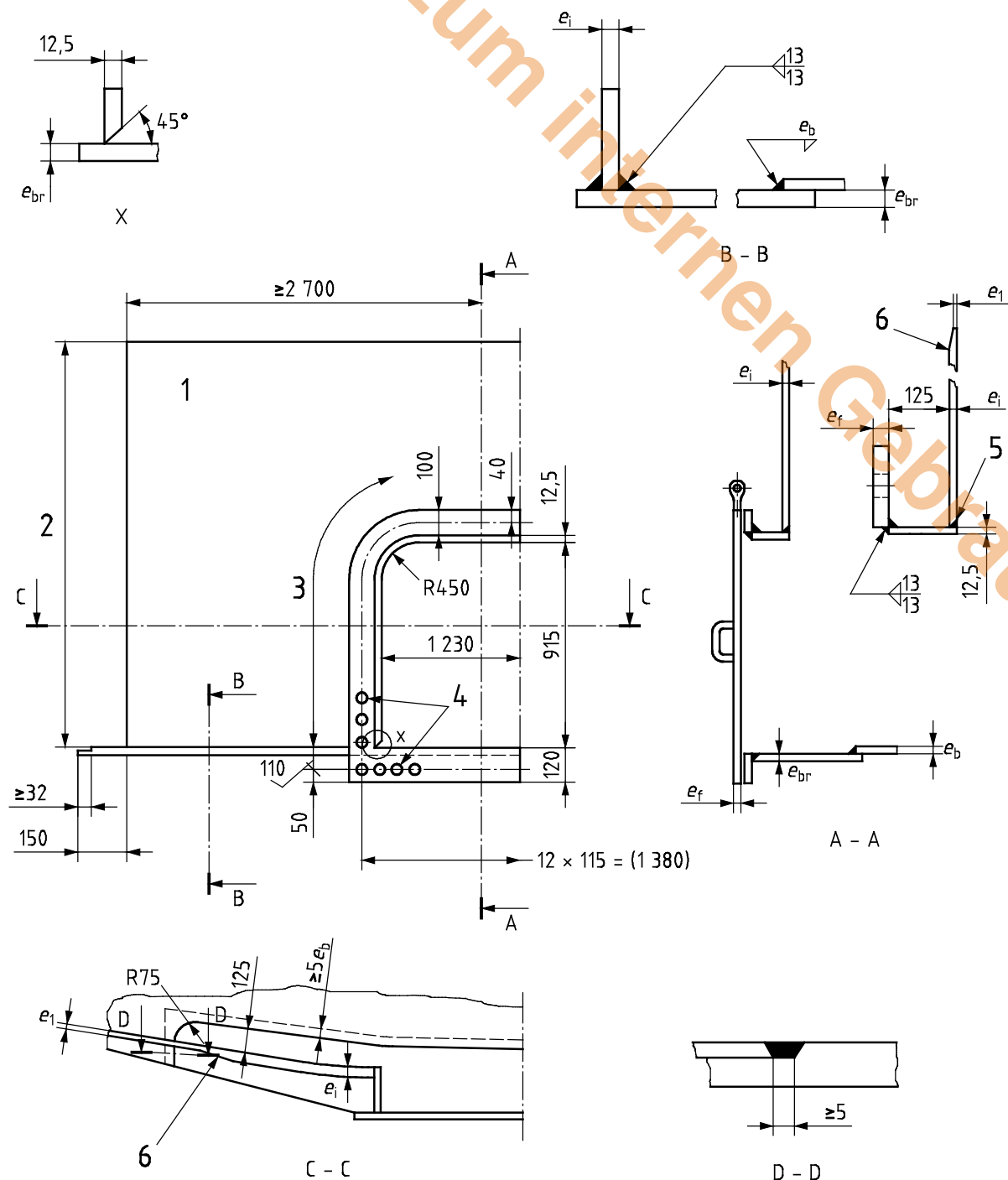
0.2 Water-draw-off sumps

Typical design details for water draw-off sumps as specified in 13.6.3, are given in Figure 0.5.

0.3 Combined water draw-off and clean-out sump

Typical design details for a combined water draw-off and clean-out sump as specified in 13.6.4 are given in Figure 0.6.

Dimensions in millimetres

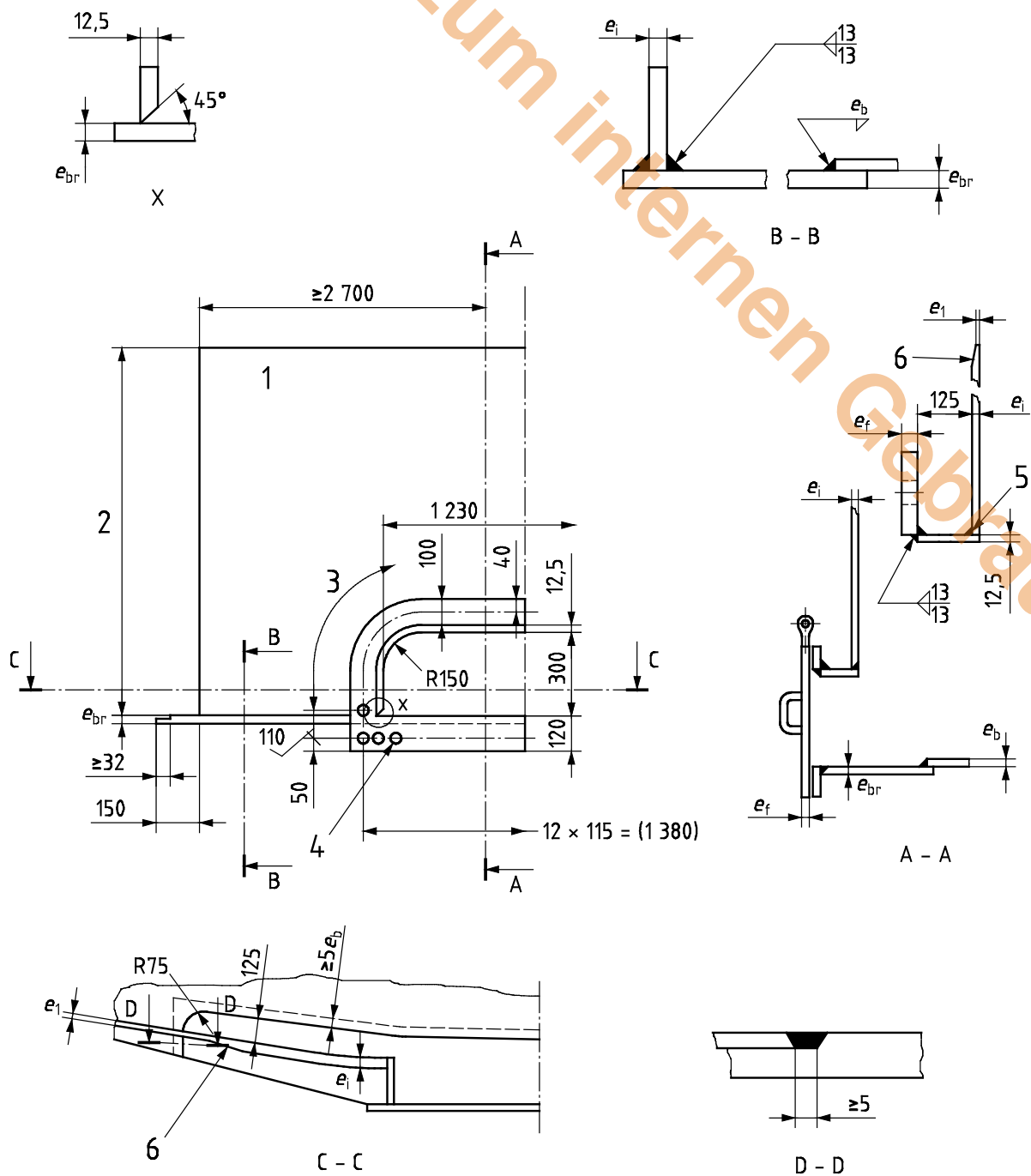


Key

- | | | | |
|-------|--------------------------------------|----------|---|
| e_1 | is the bottom course shell thickness | e_{br} | is the bottom reinforcing plate thickness |
| e_i | is the insert plate thickness | e_b | is the tank bottom plate thickness |
| e_f | is the cover and flange thickness | | |
| 1 | Insert plate | 3 | 32 equal pitches |
| 2 | Plate width | 4 | 46 × Ø 28 holes for M24 bolts |
| | | 5 | Weld detail (see Figure 11 c)) |
| | | 6 | Slope 1:5 edge preparation |

Figure 0.1 — Typical flush-type door with insert plate reinforcement for a 915 mm × 1 230 mm opening

Dimensions in millimetres

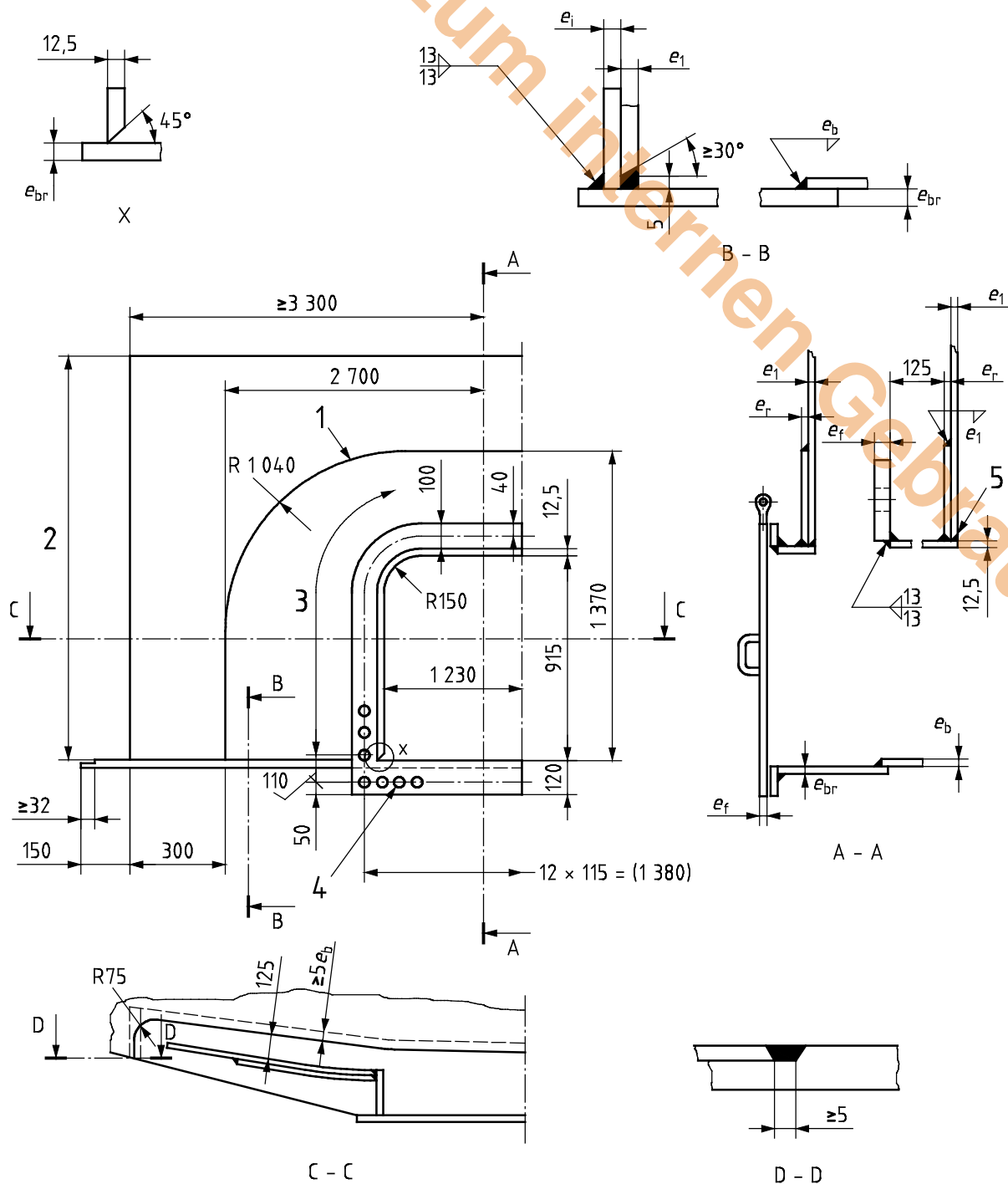


Key

- | | | | |
|-------|--------------------------------------|----------|---|
| e_1 | is the bottom course shell thickness | e_{br} | is the bottom reinforcing plate thickness |
| e_i | is the insert plate thickness | e_b | is the tank bottom plate thickness |
| e_r | is the cover and flange thickness | | |
| 1 | Insert plate | 3 | 20 equal pitches |
| 2 | Plate width | 4 | 34 × Ø 28 holes for M24 bolts |
| | | 5 | Weld detail (see Figure 11c)) |
| | | 6 | Slope 1:5 edge preparation |

**Figure O.2 — Typical flush-type door with insert plate reinforcement a
300 mm × 1 230 mm opening**

Dimensions in millimetres

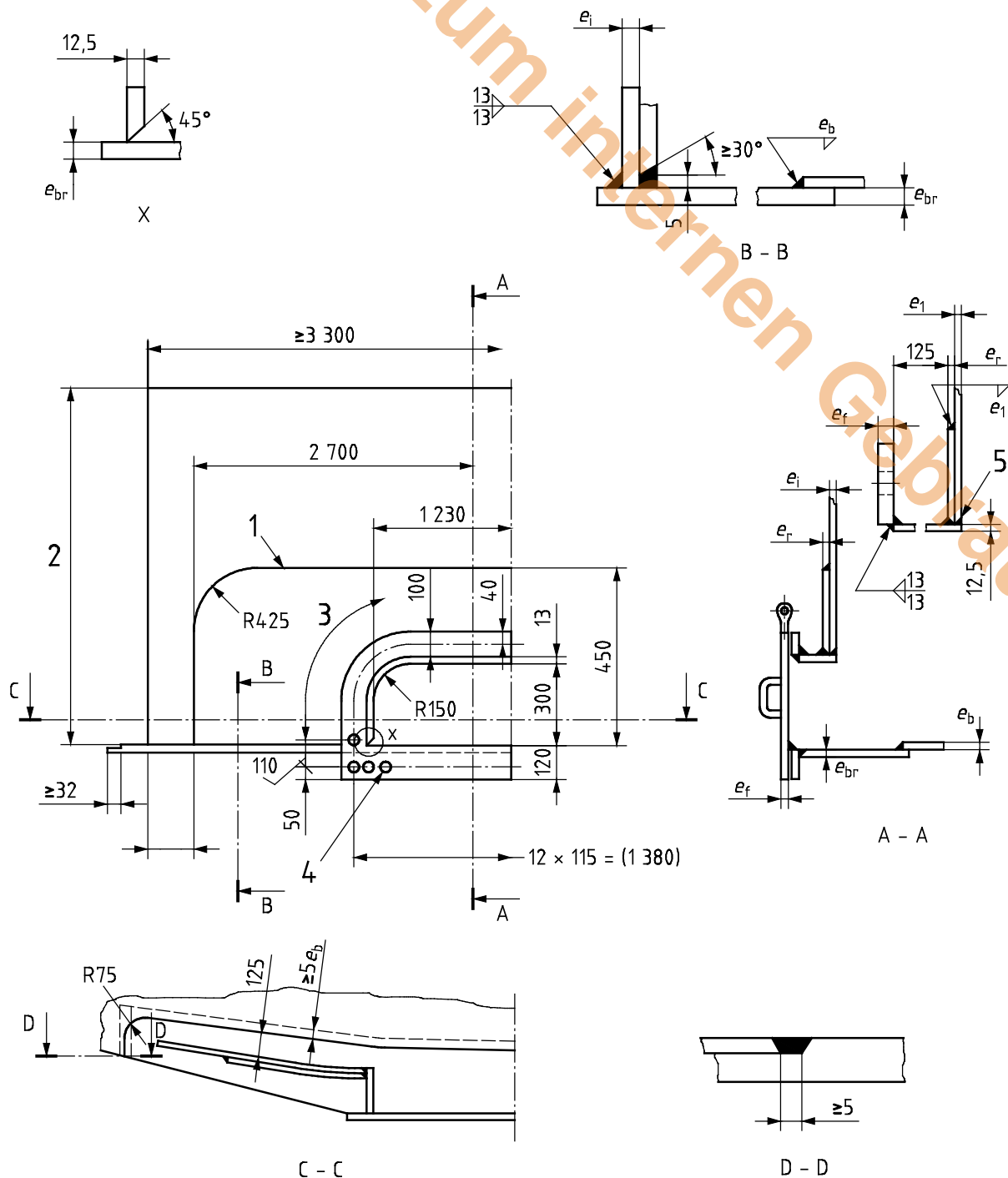


Key

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| e_1 is the bottom course shell thickness | e_{br} is the bottom reinforcing plate thickness | |
| e_i is the insert plate thickness | e_b is the tank bottom plate thickness | |
| e_f is the cover and flange thickness | | |
| 1 Reinforcing plate | 3 32 equal pitches | 5 Weld details (see Figure 11 b)) |
| 2 Plate width | 4 46 × Ø 28 holes for M24 bolts | |

Figure 0.3 — Typical flush-type door with plate reinforcement for a 915 mm × 1 230 mm opening

Dimensions in millimetres

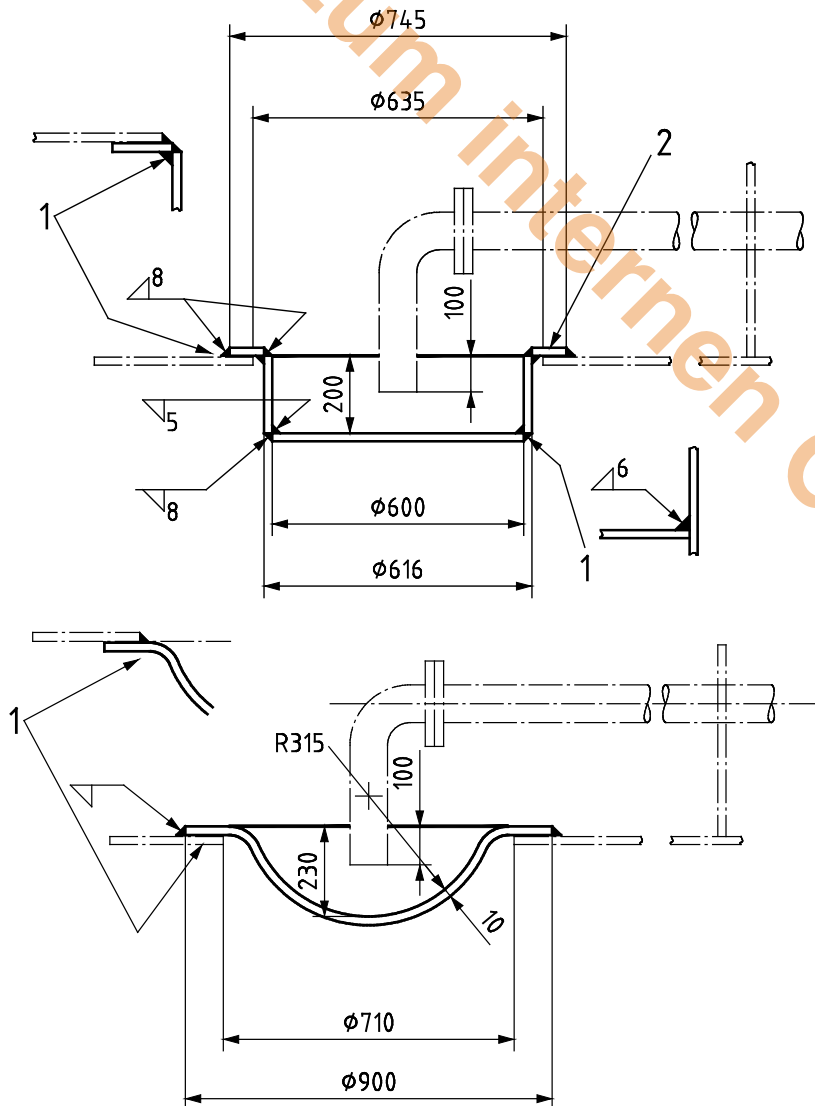


Key

- | | | | |
|-------|--------------------------------------|----------|---|
| e_1 | is the bottom course shell thickness | e_{br} | is the bottom reinforcing plate thickness |
| e_i | is the insert plate thickness | e_b | is the tank bottom plate thickness |
| e_f | is the cover and flange thickness | | |
| 1 | Reinforcing plate | 3 | 20 equal pitches |
| 2 | Plate width | 4 | 34 x Ø 28 holes for M24 bolts |
| | | 5 | Weld detail (see Figure 11b) |

Figure O.4 — Typical flush-type door with plate reinforcement for a 300 mm x 1 230 mm opening

Dimensions in millimetres

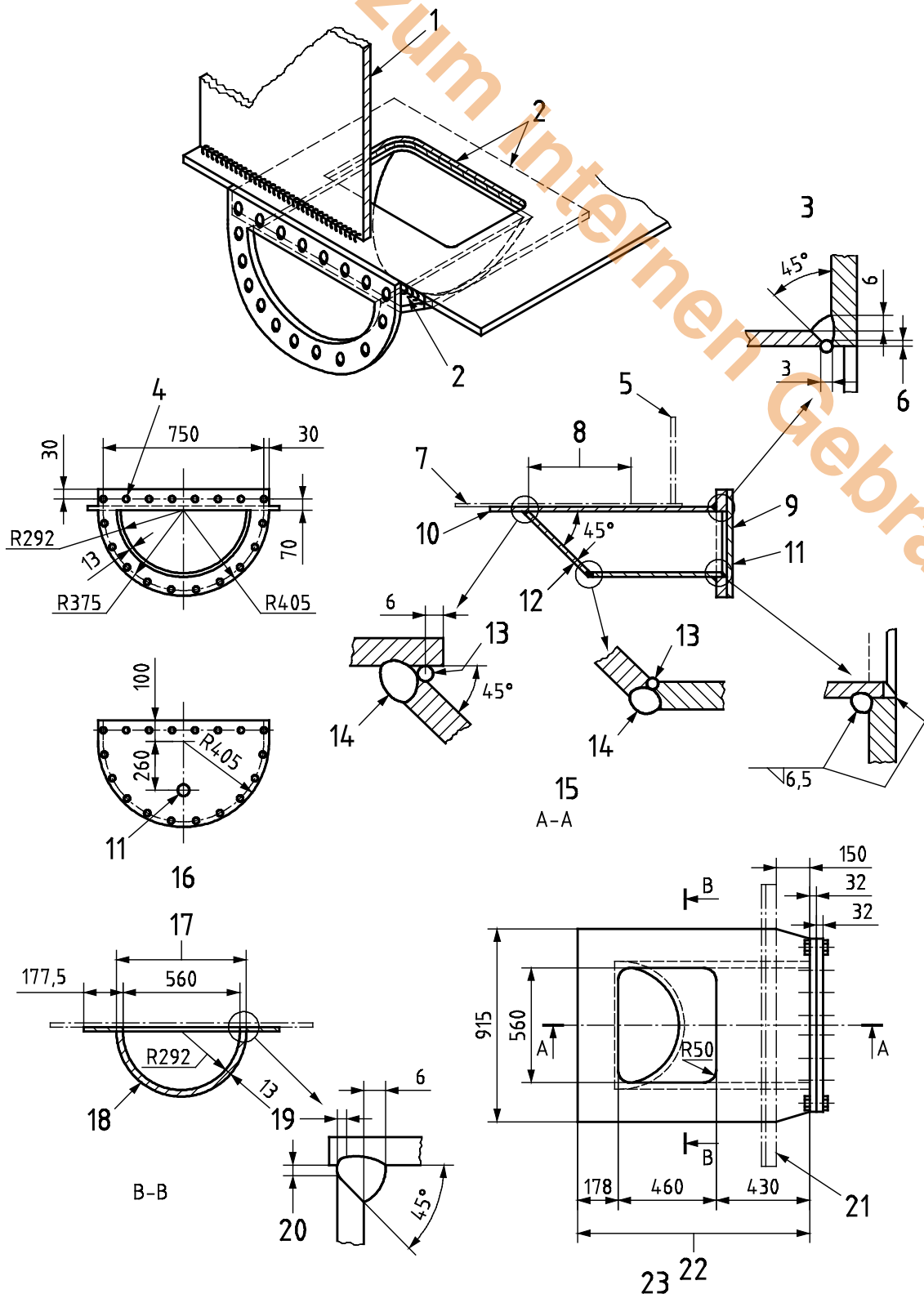


Key

- 1 Alternative detail
- 2 Alternatively, the flange may be swaged

Figure 0.5 — Typical water draw-off sumps

Dimensions in millimetres



Key

- 1 shell plate
- 2 site weld

NOTE A grating may be fitted to the sump as a safety precaution.

Figure 0.6 — Typical combined water draw-off and clean-out sump

Annex P (informative)

Heating and/or cooling systems

P.1 General

Heating and/or cooling down of the stored products can be achieved by the flow-through of a heat transfer fluid.

NOTE Electrical means of heating are outside the scope of this annex.

P.2 Heat transfer fluid

The commonly used heat transfer fluids are:

- water;
- glycol-based water;
- demineralized water;
- superheated steam;
- saturated vapour;
- special oils.

The choice of the fluid is dictated by safety provisions; the main ones being:

- risk of pollution from stocked product;
- risk of exothermal reaction;
- risk of explosion.

P.3 Type of heating or cooling devices

Heating and cooling devices which can be used are as follows.

Installed on the tank bottom:

- horizontal coils;
- standard horizontal or vertical appliances interconnected by headers;
- panels of welded construction (different surface types).

Installed on the tank shell:

- vertical coils installed inside or outside the tank;
- panels of welded construction (different surface types).

Installed on the tank roof:

- panels or panels with welded or removable plates;
- coils;

Installed independent of the tank:

- external heat exchangers.

P.4 Installation

The type, design, dimensions and location of the heating or cooling device should be determined by a suitably qualified person.

Removable or semi-removable devices are generally installed above the bottom of tanks. They may however be placed along the tank shell or on the tank roof but should be installed sufficiently distant from the walls and roof in order not to create a hot point and consequent expansion stresses which the walls and supports cannot accept.

In the case of a heating device located above the tank bottom, the minimum height should be 80 mm, but it should be higher in the case of sediment-laden products and might also be dependent on the tank cleaning cycles.

The use of internally or externally welded heating or cooling surfaces should form the subject of a special study.

The heating or cooling circuit for the product contained in a tank can be considered as pressure equipment under the rules of the PED and should be designed, manufactured, installed and tested in accordance with EN 13445 and EN 13480-1 as appropriate. It should also undergo a pressure test as required by the rules connected with the heat transfer product which it contains.

The tubular devices making up the circuit should be manufactured from straight, U-bent or spiral-shaped, smooth or finned tubes. They can be:

- manufactured on request, or be standard manufactured parts;
- arranged in coils in a single or multi-layer construction depending on the required heating or cooling output; or
- arranged with one or more inlets.

Tubes used for the manufacture of the circuit(s) should be made from a metal which is compatible with the products with which they are in contact, and should be smooth or finned depending on the exchange coefficient and on the cleaning requirements.

Depending on the product being stored, and for safety reasons, the presence of braces might be prohibited on heating circuits.

The supports for the heating or cooling device should be designed and located such that no stresses are occasioned on the walls by welding the supports onto plates which are themselves welded onto the wall plates.

The tubes should move freely in relation to the supports, and where frequent temperature variations are likely to occur the manufacturer should provide a wear prevention assembly on the tubes.

The supply and evacuation of the heat transfer fluid can be carried out via one or more nozzles which pass through the tank wall.

Tube ducts in the tank wall should be designed with nozzles comprising a reinforcement as the tank wall is generally considered to be a fixed point.

Annex Q (informative)

Recommendations for the design and application of insulation

Q.1 General

While not attempting to specify in detail the insulation systems themselves, this annex is intended to provide a sound basis on which these systems can be specified, and particularly to facilitate the provision of suitable mechanical supports for the insulation material, these supports forming an integral part of the tank fabrication. The recommendations cover storage tanks operating at temperatures at or above ambient and of a size where banding is unreliable and direct fixing to the tank is necessary.

In order that the correct choice can be made of the type and method of providing the insulation attachments, it is emphasized that, where new tanks are concerned, early consideration of the need for insulation is essential so that the necessary provisions for it could be integrated with the tank design and erection programme. This consideration should also include the possible need for insulation of the tank roof.

On small tanks the problem of attaching the insulation securely is not serious, but for tanks above 10 m to 15 m diameter, problems due to wind loads, associated vacuum effects, differential thermal expansion and hydraulic pressure expansion become significant. Bands longer than about 12 m are not recommended without special care in band design.

Wherever possible, the insulation system should be secured by direct attachment to the tank. This could be achieved by sprayed-on insulation, by foaming in situ or by mechanical attachments to the tank. While welding of studs or steel members to small tanks might be satisfactory, welding on large tanks could materially affect the design and integrity of the construction, but it is permissible when considered as part of the tank design. The use of adhesives is a possible alternative method of fastening attachments where welding cannot be permitted, but is subject to temperature limitations, and should only be carried out by specialists in this field.

The basis of all welded-on attachments should be to provide a series of points disposed circumferentially on the tank at a number of vertical intervals, on to which vertical and/or horizontal members could be fastened. The support structure and welded-on attachments should be designed so as to transmit back to the tank all the dead loads and superimposed wind loads expected to be experienced at the location concerned.

Design aspects which are not dealt with in this annex should conform to the requirements in this document.

The basic considerations necessary on methods to be employed to achieve acceptable insulation systems are set out below. These insulation systems, which are suitable for large tanks include:

- a) man-made mineral fibre or preformed foam block with cladding;
- b) in situ foam behind cladding;
- c) foam/cladding laminate sheets; and
- d) sprayed foam.

For a particular installation, a proprietary system of insulation including fixing and weather protection may be suitable. The use of a proprietary system should be subject to an agreement (see A.2). The element of the system that constitutes the mechanical support which forms part of the tank fabrication should be clearly identified.

In this annex, separate references are made to the tank designer and the tank erector.

NOTE This annex can be used for the installation of insulation to existing tanks.

Q.2 Design considerations

Q.2.1 General

The design of an insulation system, which incorporates the insulating material, its means of attachment to the tank and its means of weather protection, should take into account the following:

- a) product in the storage tank under its operating conditions;
- b) storage tank itself;
- c) insulation materials;
- d) mechanical support system associated with the insulation system; and
- e) means whereby the insulation and its support system enable it to withstand climatic conditions.

The insulation system to be used should be agreed between the tank designer, the insulation contractor and the purchaser.

The system, including its mechanical supports and fastenings, should be designed to withstand the mechanical and thermal stresses to which it could be subjected, resulting from all known factors, including those listed in Q.2.2 to Q.2.5. These factors should be assumed to act simultaneously.

Because relatively large forces are involved the provision of the mechanical support arrangements could be extensive and could frequently be attached to the outer face of the tank itself. The design of the attachment of the support system should be subject to scrutiny by the tank designer to ensure that a minimum number of attachments are used.

Preliminary discussions with insulation contractors are often helpful in identifying suitable systems and the type of supporting arrangements likely to be necessary.

Q.2.2 Dead load

Dead loads result from the weight of all parts of the insulation system.

Q.2.3 Wind loads

In the design of the insulation system, account should be taken of the effect of wind loads (see 7.2.10)

The basis on which the wind load calculations are to be made should be subject to agreement (see A.2).

Q.2.4 Thermal expansion

The possibility of relative thermal movement between the tank and the insulation system should be taken into account in the design. The range of operating temperatures should be supplied (see A.1).

Q.2.5 Movements due to hydrostatic pressure

The pressure of the tank contents causes slight bulging which could account for an increase in tank diameter of the order 0,1 %. This might need to be taken into account in designing the insulating system and the actual value should be provided by the tank designer.

Q.3 Mechanical support arrangement

Q.3.1 General

The mechanical supports could be divided into the following types.

- a) *Primary mechanical supports*, where the members form part of the mechanical support system and are directly attached to the tank surface;
- b) *Secondary mechanical supports*, where the members form part of the mechanical support system and are not directly attached to the tank but are fixed to the primary support members or to other secondary support members.

Suitable mechanical supports for the insulation system should be provided by one of the following means or a combination thereof:

- 1) primary supports, welded to the tank, to which the insulation system is attached either directly or by secondary supports;
- 2) primary supports fixed to the tank by adhesive, to which the insulation system is attached; or
- 3) a structural frame that is substantially self-supporting.

Welding is the preferred method of attachment, but it might not always be possible. While in each case the system chosen should be with the agreement of all parties concerned, the direct responsibilities are as follows unless otherwise agreed.

- i) In cases 1) and 2), the insulation contractor should agree with the tank designer the locations of the supports to which the insulation system is to be attached, the loads that will be transmitted to the tank, the basis on which the calculations have been made or other reference data used. If required, the insulation contractor should provide details of the calculations for approval by the tank designer.
- ii) In case 3) where an external structure or frame is intended, this should be regarded as part of the insulation system to be provided by the insulation contractor. The design and erection procedure should be agreed with the tank designer.

The dimensions of the mechanical supports normal to the surface to which the insulation is to be attached should be an agreed size to suit the insulation thickness.

Q.3.2 Supports attached by welding

The tank designer should be responsible for approving the materials and the welding procedures of the primary mechanical supports which form part of the tank structure. The tank erector should be responsible for fixing the primary supports to the tank surface. Welding of primary supports to the tank should be completed before hydrostatic testing is carried out. The number of multiple-welded insulation support attachments to steel with specified yield strength $\geq 275 \text{ N/mm}^2$ should be minimized. The centre-to-centre distance between them should not be less than 3 m. All welds should be ground smooth and subjected to magnetic particle examination (see 19.6). These supports should take one of the following forms.

- a) Pads (not smaller than 100 mm square) with corners rounded to a radius not less than 12 mm, spaced not closer than 150 mm to any other weld and welded along horizontal edges only (see Figure Q.1);
- b) Angles or plates welded on-edge to the tank having a circumferential length of not less than 100 mm spaced not closer than 150 mm to any other weld, welded along horizontal edges only (see Figure Q.2).

NOTE Water accumulation or stagnant water on top of the supports and/or wind girders could lead to excessive corrosion under insulation (CUI). Consider (c) below.

- c) Where vertical supports have been specified, care should be taken that in the lower part of the tank shell radial expansion induced by the internal pressure might initiate too high stresses in the connection welds of these supports to the tank shell. In these cases the required distances to existing welds should also be taken into account.

Materials used for the primary supports should be selected in accordance with the requirements of Clause 6 of this document. In cases a) and b), secondary supports may be welded or attached to the pads, plates or cleats. In the case of circumferential angles, the welds should not be closer than 150 mm to other horizontal welds. The welding should be carried out by approved welders and the welding and non-destructive testing procedures should be agreed between the tank designer and the purchaser.

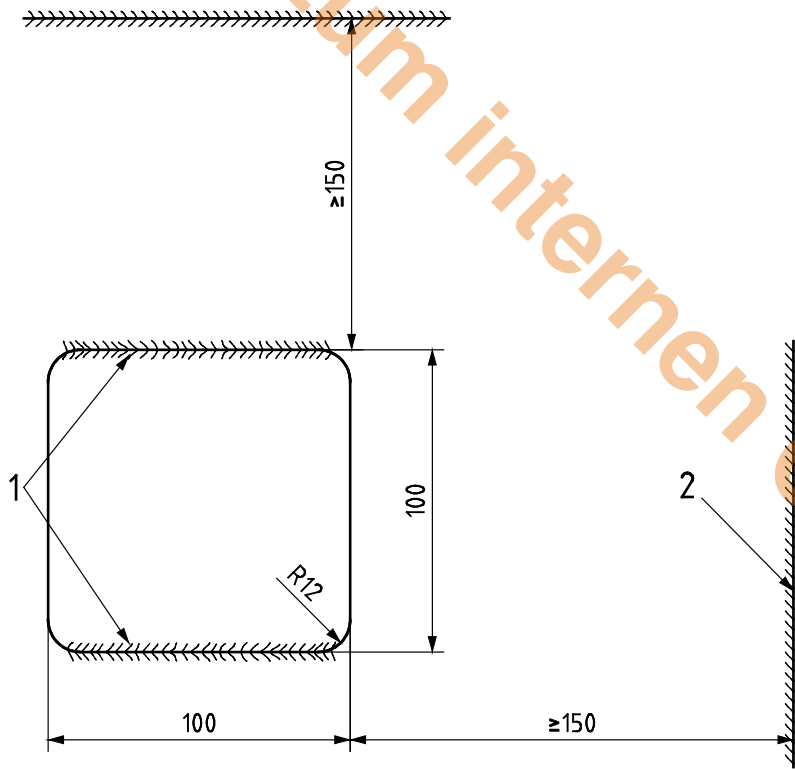
Plates welded on-edge or pads should be placed in horizontal rows at a suitable vertical pitch which should be, typically, 2 m to 3 m. Horizontal support angles, whether primary or secondary, should be of a minimum size 40 mm × 40 mm × 5 mm and of radial dimension compatible with the insulation system (see Q.8.1.3). The spacing between adjacent members should be not more than $\pm 15 \text{ mm}$ from the specified dimensions with the spacing between the highest and lowest members being not more than $\pm 25 \text{ mm}$ from the specified dimensions. The outer leg of the member should be pointing downwards in order to shed water during construction.

Q.3.3 Supports attached by adhesive

Q.3.3.1 General

If an adhesive system is used, the materials and procedure should be such as to withstand the working conditions of the tank including both mechanical and thermal conditions. The surface of the tank in the vicinity of the fixing and the contact surface of the member to be fixed should be shot-blasted and the adhesive applied only to clean, dry, metal and strictly in accordance with the instructions of the adhesive manufacturer. Account should be taken of the suitability of the adhesive formulation for the ambient conditions, particularly temperature, at the time of application. Procedure, qualification and acceptance tests should be carried out as specified (see A.1).

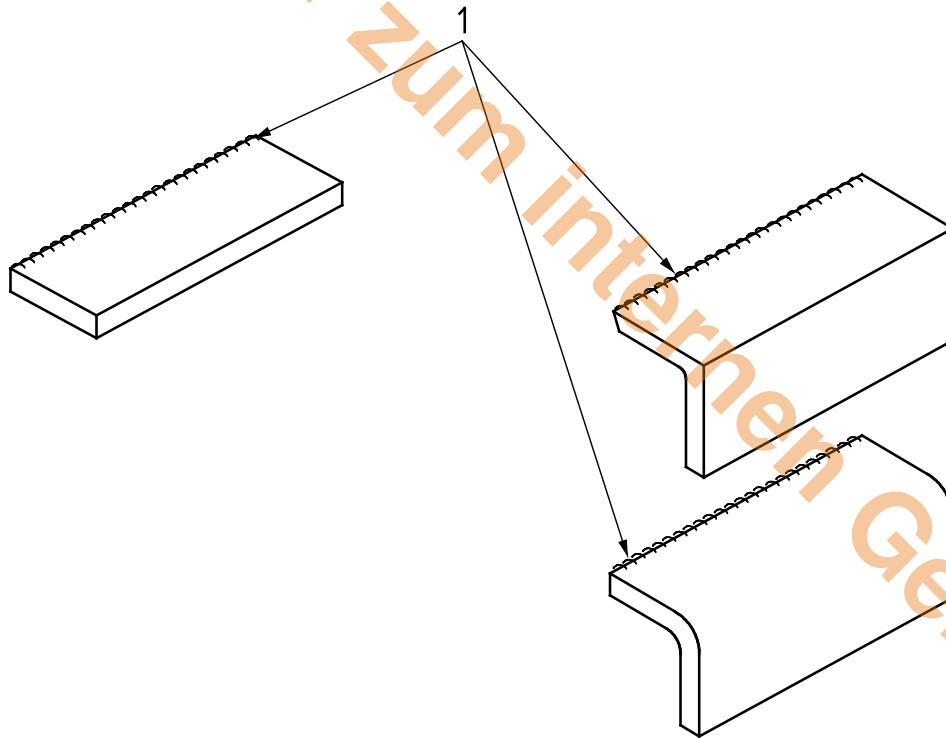
Dimensions in millimetres



Key

- 1 continuous weld
- 2 welded seam

Figure Q.1 — Pad support



1 continuous weld

Figure Q.2 — Angle section and plate supports

Q.3.3.2 Procedure tests

Tests should be carried out using the proposed procedure to demonstrate to the satisfaction of the purchaser that it is capable of providing 12 times the strength required as calculated from the wind loads and any other loads if applicable (see Q.2.2 to Q.2.5). Such tests should include exposure for not less than 2 months at the temperature that the surface of the tank will reach in service and with temperature cycling if appropriate.

Q.3.3.3 Qualification tests

Only trained personnel should be employed in making the adhesive joints, and each individual to be employed on this work should carry out the qualification test within one month of commencement of adhesive joint preparation. Six joints should be prepared in the manner proposed for the contract and in the presence of such persons as agreed between the purchaser and the tank designer.

When tested in accordance with the agreed procedure, the strength of these joints should exceed 12 times the minimum required strength.

Q.3.3.4 Acceptance tests

Records should be kept to permit identifications of supports attached with adhesive from each separate batch. A proof load should be applied equal to three times the calculated load. If more than 5 % of the batch fails, the whole batch should be removed and replaced.

Q.3.4 External structural frame

A structural frame attached to the tank structure at the top and bottom may be used in certain circumstances. This could be in contact with the tank or external to the insulation.

Q.3.5 Secondary support members

The design of secondary support members and their attachments to the primary support should be the responsibility of the insulation contractor who should obtain the agreement of the tank designer for the design and means of attachment. Holes made in any support member welded to the tank should be drilled, not punched, and if self-tapping screws are used, they should be not larger than 6 mm diameter.

Q.3.6 Roof insulation

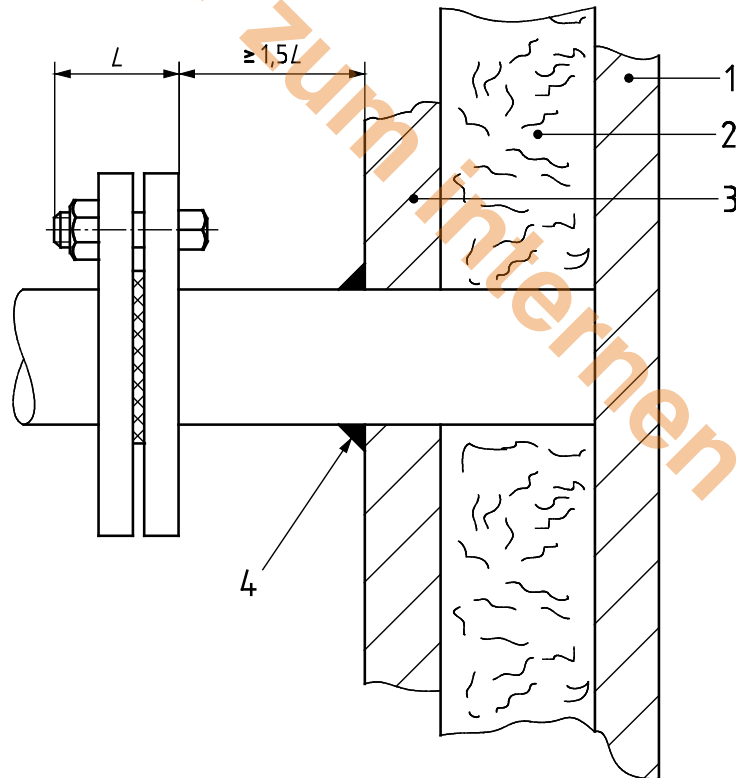
Early consideration of the possible need for roof insulation is important. A roof construction of adequate stiffness to minimize flexing is required with a slope adequate to permit satisfactory weather protection of the insulation.

In the case of tanks with an insulated shell, and where the tank roofs are not insulated, calculations should be carried out to check the stresses in the roof supporting structure caused by the difference in temperature of the roof plates and the supporting structure, e.g. when cold rain falls on the roof plates, are acceptable.

Q.4 Design details

Q.4.1 Nozzles and manholes

Where nozzles and manholes are flanged, they should project a distance from the tank shell not less than the insulation thickness plus 1,5 times the bolt length unless otherwise agreed (see Figure Q.3). If a nozzle projects a greater distance from the tank, it should be insulated (see Q.6.1). Where adjacent nozzles are close together, they should be offset to ensure 50 mm minimum clearance between the insulated flanges. All nozzle and manhole connections requiring insulation should be clearly indicated.



Key

- 1 tank shell
- 3 cladding
- 2 insulation
- 4 waterproof seal

Figure Q.3 — Typical flanged nozzle or manhole

Q.4.2 Stairway connections

The inner stringer of double-stringer staircases should be spaced away from the tank a distance sufficient to ensure not less than 75 mm between it and the outer face of the insulation system. Stairways with treads welded directly to the shell should not be fitted to insulated tanks.

Q.4.3 Supports near stiffening rings (wind girders)

Horizontal supports should be fitted not further than 300 mm below and 150 mm above stiffening rings (wind girders). Intermediate stiffeners should also be included in the insulation of the shell unless the stiffening angles are welded on the inside of the tank shell.

Q.4.4 Roof projection

If the tank roof is designed to project beyond the tank shell, the projection should be not less than the thickness of the insulation system plus 50 mm. If the roof weather protection is provided as part of the insulation system, the overlap should similarly be not less than 50 mm beyond the thickness of the insulation on the tank shell. The overhanging part of the roof should be completely included in the insulation. Details of this should be agreed between the designer and the insulation contractor.

NOTE Any additional material added to the original top curb angle, that is to be provide with an shell insulation system should be accounted for in the frangible roof calculations, see Annex K.

Q.4.5 Stiffening rings (wind girders)

In certain circumstances, it could be desirable to locate the stiffening rings on the inside of the tank shell (see Q.6.3).

Q.4.6 External shell stiffening rings (wind girders) and bottom-to-shell insulation

External shell stiffening rings (wind girders) and bottom-to-shell insulation represent a discontinuity in the envelope for the tank and require detailed consideration by the insulation system designer in conjunction with the tank designer to avoid the following:

- a) unacceptable thermal gradients in the tank plate material due to part exposure;
- b) corrosion due to such areas forming a lodgement for corrosive fluids.

Consideration should be given to enveloping all such structural elements with the insulation, particularly if the storage temperature is high, but each case should be taken on its merits.

Q.5 Corrosion protection

The presence of insulation prevents inspection of the tank surface and priming is therefore required before the insulation is applied. The tank shell and welded attachments should be dry, free from grease and loosely adhering particles and coated with a suitable primer, all to a specification agreed by the purchaser. If the roof is to be insulated, two coats of primer are recommended. If shop priming is employed, care should be taken to make good any defects in the priming caused during site erection.

In the case of in situ spraying or foaming, the paint system should be such that it is compatible with the foam system and unaffected by any foaming reaction or in-service condition. Where foam insulation is used with fire retardant formulations, protection against the possibility of halogen-induced accelerated corrosion should be considered.

Q.6 Insulation

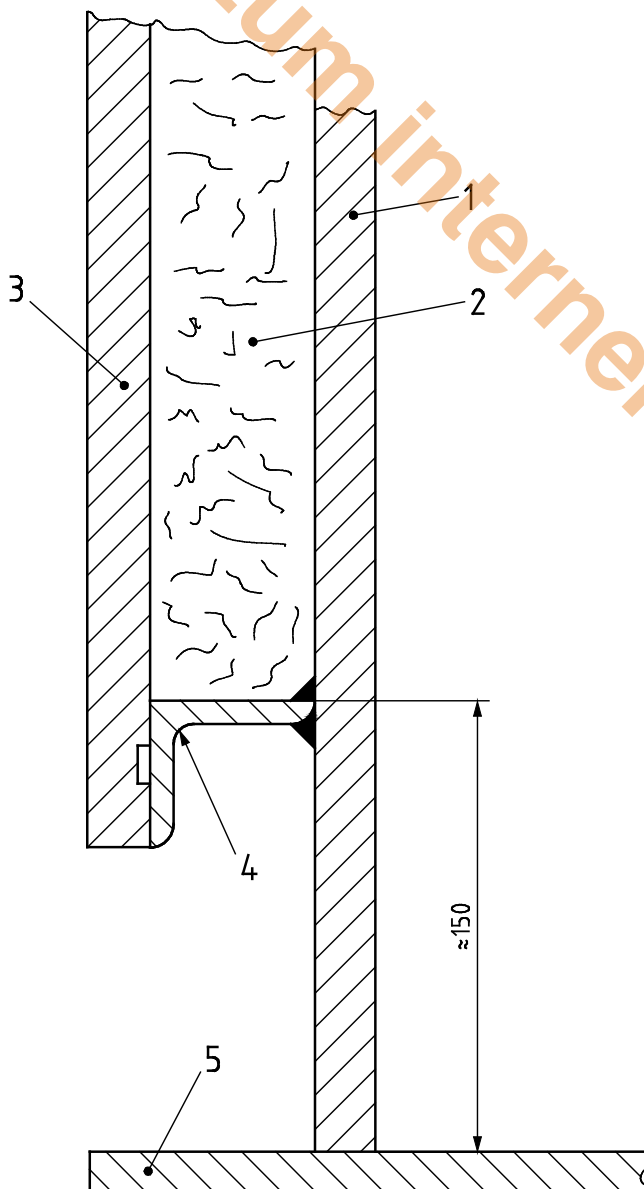
Q.6.1 General

Insulation thickness should be specified or designed to meet the specified heat loss requirements (see A.1). Unless the stresses produced are unacceptable, the insulation should terminate approximately 150 mm from the tank base to avoid corrosion and to allow inspection at the bottom of the tank (see Figure Q.4). Where the stresses are unacceptable, foamed glass slabs set in bitumen or other suitable adhesive may be used for insulation of the tank shell below the lowest horizontal support.

The shell insulation should fit closely under the roof overlap and be sealed against ingress of water (see Figure Q.5).

Special care should be taken where roof insulation is to be carried out to avoid corrosion (see Q.4.4, Q.7.3 and Q.8.4).

Dimensions in millimetres

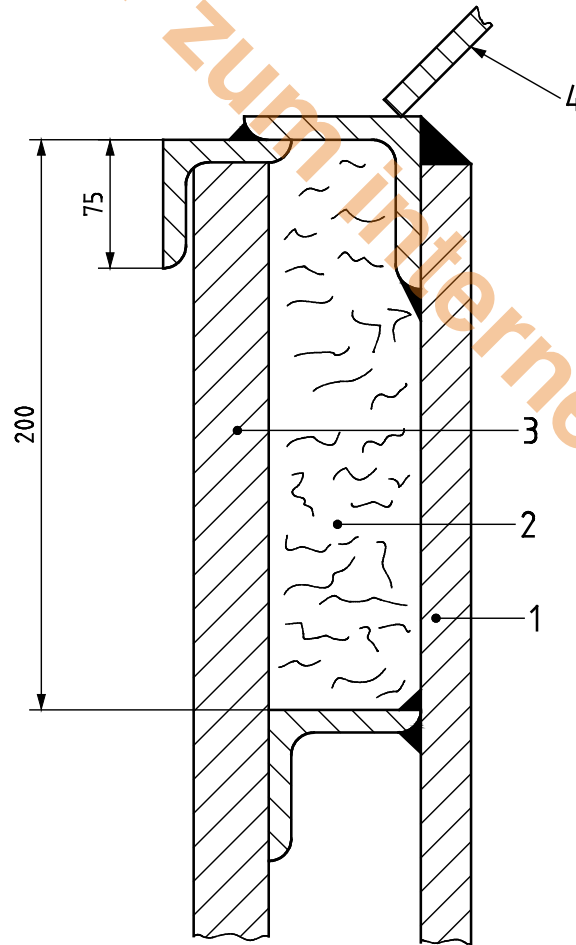


Key

- 1 tank shell
- 3 cladding
- 5 bottom or annular plate
- 2 insulation
- 4 bottom member

Figure Q.4 — Typical arrangement showing termination of insulation adjacent to the tank bottom

NOTE For anchored tanks the 150 mm spacing applies for distance above the main anchor chair plate. However, it might be required to assess the stresses induced by the thermal differences between the insulated and non-insulated part of this section of the tank shell.



Key

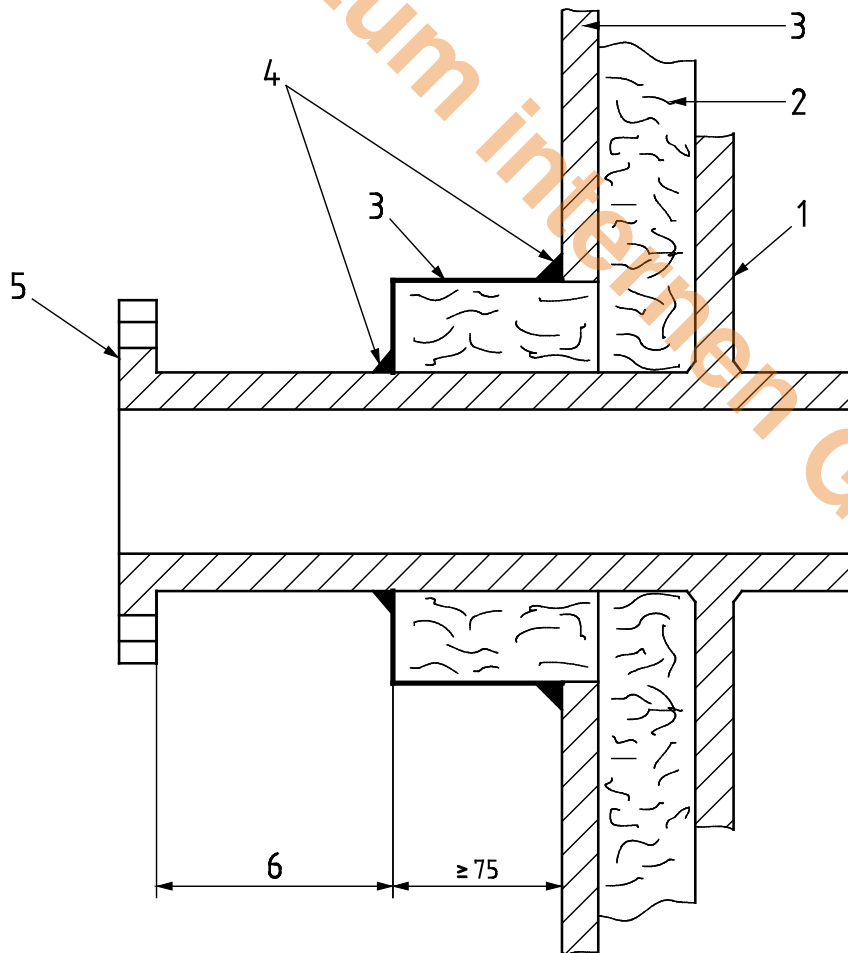
- 1 tank shell
- 3 cladding
- 2 insulation
- 4 roof plate

Figure Q.5 — Typical arrangement of insulation under roof overlap with insulation attached to the shell only

Q.6.2 Nozzle connections and manholes

Where these project up to a distance equal to the sum of the insulation thickness plus the depth of cladding profile, plus 1,5 times the bolted length, they should be insulated with the main shell/roof insulation (see Figure Q.3). Where the projection is in excess of the above, they should be insulated and finished prior to the application of insulation to the shell/roof (see Figure Q.6).

Dimensions in millimetres



Key

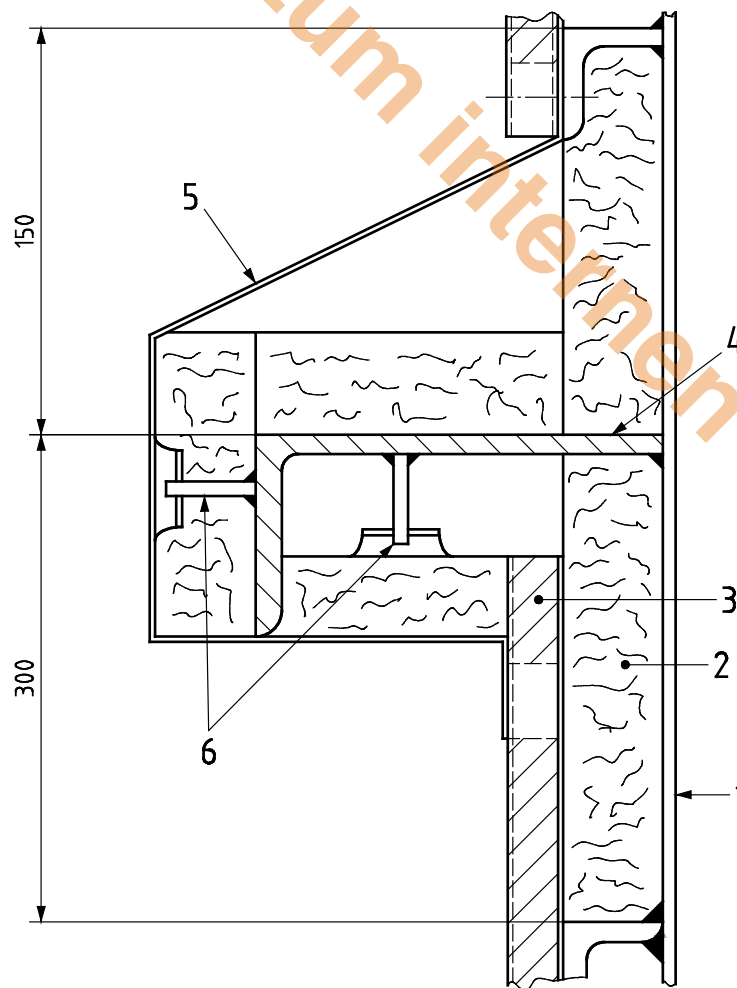
- 1 tank shell
- 3 cladding
- 5 nozzle flange
- 2 insulation
- 4 waterproof seal
- 6 > 1½ bolt length

Figure Q.6 — Typical flanged nozzle or manhole with additional branch insulation

Q.6.3 Stiffening rings (wind girders)

The stiffening rings (wind girders) and their associated supports should be enclosed by the shell insulation to minimize the temperature difference. The insulation should be attached to the stiffening rings by plate or expanded metal washers and speedfix fasteners to Ø 6 mm mild steel pins whose length is equal to the insulation thickness minus 6 mm. Figure Q.7 shows a typical construction local to a stiffening ring

Dimensions in millimetres



Key

- 1 tank shell
- 3 cladding
- 5 stiffening ring flashing
- 2 insulation
- 4 stiffening ring
- 6 6 mm mild steel pins

Figure Q.7 — Typical construction of insulation local to stiffening ring (wind girder)

Q.7 Cladding

Q.7.1 General

Cladding is a feature common to most insulation systems. The effectiveness of the insulation depends particularly on the care applied in the design and installation of the cladding. The type and quality of cladding should be selected bearing in mind environmental conditions on either side.

It is essential that all cladding be kept clean, free from grease, free from corrosion and dry on the inner surface prior to erection and until the installation is complete and all joints are well sealed.

Q.7.2 Side-wall cladding

Care should be taken to prevent direct contact between stairway supports and cladding. Cut-outs in cladding for stairway supports should be permanently sealed with mastic to prevent ingress of water. Sealant is not normally considered necessary for vertical or horizontal joints in the cladding.

The tank side-wall cladding should be troughed aluminium or hot-dip zinc coated structural steel sheet attached to the support members. The minimum depth of trough is to be 25 mm. Corrugated sheet having sinusoidal profiles should receive special attention in view of the need to avoid the ingress of water and ensure adequate fixing. The minimum nominal thickness of sheet should be:

- a) 1,0 mm for aluminium; and
- b) 0,7 mm for hot-dip zinc or plastics-coated steel.

Aluminium sheet should be in accordance with EN 573-3:2013, Grades EN AW 3103, 3105 or 5251.

Hot-dip zinc coated structural steel should be in accordance with EN 10346.

In any horizontal ring, adjacent sheets should have a minimum overlap of one trough profile and be secured with bulb-type blind pop-rivets at not greater than 100 mm pitch. The rivets should be of material compatible with the cladding and be such as to secure the overlap to accommodate the maximum design wind-suction.

Each horizontal ring of cladding should overlap the lower horizontal ring by a minimum of 75 mm and be secured with bulb-type blind pop-rivets at a distance not less than 25 mm from the edges of the sheets.

Sheets should be secured to support members using fastenings designed to accommodate the agreed wind loads and tank movements due to thermal expansion and hydrostatic pressure.

Q.7.3 Roofing cladding

Metal cladding for the tank roof should be plain or embossed and the minimum nominal thickness should be:

- a) 1,0 mm for aluminium; and
- b) 0,9 mm for hot-dip zinc or plastics-coated steel.

All overlaps in the cladding should be not less than 100 mm and be so arranged as to shed water. All joints should contain a continuous strip of a sealant approved by the purchaser and be secured by bulb-type blind pop-rivets of a material compatible with the cladding. The pop-rivets should be at a maximum pitch of 75 mm.

Consideration should be given to draining rainwater over the edge of the roof in such a way that it does not affect the integrity of the insulation system.

Q.8 Securing insulation materials

Q.8.1 Slab or block insulation with metal cladding

Q.8.1.1 Bonded man-made mineral fibre with metal cladding

The insulation should consist of bonded mineral wool with a bulk density of not less than 48 kg/m³.

The insulation material should be supported on the horizontal support members and held in place with 1 mm (minimum) galvanized tie wires for use with galvanized steel cladding and 0,5 mm (minimum) stainless steel wire for use with aluminium cladding or plastics-coated steel cladding. The insulation slabs should be fitted tightly between the horizontal support members with all edges closely butted and vertical joints offset from those in adjacent courses. The tie wires should be at a pitch not greater than 450 mm with a minimum of two tie wires per insulation slab.

Q.8.1.2 Other slab or block insulation with metal cladding

Performed slabs of polyurethane or polyisocyanurate may be used on the tank sides as an alternative to mineral wool, the method of fixing being similar to that described for mineral wool slabs (see Q.8.1.1) or by adhesives suitable for the operating temperature.

For certain circumstances foamed glass blocks might be required. Where this material is used, the blocks should be held in place with 20 mm × 0,8 mm bands of compatible material at centres not exceeding 450 mm. The bands should be secured to vertical tie bars fitted to the horizontal support members at centres not exceeding 12 m. Alternatively, adhesives suitable for the operating temperature may be used.

Q.8.1.3 Horizontal supports

The horizontal supports should have a radial width adequate for support of the insulation and agreed with the insulation contractor.

Q.8.2 In situ foam behind metal cladding

The type of foam and its physical and thermal properties should be agreed between the insulation contractor, the tank contractor and the purchaser. The cladding should be in accordance with Q.7.2 or Q.7.3. The cladding can be supported as recommended in Q.7.2 or can be spaced from the tank using foamed blocks, stuck to the side-wall, of agreed type and size and of thickness equal to the minimum insulation thickness. Provision should be made, in the latter system, to restrain the cladding against distortion and movement due to pressure exerted by the foaming operation. Due regard should be taken in this latter system to the attachment of the insulation to the tank shell and cladding to ensure adequate resistance to wind loads. Flashings or other means of weather protection should be provided where metal connections for walkways, etc. penetrate the insulation. All pipe connections should be insulated prior to fitting the cladding. The insulation at the roof edge should terminate as shown in Figure Q.5.

The sequence of the cladding and foaming procedure, the method of injecting the foam and the foaming pattern should be approved by the tank contractor and the purchaser.

The insulation contractor should define the weather and substrate temperature limits necessary for satisfactory foaming.

Means should be agreed between the insulation contractor, the tank contractor and the purchaser for establishing and checking the satisfactory quality of the foam.

Q.8.3 Spray foam

The type of foam and its physical and thermal properties should be agreed between the insulation contractor, the tank contractor and the purchaser.

The insulation contractor should define the weather and substrate temperature limits necessary for satisfactory spraying.

The thickness of the sprayed foam should not be less than the nominal design thickness. The standard of finish of the sprayed foam should be agreed between the purchaser and the insulation contractor and samples of foam of the agreed appearance prepared and retained for reference. Means should be agreed between the insulation contractor, the tank contractor and the purchaser for establishing and checking the satisfactory quality of the foam.

If a weatherproof finish is required, this should be applied over the foam insulation preferably by spraying after the foam is fully cured. The weatherproof finish should be applied in two coats of different colours. Where extra resistance to mechanical damage and/or bird attack is required, an agreed reinforcing medium should be applied between the two layers of the finish. The weatherproof finish should have a surface spread-of-flame resistance. The insulation contractor should agree suitable means for weather protecting the foam at the top edge of the tank.

The tank should be left uninsulated for a distance of approximately 150 mm from the base.

Q.8.4 Roofs

Where mineral wool and metal cladding form the insulation, the mechanical support system should be in accordance with Q.3.5 and Q.3.6 and be of upstand not less than the thickness of the insulation and not greater than this thickness plus 5 mm. Metal cladding should be as described in Q.7.3 and be fixed to the support system to withstand wind loads and wind induced vibrations. The fastening should be compatible with the cladding.

Additional reinforcement of the insulation system might be necessary where access is required.

It might be convenient to apply foam insulation to the roof, either sprayed or foamed in situ, even if a mineral wool or other system is specified for the tank sides.

Q.9 Fire hazard

Possible fire hazards exist during construction and operation when organic plastic foam insulation is used. Although some materials and formulations are more resistant to fire than others, they are nevertheless still combustible and might not necessarily alleviate a fire hazard.

Annex R
(normative)

Surface finish

R.1 Internal surfaces in contact with the product

R.1.1 General

All temporary attachments shall be removed by grinding or other appropriate means without tearing the parent plate.

Any remaining areas of weld metal shall be dressed off and there shall be no wall thinning below the design thickness except as permitted by 15.7.

Internal welds shall be cleaned of slag and where lifting appliances have been used these areas shall be cleaned and dressed.

Internal surfaces shall be free of weld spatter.

R.1.2 Carbon and carbon manganese steel tanks

When any part of the tank requires the application of a protective coating, the surface finish of the plates and welds shall be in accordance with that specified by the coating applier and agreed with the manufacturer.

R.1.3 Stainless steel tanks

R.1.3.1 General

The condition of the internal surface of the tank shall be as specified (see A.1), dependent upon the products the tank will contain.

When no indications are given, level 1 shall apply.

The surfaces considered shall include all the plates, accessories and welds in contact with the product held by the tank.

Three levels of surface finish are specified:

Level 1 Normal finish

For tanks which require no special cleaning.

Level 2 Clean finish

Tank can be washed in cold conditions where traces of the product between uses are tolerated.

Level 3 Quality finish

Tank shall be washed under heated conditions and sterilized to remove all traces of the product between uses.

R.1.3.2 Level 1 Normal finish

The finish shall conform to the following:

Bottom, shell, roof:

- sheet metal surface shall be as supplied;

- undressed fillet welds shall be permitted;
- welds shall be brush cleaned or if required, pickled and passivated;
- examination shall be visual only.

Pipes and accessories:

- surface shall be as supplied;
- root penetration shall be as specified;
- welds shall be brush cleaned or if required, pickled and passivated;
- examination shall be visual only.

R.1.3.3 Level 2 Clean finish

The finish shall conform to the following:

Bottom, shell, roof:

- surface finish shall have a mean $R_a \leq 5 \mu\text{m}$;
- bottom/shell/roof connections shall have a minimum radius of 6 mm where practical;
- pickling and passivation of the whole assembly shall be carried out;
- examination shall be as follows:
 - visual 100 %;
 - verification of root penetration;
 - verification of the corner radius by random checks;
 - random roughness check.

Pipes and accessories:

- surface finish shall have a mean $R_a \leq 5 \mu\text{m}$;
- root penetration shall be between -0 mm and +0,5 mm;
- long radius bends shall have $r \geq 4 D$;
- pickling and passivation of the whole assembly shall be carried out;
- examination shall be as follows:
 - visual 100 %;
 - verification of root penetration;
 - verification of the corner radius by random checks;
 - random roughness checks.

R.1.3.4 Level 3 Quality finish

The finish shall conform to the following:

Bottom, shell, roof:

- surface finish of parent plate and welds, which shall be 100 % polished, shall have a mean $R_a \leq 2,5 \mu\text{m}$;
- welds shall be flush with the plate surface;
- all corner joints shall be radiused to a minimum of 6 mm where practical;
- pickling and passivation of the whole assembly shall be carried out;
- examination shall be as follows:
 - visual 100 %;
 - verification of root penetration;
 - verification of the corners radius with a gauge;
 - random roughness checks.

Pipes and accessories:

- surface finish, which shall be 100 % polished, shall have a mean $R_a \leq 2,5 \mu\text{m}$;
- root penetration shall be between - 0 mm and + 0,5 mm;
- long radius bend from seamless and welded pipe with the weld flush;
- corner radius shall be a minimum of 6 mm where practical;
- pickling and passivation of the whole assembly shall be carried out;
- examination shall be as follows:
 - visual 100 %;
 - verification of root penetration (endoscopy);
 - verification of the corner radius with a gauge;
 - random roughness check.

R.2 External surfaces

R.2.1 General

All temporary attachments shall be removed by grinding or other appropriate means without tearing the parent plate.

Any remaining areas of weld metal shall be dressed off and there shall be no wall thinning below the design thickness except as permitted by 15.7.

All welds shall be cleaned of slag and where lifting appliances have been used, these areas shall be cleaned and dressed.

Plates surfaces shall be free of weld spatter.

The tank's external appearance and finish shall be as specified (see A.1).

When the tank's surface is to be covered with a thermal or fireproof substance and the support attachments are welded to the tank, the welding shall be carried out before the hydrostatic test by the tank erector or by a suitably approved person with the tank erector's agreement.

R.2.2 Carbon and carbon manganese steel tanks

In order to avoid points of corrosion, the manufacturer shall ensure that there are no areas on the tank that cannot be covered by a protective coating.

The painting system required shall be specified at the order stage (see A.1).

NOTE Attention is drawn to the European Parliament and Council Directive No 94/63/EC [6].

The contractor shall notify the purchaser if they choose to supply plates prepainted.

R.2.3 Stainless steel tanks

Welds of stainless steel tanks as well as all areas that present a source of contamination due to rust shall be pickled and passivated.

Annex S
(normative)

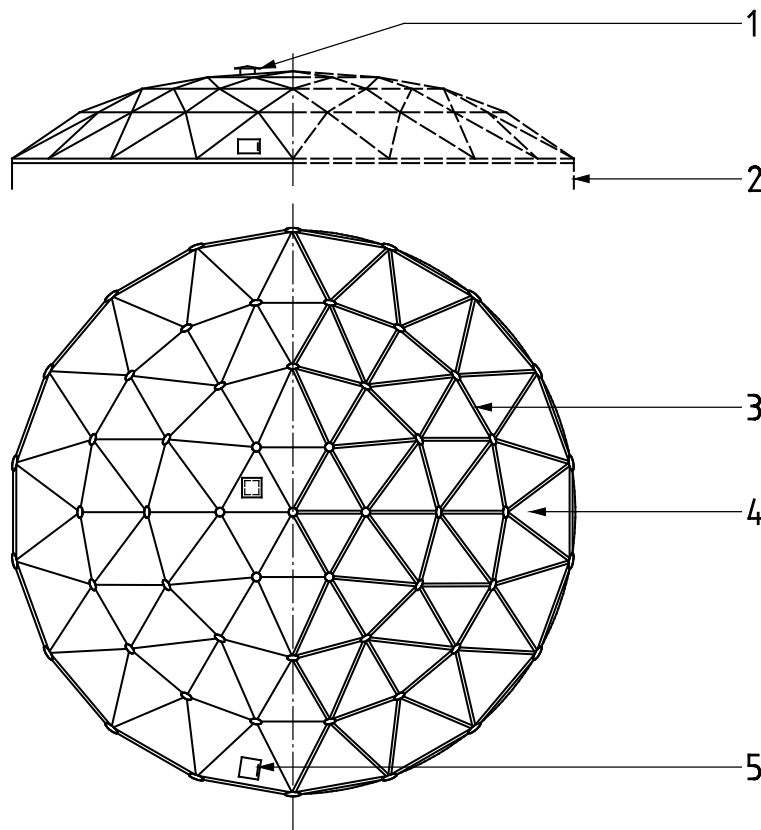
Self-Supporting aluminium roofs for storage tanks

S.1 General

S.1.1 Purpose

This annex establishes minimum criteria for the design, fabrication, and erection of structurally-supported aluminium dome roofs, see Figure S.1. All other requirements of EN 14015 shall apply except the maximum design temperature shall not exceed 90 °C.

NOTE Higher temperatures >90 °C are permitted provided that dome performance and structural review include elevated temperature.



Key

- 1 open vent near the centre of the dome roof
- 2 support
- 3 tension ring
- 4 node
- 5 inspection hatch

Figure S.1 — Typical details of a geodesic aluminium dome roof

S.1.2 Definition

A structurally-supported aluminium dome roof is a fully triangulated aluminium space truss with the struts joined at points arrayed on the surface of a sphere. Aluminium closure panels are firmly attached to the frame members. The roof is attached to and supported by the tank at mounting points equally spaced around the perimeter of the tank.

S.1.3 General application

S.1.3.1 New tanks

When this annex is specified for a new tank, the tank shall be designed to support the aluminium dome roof. The roof manufacturer shall supply the magnitude and direction of all the forces acting on the tank as a result of the roof loads, together with details of the roof-to-shell attachment. The tank shall be designed as an open-top tank, and its wind girder shall meet the requirements of 9.3. The top of the tank shell shall be structurally suitable for attachment of the dome roof structure.

The tank manufacturer and the foundation designer shall be responsible for designing the tank and foundation, respectively, for the loads and moments transmitted from the roof, as provided by the roof manufacturer. If a roof with fixed supports is specified (see A.9), the supports shall be rigidly attached directly to the tank and the top of the tank shall be designed to sustain the horizontal thrust transferred from the roof.

S.1.3.2 Existing tanks

When this annex is specified for an aluminium dome roof to be added to an existing tank (with or without an existing roof), it shall be verified that the tank has sufficient strength to support a new roof and meet the applicable requirements of Clause 7. Information on the existing tank shall be provided to all relevant parties including minimum tank shell course thicknesses, tank shell course heights, design corrosion allowance and existing anchorage details. The specifications should specify the existing or new appurtenances to be accommodated by the roof Manufacturer. The roof manufacturer shall supply the values of the forces acting on the tank as a result of the roof loads. The adequacy of the tank to absorb the dome loads is to be verified in accordance with EN 1993-1-6. Unless otherwise specified, any reinforcement required to enable the tank to support the roof shall be the responsibility of the purchaser. The design and erection of the roof shall accommodate the actual tank shape, provided that the actual tank shape is within the applicable rejection criterion. The responsibility for determining the tank shape shall be specified by the purchaser. The existing tank shall be equipped with a wind girder that meets 9.3.2 for an open-top tank.

S.1.4 Special features

S.1.4.1 Self-supporting structure

The aluminium dome roof shall be supported only from the rim of the tank. The design of the connection between the roof and the tank rim shall allow for shell tolerances as specified in S.1.3.1 and S.1.3.2, thermal expansion and elastic deformation for the dome under loads and for the tank under liquid load if required. A minimum temperature range of ± 35 °C from the ambient temperature shall be used for the dome design unless a wider range is specified by the purchaser.

S.1.4.2 Finish

Unless otherwise specified, the aluminium dome roof materials shall have a mill finish. (See A.9)

S.1.4.3 Maintenance and Inspection

The roof manufacturer shall provide a maintenance and inspection manual for roof items that might require maintenance, periodic inspection, or both (see A.9).

S.1.4.4 Jurisdictional Requirements

The purchaser shall provide all applicable jurisdictional requirements that apply to the aluminium dome roof (see A.9).

S.2 Materials

S.2.1 General

Materials furnished to meet the requirements of this Annex shall be new. A complete material specification shall be submitted by the roof manufacturer for approval by the purchaser (see A.9). The materials shall be compatible with the product specified to be stored in the tank and the surrounding environment. No aluminium alloy with a magnesium content greater than 3 % shall be used when the maximum design temperature exceeds 65 °C.

S.2.2 Structural frame

Structural frame members shall be fabricated from 6061-T6 or a recognized alloy with properties established by the EN 1999-1-1.

S.2.3 Roof panels

Roof panels shall be fabricated from Series 3000 or 5000 aluminium with a minimum nominal thickness of 1,20 mm.

S.2.4 Bolts and fasteners

Fasteners shall be of 7075-T73 aluminium, 2024-T4 aluminium, austenitic stainless steel, or other materials as agreed to by the purchaser. Only stainless steel fasteners shall be used to attach aluminium to steel.

S.2.5 Sealant and gasket material

S.2.5.1 Sealants shall be silicone or urea urethane compounds with compatibility with stored materials. Sealants shall remain flexible over a temperature range of -60 °C to +90 °C without tearing, cracking, or becoming brittle. Elongation, tensile strength, hardness, and adhesion shall not change significantly with aging or exposure to ozone, ultraviolet light, or vapours from the product stored in the tank.

S.2.5.2 Preformed gasket material shall be Neoprene, silicone, Buna-N, urea urethane, or EPDM elastomer or unless another material is required for compatibility with stored materials (see A.9).

S.2.6 Skylight panels

Skylight panels shall be clear acrylic or polycarbonate with a minimum nominal thickness of 6 mm. Unless otherwise specified by the purchaser, domes on tanks not being equipped with floating roofs do not require skylights (see A.9).

S.3 Allowable stresses

S.3.1 Aluminium structural members

Aluminium structural members and connections shall be designed in accordance with the EN 1999-1-1 or the *Aluminium Design Manual*, as published by the Aluminium Association, Inc. (Washington, D.C.), except as modified by this annex as per agreement with the purchaser.

S.3.2 Aluminium panels (See S.2.3)

Aluminium panels shall be connected to the top flange of the dome beams in an adequate way to transfer super imposed load (see 7.1) and represent proper workmanship. Attachment fasteners shall not penetrate both the panel and the flange of the structural member.

S.3.3 Bolts and fasteners

S.3.2.1 The maximum stress in bolts and fasteners for any design condition shall not exceed the allowable stress given in Table S.1.

S.3.2.2 Unless otherwise specified, the hole diameter for a fastener shall not exceed the diameter of the fastener plus 1.5 mm (See A.9).

Table S.1 — Bolts and fasteners (SI)

Materials	Allowable tensile stress ^{a,b} (MPa)	Allowable shear stress ^{a,b,c} (MPa)
Austenitic stainless steel ^d	172	124
Austenitic stainless steel ^e	234	172
2024-T4 aluminium	182	109
7075-T73 aluminium	201	120

a The root-of-thread area shall be used to calculate the strength of threaded parts.
 b For seismic loads, these values may be increased by one-third.
 c If the thread area is completely out of the shear area, the cross-sectional area of the shank may be used to determine the allowable shear load.
 d For bolts with a minimum tensile strength of 620 MPa.
 e For bolts with a minimum tensile strength of 860 MPa.
 f For fasteners not shown, design shall be in accordance with the *Aluminium Design Manual*, as published by the Aluminium Association, Inc. (Washington, D.C.) or EN1999-1-1 (Eurocode 9: Design of aluminium structures)

S.4 Design

S.4.1 Design principles

S.4.1.1 The roof framing system shall be designed as a three-dimensional space frame or truss with membrane covering (roof panels) providing loads along the length of the individual members. The design shall consider the increased compression induced in the framing members due to the tension in the roof panels.

S.4.1.2 The actual stresses in the framing members and panels under all design load conditions shall be less than or equal to the allowable stresses per the EN 1999-1-1 or the *Aluminium Design Manual*, as per agreement with the purchaser.

S.4.1.3 The allowable general buckling pressure p_a shall equal or exceed the maximum pressure given in section 7.2.2

$$p_a = \frac{1,6E\sqrt{I_x A}}{LR^2(SF)} \quad (\text{S.4.1.3-1})$$

where:

E is the modulus of elasticity of the dome frame members;

I_x is the moment of inertia of frame members for bending in a plane normal to the dome surface;

A is the cross-sectional area of frame members;

R is the spherical radius of the dome;

L is the average length of the frame members;

SF is the safety factor = 1,65.

Alternatively, p_a shall be determined by a non-linear finite element analysis with a safety factor of 1,65.

S.4.1.4 The net tension ring area (exclusive of bolt holes and top flange protrusions) shall not be less than:

$$A_n = \frac{D^2 p}{8F_t \tan \theta} \quad (\text{S.4.1.4-1})$$

where:

A_n is the net area of tension ring;

D is the nominal tank diameter;

P is the maximum pressure given in 7.2.2 and 10.6

θ is 1/2 the central angle of the dome or roof slope at the tank shell;

F_t is the least allowable stress for components of the tension ring.

NOTE This formula does not include bending stresses due to loads from the panel attached to the beam. These stresses shall also be considered in the tension ring design as per S.3.1.

S.4.2 Design loads

S.4.2.1 Loads on dome roofs

Dome roofs shall be designed for:

- a) the loads in 7.1;
- b) the load combinations in 7.1, 7.2, and 7.3.

S.4.2.2 Seismic load

If the tank is designed for seismic loads, the roof shall be designed for:

a) a horizontal seismic force $F_h = A_i W_r$;

b) a vertical seismic force $F_v = + A_v W_r$;

where A_i , A_v , and W_r are as defined in Annex G and 7.2.11. Forces shall be uniformly applied over the surface of the roof.

Horizontal and vertical forces need not be applied simultaneously.

S.4.2.2 Panel loads

S.4.2.3.1 Roof panels shall be of one-piece aluminium sheet (except for skylights as allowed by S.8.3). The roof shall be designed to support a uniform load of 3 kPa over the full area of the panel without sustaining any permanent distortion.

S.4.2.3.2 The roof shall be designed to support two concentrated loads 1 100 N each distributed over two separate 0,1 m² areas of any panel.

S.4.2.3.3 The loads specified in S.4.2.3.1 and S.4.2.3.2 shall not be applied simultaneously or in combination with any other loads.

S.4.3 Internal pressure

Unless otherwise specified by the Purchase (see A.9) the internal design pressure shall not exceed the weight of the roof. In no case shall the internal design pressure exceed 2,2 kPa. When the design pressure, P_{max} , for a tank with an aluminium dome roof is being calculated, the weight of the roof, including structure, shall be used for the dead load requirements in Annex M (Tank Anchorage).

S.5 Roof attachment

S.5.1 Load transfer

Structural supports for the roof shall be bolted or welded to the tank. To preclude overloading of the shell, the integrity of the interface between dome and tank shell shall be verified. The attachment detail shall be suitable to transfer all roof loads to the tank shell and keep local stresses within allowable limits.

S.5.2 Roof supports

S.5.2.1 Sliding supports

The roof attachment points may incorporate a slide bearing with low-friction bearing pads to minimize the horizontal radial forces transferred to the tank. Unless otherwise specified, the primary horizontal thrust transferred from the dome shall be resisted by an integral tension ring (see A.9).

S.5.2.2 Fixed supports

The roof may have fixed supports attached directly to the tank, and the top of the tank shall be analysed and designed to sustain the horizontal thrust transferred from the roof, including that from differential thermal expansion and contraction. For roofs with fixed supports on a new tank, the maximum acceptable radial tank deflections at the top of the tank shall be coordinated between the tank manufacturer and roof manufacturer. For roofs with fixed supports on an existing tank, the maximum acceptable radial tank deflections at the top of the tank shall be coordinated between the purchaser and roof manufacturer.

S.5.3 Separation of carbon steel and aluminium

Unless another method is specified by the purchaser (see A.9), aluminium shall be isolated from carbon steel by an austenitic stainless steel spacer or an elastomeric isolator bearing pad.

S.5.4 Electrical grounding

Unless otherwise specified, the aluminium dome roof shall be electrically interconnected with and bonded to the steel tank shell or rim. As a minimum, stainless steel cable conductors 3 mm in diameter shall be installed at every third support point (see A.9).

The choice of cable shall take into account strength, corrosion resistance, conductivity, joint reliability, flexibility, and service life.

S.6 Physical characteristics

S.6.1 Sizes

An aluminium dome roof may be used on any size tank erected in accordance with this standard.

S.6.2 Dome radius

The maximum dome radius shall be 1,2 times the diameter of the tank. The minimum dome radius shall be 0,7 times the diameter of the tank unless otherwise specified by the purchaser (see A.9).

S.7 Platforms, walkways, and handrails

Platforms, walkways, and handrails shall conform to 13.11 and 13.12 except that the maximum concentrated load on walkways or stairways supported by the roof structure shall be 4 450 N unless otherwise specified by the purchaser (see A.9). When walkways are specified to go across the exterior of the roof (to the apex, for example), stairways shall be provided on portions of walkways whose slope is greater than 20 degrees. Walkways and stairways may be curved or straight segments.

S.8 Appurtenances

S.8.1 Roof hatches

If roof hatches are required (see A.9), each hatch shall be furnished with a curb 100 mm or higher and a positive latching device to hold the hatch in the open position unless otherwise agreed. The minimum size of opening shall not be less than 600 mm when the hatch is being used to give persons access. The axis of the opening may be perpendicular to the slope of the roof, but the minimum clearance projected on a horizontal plane shall be 500 mm.

S.8.2 Roof nozzles and gauge hatches

Roof nozzles and gauge hatches shall be flanged at the base and bolted to the roof panels with an aluminium reinforcing plate on the underside of the panels. The axis of a nozzle or gauge hatch shall be vertical. If the nozzle is used for venting purposes, it shall not project below the underside of the roof panel. Aluminium or stainless steel flanges may be bolted directly to the roof panel, with the joint caulked with sealant. Steel flanges shall be separated from the aluminium panel by a suitable gasket.

S.8.3 Skylights

S.8.3.1 If skylights are specified by the purchaser (see A.9), each skylight shall be furnished with a curb 100 mm or higher unless otherwise agreed and shall be designed for the live or wind loads specified in Clause 7. Specifications (see A.11) shall specify the total transparent skylight area to be provided. Skylights should be clearly marked that walking on the skylight is not permitted

S.8.3.2 When skylights are specified for floating roof tanks which are sealed and gas-blanketed (not provided with circulation venting) the vendor shall consider skylight material compatibility with exposure to elevated concentrations of the stored product (See A.11).

S.9 Sealing at the shell

The roof need not be sealed to the tank shell unless specified by the purchaser (see A.9) or required to contain internal pressure. When the purchaser requires operating the tank with an internal pressure reference shall be made to 10.6

The bottom of the flashing shall extend at least 50 mm below the top of the tank. Corrosion-resistant coarse-mesh screen (13 mm openings) shall be provided to prevent the entrance of birds.

The net open area of peripheral screened venting (if provided) shall be considered to serve as an open vent/emergency pressure relief device and contribute to the emergency vent area in accordance with 10.6

S.10 Testing

S.10.1 Leak testing

S.10.1.1 After completion, the roof seams shall be leak tested by spraying the outside of the seams with water from a hose with a minimum static head pressure 350 kPa gauge at the nozzle unless otherwise specified (See A.9). Because of possible corrosive effects, consideration shall be given to the quality of the water used and the duration of the test. The water shall not be sprayed directly on roof vents. Alternatively leak tightness of the dome can be verified during or immediately after periods of rain exposure for the dome. Any water on the inside of the roof shall constitute evidence of leakage.

S.10.1.2 Where gas-tight roofs are required (see A.9), leak testing may be accomplished in accordance with 19.13 or by another means acceptable to the roof manufacturer and the purchaser (see A.9).

S.10.1.3 Any leaks discovered during testing shall be sealed, and the roof shall be retested until all leaks are sealed.

S.11 Fabrication and erection

S.11.1 General

The dome contractor shall perform the work described in this annex using qualified supervisors who are skilled and experienced in the fabrication and erection of aluminium structures.

S.11.2 Fabrication

All roof parts shall be prefabricated for field assembly. All structural shapes used to make the roof shall be punched or drilled before any shop coating is applied.

S.11.3 Welding

The design and fabrication of welded aluminium parts shall be in accordance with EN 1011-4 or the *Aluminium Design Manual* and AWS D1.2. All aluminium structural welds and components joined by welding shall be visually examined by dye-penetrant method. All structural welding of aluminium shall be performed before the dome is erected in the field.

S.11.4 Examination reports

A full set of satisfactory examination records shall be delivered to the owner before field erection (see A.9).

S.11.5 Shipping and handling

Materials shall be handled, shipped, and stored in a manner that does not damage the surface of aluminium or the surface coating of steel (see A.10).

S.11.6 Erection

The erection supervisor shall be experienced in the construction of aluminium dome roofs and shall follow the manufacturer's instructions and drawings furnished for that purpose.

S.11.7 Workmanship

To minimize internal stresses on the structure when fasteners are tightened, the roof shall be installed on supports that are in good horizontal alignment. The components of the structure shall be erected with precise fit and alignment. Field cutting and trimming, relocation of holes, or the application of force to the parts to achieve fit-up is not acceptable.

S.12 Required information and method to check shell stability under loads from domed roof

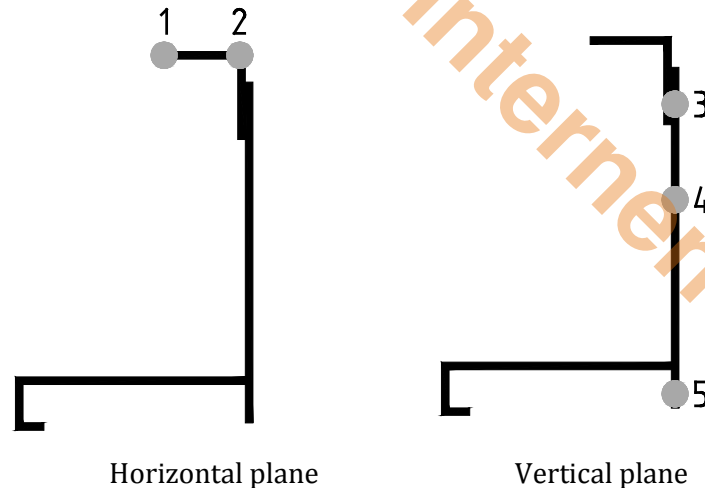
S.12.1 Data required for INPUT

Geometry:	yes	no	n/a
geometry tank shell known (see S.12.2)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geometry top curb angle known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geometry primary wind girder known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geometry intermediate wind girder known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geometry secondary wind girder known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geometry dome supports known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
location dome supports known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
averaged measured tank shell thicknesses known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Material:	yes	no	
material tank shell known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
material top curb angle known?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

With the information mentioned above it should be possible to perform an analysis on the axial stresses and moments introduced in the tank shell all in accordance with S.12.4.

S.12.2 Measuring tank shell

At each dome support five locations, which can be seen in the figures below, are to be measured in order to determine the different imperfections as mentioned in the EN 1993-1-6:2007, 8.4.2 to 8.4.4 (see A.10).



Key

- | | |
|----------|----------|
| 1 height | 4 radius |
| 2 height | 5 radius |
| 3 radius | |

Figure S.2 — Dome support

S.12.3 Loads

The maximum loading from the aluminium dome roof acting on the tank shell and top curb angle should be provided by the dome supplier. Usually this loading consists of three components: radial, tangential and vertical.

The design loads during installation of the dome roof are different from the design loads when the dome roof is in place. The most critical design loads should be used for the FEM analysis (see A.11).

yes no

Loads provided by dome supplier?

S.12.4 CHECK STRUCTURE

S.12.4.1 Stresses

The FEM model, including self weight and loading from the dome roof, is used to calculate the stresses in the structure. These calculated stresses should be checked against the allowable stresses determined according to EN 13445 (see also Annex U).

S.12.4.2 Eigenvalue

The FEM model, including self weight and loading from the dome roof, is used to determine the relevant eigenvalue of the tank structure.

S.12.4.3 Knockdown factor

A knockdown factor should be determined using EN 1993-1-6. This knockdown factor takes the influence of the different imperfections of the structure into account.

S.12.4.4 Stability

The stability of the structure is checked using the calculated eigenvalue and knockdown factor.

S.12.4.5 Stiffening of shell

In case the unity check $> 1,0$ stiffening of tank shell would be an option (for fabrication tolerance quality class equivalent to Class A – see EN 1993-1-6:2007, Table 8.1). Verification of the stiffened shell should be performed by repeating step 1 to 4. In case the stiffened shell does not lead to unity checks $\leq 1,0$ and where the fabrication tolerance quality classes are determined to be equal to Class B or Class C (see EN 1993-1-6:2007, Table 8.1) the deformed shell should be repaired and brought in line with the tolerances stipulated in 16.7.

Annex T (informative)

Finite Element Analysis (FEA) Requirements regarding the use of FEA to support a tank design submission

T.1 General

Finite Element Analysis (FEA) may be used to support tank equipment design where the configuration is not covered by the available rules in the code or where further substantiation might be required.

It is recommended that the designer checks with the client whether the usage of FEA is acceptable. This should be clarified before the design is submitted and in writing. When using this method for justifying code compliance of the design, a complete FEA report having the elements listed in T.3 is required.

T.2 Special design requirement

As this analysis method requires extensive knowledge of, and experience with, tank equipment design and the FEA software package involved, it is required that the analysis and report be completed, certified and signed off by a qualified engineer. In all cases, the engineer shall certify that he or she is experienced in tank equipment design and the application of FEA. The client might require that the engineer present a summary of his or her academic credentials and relevant experience in tank equipment design and FEA usage, i.e. references to the projects or equipment designed using FEA and the names of the end users.

T.3 The FEA Design Report

1) Executive Summary

The report should contain an executive summary, briefly describing how the FEA was used to support the design, the FEA model used, the results of the FEA, and conclusions relating to the FEA results supporting the design submitted for approval.

2) Introduction

The introduction shall describe the scope of the FEA analysis relating to the design, the justification for using FEA to support the design calculations, the FEA software used for the analysis, the type of FEA analysis (i.e. static, dynamic, elastic, plastic, small deformations, large deformations, etc.), and a complete description of the material properties used in the analysis.

3) Model Description

This report section is required to completely describe the FEA model used for the analysis. The description will include dimensional information and/or drawings relating the model geometry to the actual equipment geometry.

Simplification of geometry should be explained and justified as appropriate. The mesh and type (h, p, 2D, 3D), shape, and order (2nd order or above) of the elements used should be detailed. If

different types of elements are used, a description of how the different elements were connected together is required.

When modelling items like flanges, describe in what manner the two separate flange faces are linked (e.g. contact elements). Boundary conditions such as supports, restraints, loads, and forces shall be clearly described and shown (present the figures). The method of restraining the model to prevent rigid body motion should be indicated and justified. When partial models are used (typically based on symmetry), the rationale for the partial model shall be described with an explanation of the boundary conditions used to compensate for the missing model sections.

The accuracy of the model digitization shall be indicated, either by the described use of convergence studies or by comparison to the accuracy of previous successful in-house models. This section of the Report should include a proposed method to verify that the model results reflect the real response of the physical pressure equipment.

4) Application of design loads

Clause 7 of EN 14015 lists the applicable design loads that should be taken into account. The modelling of the design loads should be explained in a detailed manner in order to enable later verifications.

5) Presentation of results

The following figures should be presented (coloured prints):

- i) displacements (plot);
- ii) deformed shape with un-deformed shape superimposed;
- iii) stress plot with mesh, that will:
 - a) show discrete fringes - discrete colour separation for stress ranges or plots;
 - b) allow comparison between the size of stress concentrations and the size of the mesh;
- iv) plot with element stress and compare nodal (average) stress vs. element (non-averaged) stress (if the small difference is less than 5 %, the accuracy shall be assumed acceptable);
- v) reaction forces compared to applied loads;

When plots or figures have been presented, there should be discussion relating to each and every figure to explain what the purpose of the figure is and why it is of importance.

6) Analysis of results

Overall model results and areas of interest. Identify any results which are to be disregarded and justify their exclusion.

7) Conclusion

Relate the results of the FEA to the defined allowable stresses using the appropriate methodology as laid out in Annex U. Where limit state theory is used EN 1993-1-6 shall be referred to.

See also Table U.6 and Table U.7.

NOTE A joint efficiency should be applied to all stresses that contain welded joints (see also Annex U).

Annex U
(Informative)

Design by analysis; methods based on stress categories

U.1 Preambles

Although the design methods described in the main text of this standard provides adequate design rules for major tank components, the present views allow to make use of design by analysis for items not covered by this norm.

The method given in this annex, known as “design by analyses”, involves the interpretation of stresses calculated on an elastic basis at any point in a part of a tank, and then verification of their admissibility by means of appropriate assessment criteria.

It may be used:

- as an addition to design-by-formula;
- as a compliment to design-by-formula for:
 - cases not covered by that route;
 - cases involving superposition's of loads;
 - exceptional cases where manufacturing tolerances have been exceeded.

The methods here are generally based on those given in Annex C of EN 13445.

U.2 Stress Categorization

In order to check the calculated stresses, the stresses should be categorized into primary membrane stress P_M , local primary membrane stress P_L , primary bending stress P_B and secondary membrane + bending stress Q or a combination of these stresses. The following limits should then be taken into account.

Table U.1 — Evaluation of appearing stresses and their combinations against allowable

Appearing stresses		allowable stresses
P_M	primary membrane stress	$1,0 \times S$
P_L	local primary membrane stress	$1,5 \times S$
P_B	primary bending stress	$1,5 \times S$
$P_L + P_b$ or $P_M + P_b$	combination 1	$1,5 \times S$
$P + Q$ ($Q = Q_M + Q_B$)	combination 2	$3,0 \times S$

Where S = design stress from Section 9.1.1(a) of the code.

Where the primary membrane stress includes a weld, a joint efficiency factor has to be taken into account depending on the type of the weld. The following joint efficiency factors should be used in accordance with EN 14015, 10.3.6:

Table U.2 — Joint efficiency factors

Weld type	Efficiency factor
butt welded	1,00
single lap welded	0,35
double lap welded	0,50

For other stress categories consideration should be given to the stress location and stress directions. A conservative approach would be to apply the joint efficiencies to all stress categories, or to including modelling of the weld configuration in the stress analysis.

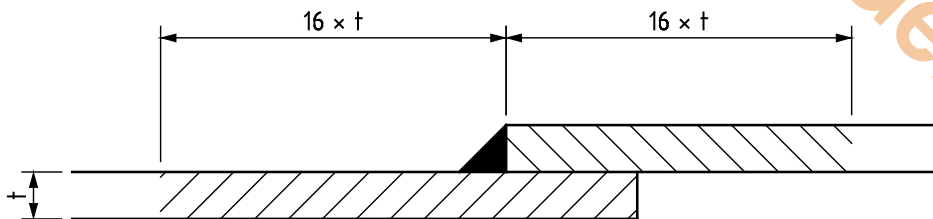


Figure U.1 — Area of weld detail affected by the joint efficiency factor

Remote from welds a joint efficiency factor of $E = 1,0$ is applicable.

Depending on the material and joint efficiency factors the following design stresses can be determined for a typical material S275 in accordance with EN 10025.

Material S275 (typical)

(3 mm \geq t \leq 16 mm)

Table U.2 — Design stresses applicable for S275 material in accordance with EN10025

Item	Factor E [-]	Safety factor γ [-]	Yield Strength R_e [N/mm ²]	Safety factor γ [-]	Tensile Strength R_m [N/mm ²]	Design Stress S [N/mm ²]
Plate	1,00	1,50	275,0	2,35	430,0	183,0
butt welded	1,00	1,50	275,0	2,35	430,0	183,0
single lap welded	0,35	1,50	275,0	2,35	430,0	64,0
double lap welded	0,50	1,50	275,0	2,35	430,0	91,5

When joint efficiencies are applied to the categorised stress the following table is applicable for S275 material.

Table U.3 — Allowable stresses and allowable stress combinations for S275 material in accordance with EN 10025

Item	allowable stress			
	Stress P_m [N/mm ²]	Stress P_L or P_b [N/mm ²]	Stress $P_L + P_b$ or $P_m + P_b$ [N/mm ²]	Stress $P_L + P_b + Q$ [N/mm ²]
Plate	183,0	274,5	274,5	549,0
butt welded	183,0	274,5	274,5	549,0
single lap welded	64,0	96,1	96,1	192,1
double lap welded	91,5	137,2	137,2	274,5

U.3 Equivalent stress

U.3.1 General

The equivalent stress σ_{eq} is a scalar quantity defined in accordance with either the maximum shear stress theory or the maximum distortion energy theory, from the stress components Σ_{ij} , obtained by summation of all stresses σ_{ij} of same category generated by the various loads to be considered simultaneously.

The equivalent stress shall be determined as follows:

— maximum shear stress theory:

a) Calculate the principal stresses $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ of the stress state defined by the stress components Σ_{ij} ;

b) The equivalent stress is given by:

$$\sigma_{eq} = \max\{|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|\} \quad (U.1)$$

— maximum distortion energy theory:

The equivalent stress is given by:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\sum_{11}^2 + \sum_{22}^2 + \sum_{33}^2 - \sum_{11} \cdot \sum_{22} - \sum_{22} \cdot \sum_{33} - \sum_{33} \cdot \sum_{11} + 3\left(\sum_{12}^2 + \sum_{23}^2 + \sum_{31}^2\right)\right)} \quad (U.2)$$

or alternatively by:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_3 \cdot \sigma_1} \quad (U.3)$$

U.3.2 Gross structural discontinuity

Structural or material discontinuity which affects the stress or strain distribution across the entire wall thickness over a region of significant area.

NOTE Examples of gross structural discontinuities are end-to-cylindrical shell or conical shell-to-cylindrical shell junction, flange-to-cylindrical shell junction, an opening in a shell, the junction of two cylindrical shells of different diameter, thickness or material, or a stiffener-to-shell junction.

U.3.3 Local structural discontinuity

Local structural discontinuity is a discontinuity which only very locally affects the stress or strain distribution, across a fraction of the thickness of the wall.

NOTE 1 Stresses resulting from such a discontinuity can only cause highly localized strains and consequently have no significant influence on the global behaviour of the wall.

NOTE 2 Examples of local structural discontinuities are small radius fillets, weld toes, non-penetrated ones in partial penetration welds.

U.3.4 Primary stress

Primary stress is stress which satisfies the laws of equilibrium of applied loads (pressure, forces and moments).

NOTE 1 Regarding the mechanical behaviour of a structure, the basic characteristic of a primary stress is, that in case of high (non-admissible) increment of external loads, it is not self-limiting. As plasticity develops, a stage is reached where no further beneficial redistribution of stress can take place.

NOTE 2 Regarding primary stresses, distinction is made between membrane stresses (P_m , PL) and bending stresses (P_b) with respect to their distribution across the cross-section governing the load-bearing behaviour. Primary membrane stresses (P_m) are defined as the average value of the respective stress components distributed over the section governing the loadbearing behaviour defined by the supporting line segment. Primary bending stresses (P_b) are defined as primary stresses distributed linearly across the considered section and proportionally to the distance from the neutral axis.

NOTE 3 Regarding the distribution of membrane stresses along the wall, distinction is made between general primary membrane stresses (P_m) and local primary membrane stresses (PL). At discontinuities, primary membrane stresses in shells are classified as local if the equivalent membrane stress exceeds 1,1 times the nominal design stress f and if the region in which this value is exceeded remains within the length of $1,0 R \cdot ea$ in the meridional direction. Minimum values are imposed on the distance between adjacent regions of local primary membrane stress (see U.7.2).

NOTE 4 General primary membrane stresses are distributed in the structure such that no essential stress redistribution occurs as a result of yielding. In the case of local primary membrane stresses, yielding will cause such redistribution.

U.3.5 Secondary stress

Secondary stress is developed by constraints due to geometric discontinuities, by the use of materials of different elastic moduli under external loads, or by constraints due to differential thermal expansions.

NOTE 1 With respect to the mechanical behaviour of the structure, the basic characteristic of a secondary stress is that it is self-limiting, i.e. local flow deformation leads to a limitation of the stress. Secondary stresses lead to plastic deformation when equalizing different local distortions in the case of excess of the yield strength.

NOTE 2 Only stresses that are distributed linearly across the cross-section are considered to be secondary stresses. For non-linearly distributed stresses, the secondary stresses are those of the equivalent linear distribution.

NOTE 3 Secondary stresses can be of membrane type (Q_m) or bending type (Q_b). Yet, in most cases, distinction between both is not necessary, because criterion U.7.3 requires only consideration of their sum

($Q_m + Q_b$). Satisfaction of another criterion which needs separate consideration of the secondary membrane stress (Q_m) is only necessary when instability phenomena are likely to occur (see note 3 to Table U.6).

U.3.6 Peak stress

Peak stress is that part of stress which is additive to the respective primary and secondary stresses, to form the total stress.

Examples of peak stress include:

- a) the thermal stress in a austenitic steel when welded to a carbon steel;
- b) the surface stresses in the wall of a tank or pipe produced by thermal shock;
- c) the stress at a local structural discontinuity.

NOTE 1 Peak stresses do not cause any noticeable distortion and are only important to fatigue and brittle fracture in conjunction with primary and secondary stresses.

NOTE 2 Peak stresses also comprise deviations from nominal stresses at hole edges within tube-hole fields due to pressure and temperature, in which case the nominal stresses are derived from equilibrium of forces considerations.

U.3.7 Specific symbols and abbreviations

The following symbols apply in addition to those in Table 1.

Table U.5 — Symbols, descriptions and units

Symbol	Description	Unit
σ_{ij}	stress components due to an individual load.	N/mm ²
Σ_{ij}	stress components resulting from superposition of all loads acting simultaneously (at a given instant)	N/mm ²
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	principal stresses of the stress state defined by the stress components Σ_{ij}	N/mm ²
σ_{eq}	equivalent stress according to the maximum shear stress theory (Tresca theory) or the maximum distortion energy theory (von Mises theory)	N/mm ²
$\Delta \Sigma_{ij}$	stress components differences between two loading conditions	N/mm ²
$(\Delta \sigma)_1, (\Delta \sigma)_2, (\Delta \sigma)_3$	principal stresses of the stress state defined by the stress components differences $\Delta \Sigma_{ij}$	N/mm ²
$\Delta \sigma_{eq}$	equivalent stress range according to the maximum shear stress theory (Tresca theory) or the maximum distortion energy theory (von Mises theory)	N/mm ²
h	length of the supporting segment	mm
P_m	general primary membrane stress	N/mm ²
PL	local primary membrane stress	N/mm ²
P_b	primary bending stress	N/mm ²

Symbol	Description	Unit
Q	secondary membrane + bending stress.	N/mm ²
Q_m	secondary membrane stress	N/mm ²
Q_b	secondary bending stress	N/mm ²
F	peak stress	N/mm ²
R	mean radius for the region, measured perpendicular to the shell wall	mm

U.4 Requirements relating to the methods for determining stresses

U.4.1 Assumption of linear elasticity

Elementary stresses should be determined in accordance with the assumptions of linear elasticity:

- material behaviour is linear elastic in accordance with Hooke's law;
- material is isotropic; and
- displacements and strains are small (first order theory).

U.4.2 Selection of methods for determining stresses

The choice of the method used for determining stresses is under the responsibility of the manufacturer. This method can be numerical, analytical or possibly experimental.

The following requirements relate only to methods for determining stresses by calculation.

When the tank studied is built of components which can be classified as shells and plates, calculation methods that describe the state of these components using global mechanical parameters (i.e. generalized deformations and stress resultants in a section, corresponding to linear strain and stress distribution across the thickness of the wall) are generally acceptable.

This is certainly so for:

- tanks for which a fatigue analysis is not required;
- tanks or tank parts for which such an analysis is required but does not necessitate evaluation of peak stresses (e.g. all cases where the critical fatigue zones are located in welded joints);
- tank or tank parts for which evaluation of peak stresses for use in a detailed fatigue analysis can be carried out using suitable stress concentration factors, applied to the linearized stresses derived from these methods.

The analysis of thicker parts of tanks, particularly under thermal loads, may require the use of refined models (two or three dimensional continuous medium permitting analysis of actual non-linear stress or strain distributions across the thickness of the wall).

In all cases, accuracy or conservatism of the methods used shall be adequate to ensure a good representation of the calculated stresses with regard to those required for the analysis. In this respect, the use of tested and recognized practices is recommended.

U.5 Classification of stresses

Stresses determined by analysis shall be classified in accordance with the different categories whose definitions are given in U.3. In some cases, interpretation of these definitions can be problematical and, to a large extent, depends on the analyst's judgement.

In order to limit this difficulty, Table U.6 prescribes the classification to be used for a certain number of configurations covering most of the common cases.

Information given in this table refers to stresses calculated in accordance with the requirements of U.4.

For the analysis of particular geometrical arrangements or loadings, for which the classifications proposed in these tables would not be suitable, departure from them is permissible, so long as the alternative classifications are justified by means of direct reference to the definitions given in U.3 s)

Table U.6 - Classification of stresses in some typical cases

Tank Component	Region under consideration	Type of stress	Origin of Stress		
			Mechanical loads		Thermal loads or restrained or imposed displacements
			Pressure and global loads	Other mechanical loads	
Cylindrical shell	Region far from any gross structural discontinuity or from the point of application of an external local load	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of a junction with the roof, the base or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	PL		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Tank Roof	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	P_b		Q_b
	Vicinity of edges or of a stiffener	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	Q_b	Q_b
Tank Base	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	P_b		Q_b
	Vicinity of edges or of a stiffener	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	Q_b	Q_b

Tank Component	Region under consideration	Type of stress	Origin of Stress		
			Mechanical loads		Thermal loads or restrained or imposed displacements
			Pressure and global loads	Other mechanical loads	
Nozzle	Region far from junction	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
	to tank wall	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of the junction to a shell	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
	and the base or roof	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Clips	Region far from junction	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
	to tank wall	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of the junction to a shell	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
	and the base or roof	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Floating Roofs					
Outer Rim	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle) stiffeners etc.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of an edge or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Inner Rim	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle) stiffeners etc.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of an edge or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	P_L		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Lower pontoon plates	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle) stiffeners	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b

Tank Component	Region under consideration	Type of stress	Origin of Stress		
			Mechanical loads		Thermal loads or restrained or imposed displacements
			Pressure and global loads	Other mechanical loads	
etc.					
Vicinity of an edge or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	PL		Q_m	
	$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b	
Upper pontoon plates	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle) stiffeners etc.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of an edge or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	PL		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
Centre Deck	Region far from any gross structural discontinuity; vicinity of an opening (with or without nozzle) stiffeners etc.	$\sigma_{ij,m}$	P_m		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b
	Vicinity of an edge or of the point of application of an external local load; vicinity of an opening (with or without nozzle)	$\sigma_{ij,m}$	PL		Q_m
		$\sigma_{ij,b}$	Q_b	P_b	Q_b

NOTE 1 The piping loads acting on the tank due to thermal expansion of the piping system shall be considered as mechanical loads (to be considered under the heading "other mechanical loads").

NOTE 2 Global loads are the global bending moments, axial forces or shear forces.

NOTE 3 For regions far from gross structural discontinuities, the classification of membrane stresses due to thermal loads or to restrained or imposed displacements in category Q_m leads to plastic deformations occurring in these regions during the early loading cycles, at any point where the equivalent primary + secondary membrane stress is greater than the yield strength of the material.

With regard to the failure modes covered by the rules of this annex, the strength of the tank is not affected by these plastic deformations; however, due to these deformations, the use of stresses calculated on an elastic basis is not correct in assessing the risk of elastic or elastic-plastic instability (buckling).

Consequently, if there are regions of the vessel where this risk of instability shall be considered and if this risk may be increased by the redistribution of stresses associated with the plastic deformations mentioned above, such plastic deformations shall not be permitted.

This condition is met by ensuring that, in the regions far from any gross structural or loading

Tank Component	Region under consideration	Type of stress	Origin of Stress		
			Mechanical loads		Thermal loads or restrained or imposed displacements
			Pressure and global loads	Other mechanical loads	
discontinuity, the equivalent primary + secondary membrane stress $(\sigma_{eq})(P+Q)_m$ (equivalent stress corresponding to $[(\Sigma_{ij})P_m \text{ or } (\Sigma_{ij})PL] + (\Sigma_{ij})Q_m$) satisfies the relationship $(\sigma_{eq})(P+Q)_m \leq 1,5 f$ (U.4) NOTE 4 The classification of bending stresses into category P_b ensures that no plastic deformation can occur in the region under consideration during normal service. If small plastic deformations occurring during the early loading cycles are not detrimental for the tank (e.g. regarding functionality or esthetical requirements) the classification into Q_b category is permitted because these deformations do not affect the strength of the region concerned. NOTE 5 The classification given here for the "peripheral region" applies in the vicinity of each discontinuity; the intermediate region is to be classified as "region far from any gross structural discontinuity" and the rules relating to the spacing of local primary membrane stress regions shall be satisfied. NOTE 6 P_m for a flat wall. PL for a wall which is not flat. NOTE 7 For an opening with nozzle in a flat end or a flat wall, for which the concept of "local primary membrane stress region" has no meaning, the meridional extent of the local primary membrane stress region which may occur at the nozzle base shall, for the nozzle, be measured from the outside surface of the end or of the wall. NOTE 8 P_b when the strength of the nozzle is taken into account for the calculation of stresses acting in the flat end or the flat wall; if not, Q_b . The first solution, conservative for the nozzle, is only interesting in practice if taking into account the strength of the nozzle leads to a significant decrease of the flat end or flat wall thickness.					

U.6 Stress analysis procedure

The procedure to be followed for a stress analysis should be as follows:

Step 1: For each point of the region under study, calculate the elementary stresses resulting from each load acting on the tank wall for each loading condition to be considered.

These calculations should be carried out as described in U.4.1.

The loading conditions to be considered are:

- the loading conditions of all types (normal operation, exceptional operation, proof test) for which the stress level may be determinant through assessment criteria U.7.2 (step 7).
- the normal operating conditions between which the stress variation may be determinant through the assessment criteria (U.???) (step 9).

Step 2: Decompose the stresses σ_{ij} calculated above, using stress linearization if required, into:

- membrane stress: $\sigma_{ij,m}$,
- bending stress: $\sigma_{ij,b}$.

The bending stress to be taken into account for the analysis is the stress on both sides of the wall i.e. at the two ends of the supporting line segment (two equal values with opposite signs).

Step 3: In accordance with the requirements/recommendations of U.5, classify these stresses into the different categories defined in U.3:

- general primary membrane stress (P_m),
- local primary membrane stress (PL),
- primary bending stress (P_b),
- secondary membrane stress (Q_m),
- secondary bending stress (Q_b).

Following this classification the stress $\sigma_{ij,m}$ is designated $(\sigma_{ij})_{P_m}$, $(\sigma_{ij})_{PL}$, or $(\sigma_{ij})_{Q_m}$, and the stress $\sigma_{ij,b}$ is designated $(\sigma_{ij})_{P_b}$ or $(\sigma_{ij})_{Q_b}$.

Step 4: Calculate the sum of the stresses classified in this way for the set of loads acting simultaneously in the loading condition under consideration.

Stresses resulting from this summation are designated:

$(\Sigma_{ij})_{P_m}$, $(\Sigma_{ij})_{PL}$, $(\Sigma_{ij})_{P_b}$, $(\Sigma_{ij})_{Q_m}$, $(\Sigma_{ij})_{Q_b}$

Step 5: From this, deduce:

- a) the primary membrane stress, general or local (depending on the point under consideration):

$(\Sigma_{ij})_{P_m}$ or $(\Sigma_{ij})_{PL}$.

- b) the total primary stress $(\Sigma_{ij})_P$:

$$(\Sigma_{ij})_P = [(\Sigma_{ij})_{P_m}, \text{ or } (\Sigma_{ij})_{PL}] + (\Sigma_{ij})_{P_b} \quad (\text{U.5})$$

- c) the primary + secondary stress $(\Sigma_{ij})_{P+Q}$:

$$(\Sigma_{ij})_{P+Q} = [(\Sigma_{ij})_{P_m}, \text{ or } (\Sigma_{ij})_{PL}] + (\Sigma_{ij})_{P_b} + (\Sigma_{ij})_{Q_m} + (\Sigma_{ij})_{Q_b} \quad (\text{U.6})$$

Step 6: According to U.3 calculate the following equivalent stresses:

$(\sigma_{eq})_{P_m}$, equivalent to stresses $(\Sigma_{ij})_{P_m}$, or, depending on point under consideration, $(\sigma_{eq})_{PL}$, equivalent to stresses $(\Sigma_{ij})_{PL}$, $(\sigma_{eq})_P$, equivalent to stresses $(\Sigma_{ij})_P$

Step 7: Verify the admissibility of these equivalent stresses with respect to criteria in U.7.2.

Step 8: For each set of two normal operating loading conditions which may be determinant, calculate the range of the primary + secondary stress $\Delta(\Sigma_{ij})_{P+Q}$ and then, calculate the corresponding equivalent stress range $(\Delta\sigma_{eq})_{P+Q}$.

The set of loading conditions to be retained is that which results in the greatest value of $(\Delta\sigma_{eq})_{P+Q}$.

Step 9: Verify the admissibility of the equivalent resulting stress range $(\Delta\sigma_{eq})_{P+Q}$ with respect to criteria U.7.3.

The procedure detailed above concerns assessment against static loading. If a fatigue assessment is required, the following step shall be added:

Step 10: Verify the admissibility of the cyclic loads, using the relevant stresses (primary + secondary stresses in welded joints, primary + secondary + peak stresses in un-welded zones), as appropriate.

U.7 Assessment criteria

U.7.1 General

The whole design shall basically meet the stress criteria given in U.7.2 and U.7.3. These criteria are illustrated diagrammatically in Table U.7.

When compressive stresses occur, buckling should be assessed. For external pressure, see applicable rules in 9.3.

NOTE Functional requirements can set limitations on the allowable deformations.

In below Table U.7, the classification of stresses per tank component has been detailed to enable the user to assess which stress combinations apply.

Table U.7 — Illustration of assessment criteria

	Stress Categories				
	Primary Stress			Secondary membrane + bending stress	Peak stress
	General membrane stress	Local membrane stress	Bending stress		
Description (For practical examples, see Table U6)	Primary mean stress calculated across the wall thickness without taking into account discontinuities and stress concentrations. Caused only by mechanical loads.	Primary mean stress calculated across the wall thickness taking into account large discontinuities, but not stress concentrations. Caused only by mechanical loads.	Primary stress component proportional to the distance from the centroid of the solid wall section. Does not include discontinuities and stress concentrations. Caused only by mechanical loads	Self-equilibrating stress necessary to satisfy the continuity of the structure. Occurs at large discontinuities, but does not include stress concentrations. Can be caused by both mechanical loads and thermal effects.	a) Addition to primary or secondary stress because of stress concentration. b) Certain thermal stresses which may cause fatigue, but not distortion.
Symbol	P_m	P_{L1}	P_b	$Q (= Q_m + Q_b)$	F
assessment against static loading					

Nur zum internen Gebrauch

assessment (only if required)	

U.7.2 Limitation of equivalent primary stresses

The equivalent primary membrane stresses shall for all loading conditions satisfy the relationships:

$$(\sigma_{eq})_{Pm} \leq f \quad (U.7)$$

$$(\sigma_{eq})_{PL} \leq 1,5 f \quad (U.8)$$

$$(\sigma_{eq})_P \leq 1,5 f \quad (U.9)$$

The value of f to be retained shall be that consistent with the type of loading condition considered (normal operation, exceptional operation, proof test), and shall be taken at the calculation temperature of that condition.

In addition, the following conditions on the spacing between adjacent regions of local primary membrane stresses shall be satisfied:

- Two adjacent regions of local primary membrane stresses which exceed 1,1 times the nominal design stress f shall be at a distance of at least $2,5 R \cdot ea$ in meridional direction. Here, R is the mid-surface radius of curvature and ea the wall analysis thickness;
- Discrete regions of local primary membrane stresses, (e.g. those resulting from concentrated loads acting on brackets), where the equivalent membrane stress exceeds 1,1 times the nominal design stress f , shall be spaced so that there is no overlapping of these regions.

Annex V
(informative)

Environmental impact

V.1 Environmental impact assessment

V.1.1 Introduction

During the feasibility study phase of a project with respect to the siting and construction of storage tanks, a preliminary Environmental Impact Assessment (EIA) shall be carried out for the proposed location in accordance with local regulations. Consideration should be given to formally recording the base line site environmental characteristics.

When the site has been selected, a detailed EIA shall be carried out.

All emissions from the plant, that is, solid, liquid (including water), and gaseous (including noxious odours) shall be identified and measures taken to ensure they will not be harmful to persons, property, animals or vegetation. This applies not only to normal, but also to accidental emissions.

During or prior to operation an effluent management procedure shall be established. The precautions for handling toxic materials shall be identified and be regularly updated by the operator/occupier.

The environmental impact due to construction and operation shall also be assessed and undesirable levels of activities shall be eliminated or minimized and restricted. The following checklist covers the main items:

- increased population, permanent and temporary;
- increased road, rail and ship traffic;
- increased noise levels, sudden and intermittent noise;
- increased vibration levels, sudden and intermittent;
- increased night working, effect of lights and their intermittent use;
- flaring, intermittent and/or continuous; and
- warming or cooling of water.

V.1.2 Plant emissions

During the design plans shall be developed to eliminate, minimize or render harmless emissions resulting from commissioning tests, operations and maintenance activities, and shall set targets for quantities and concentrations of pollutants in emissions.

V.1.3 Emission control

The following shall be safely controlled:

- combustion products;

- normal or accidental venting of gas;
- normal or accidental flaring of gas;
- disposal of acid gas removal solvent;
- disposal of spent mercury removal reactant (as the de-mercurization process is not regenerative, it is necessary to store and then treat the used absorbent mass or have it removed by a licensed waste disposal contractor);
- oily water condensed during dryer regeneration or from machines;
- in the case of water cooled equipment, hydrocarbon contamination of cooling water from leaking exchanger tubes;
- disposal of waste products (including waste oil and chlorinated organic compounds);
- vaporiser water; and
- odourant chemicals.

V.1.4 Flare/venting philosophy

Plants are to be designed around the principle of no continuous flaring or venting. Provisions should be taken during design and operation to ensure that potential gas waste streams, wherever practically possible, are recovered and not routed to flare or vent during the normal operation of the plant.

V.1.5 Noise control

The design of the plant shall consider the effects of noise on people within the plant exposed to noise and the effect of noise on any community surrounding the plant.

It is recommended that the noise design procedure of the plant should conform to ISO 15664.

V.1.6 External traffic routes

External traffic routes near to the tank storage facilities shall be listed in EIA, stating the volume and nature of present traffic and also any foreseeable development caused by the plant. In particular the following shall be examined:

- overland routes (roads, railways);
- navigable routes (sea or river routes, canals); and
- air routes and the proximity of airports and aerodromes.

V.1.7 Water discharge

The impact of water discharges shall be studied (temperature, currents, winds etc).

V.2 Safety general

V.2.1 Safety philosophy approach

Tank storage facilities and installations shall be designed to provide generally accepted levels of risk for life and property outside and inside the plant boundaries. In order to ensure this high level of safety in these facilities and its surroundings, safety shall be considered throughout all the project development phases:

- engineering,
- construction,
- start-up,
- operation, and
- decommissioning.

In particular, hazard assessments, see V.4, shall be carried out and the required safety measure implemented to ensure acceptable risk levels.

EN 13645 shows an example of a limited risk assessment.

V.2.2 Installation and its surrounding

V.2.2.1 Description of the installation

A functional description of the installation shall be written by plant area and/or by process function, for use in the safety assessment.

V.2.3 Site study

The site study shall include, where appropriate:

- a soil survey;
- a study of terrain to enable the dispersion of liquid and gas clouds to be assessed;
- a study of vegetation to enable, in particular, vegetation fire risks to be identified;
- a study of ground water tables;
- a study to identify sources of stray electrical currents (e.g. those emanating from high voltage power lines, railways);
- a study of the marine aquatic environment and marine access;
- a study of sea water quality and temperature;
- a study of tidal conditions;
- a study of shock waves and flooding (tsunami, failure of dams etc.);
- a survey of the surrounding infrastructure (e.g. industrial sites, built up areas, communications);

- manoeuvring areas, safety distances whilst a barge and or oil, gas or chemical product carrier is in transit within the port and at berth

The soil survey shall include:

- the geotechnical survey that will enable the geo-mechanical characteristics of the subsoil to be defined; and
- the geological and tectonic investigation.

The geological characteristics of the region shall be investigated in sufficient detail to provide a clear understanding of the physical processes that formed the area, as well as the potential for the future seismic activity.

A more specific survey shall be done on the site and its vicinity to detect the presence of karst, gypsum, swelling clays, soluble salt deposits, soil liquefaction, mass movement etc. and their relative impact shall be evaluated.

Such phenomena are not allowed under the tank and/or equipment foundations unless it can be proved that appropriate measures have been undertaken to overcome the potential problems.

V.2.4 Climatology

The climatic study shall include the following points:

- wind strength and direction including frequency and strength of severe storms;
- temperatures;
- atmospheric stability;
- range and rate of change of barometric pressure;
- rainfall, snow, icing;
- corrosive characteristic of the air;
- risks of flooding;
- frequency of lightning strikes; and
- relative humidity.

Local conditions might require other investigations.

V.2.5 Seismology

An earthquake is defined by the horizontal and vertical accelerations of the ground. These accelerations are described by:

- their frequency spectrum; and
- their amplitude.

Where appropriate, a site-specific earthquake analysis shall be performed. This shall include assessments of the risks of earthquake, tsunamis, landslides and volcanic activities. This analysis shall be presented in a Seismic Report where geological and seismic characteristics of the location of the facility and the surrounding region as well as geo-tectonic information shall be

taken into account. As a conclusion this report shall define all seismic parameters required for the design.

The size of the region to be investigated depends on the nature of the area around the site and the geological and tectonic conditions resulting from the soil survey, see V.2.2. Generally it is limited to a distance less than 320 km from the site, but in some instances it can include an entire tectonic province, larger than the above.

A second level of analysis shall be made on the region within the 80 km from the site (regional seismo-tectonic investigation) with the aim of detecting the presence of any active geological faults.

These investigations involve thorough research, review and evaluation of all historically reported earthquakes that have affected, or that could reasonably be expected to have affected the site.

In case of seismic faults in the immediate vicinity of the site, further investigations shall be conducted to estimate their possible activity. Faults for which inactivity cannot be confirmed are not allowed inside the site or within a distance to be determined from the soil morphology.

For details of the seismic investigations and format of response spectrum, reference is made to EN 1998-1, EN 1998-5 and Annex G.

The geological, tectonic and seismological studies help to establish:

- the safe shutdown earthquake (SSE); and
- the operating basis earthquake (OBE).

These shall be established:

- probabilistically, as those that produce ground motions with the mean recurrence as a minimum interval of 5 000 years for the SSE and 475 years for the OBE, and/or,
- deterministically, assuming that earthquakes which are analogous to maximum historically known earthquakes are liable to occur in the future with an epicentre position which is the most severe with regard to its effects in terms of intensity on the site, while remaining compatible with geological and seismic data.

NOTE Both OBE and SSE define specific performance limits for seismic events of increasing severity for systems as defined in EN 1998-5.

V.2.6 Location

During the feasibility study phase of the project, site location assessments shall be carried out to ensure the suitability of the location options with regards to adjacent development. The assessment shall as a minimum consider the following:

- residential development;
- retail and leisure developments;
- sensitive developments (schools, hospitals, retirement homes, sports stadium etc.);
- industrial development; and
- transportation infrastructure.

When the site has been selected, a detailed site location assessment shall be carried out. The location assessment methodology and scope shall have regard for the proposed inventory of hazardous material contained on the plant and the presence and scale of adjacent existing and identified future developments, whilst being in conformance with local and national regulatory requirements.

It is recommended that:

- the assessment is updated on a regular basis and when major modifications or changes take place; and
- the development around the plant is controlled to minimize the subsequent incompatible development.

These minimum acceptance criteria can be adopted in the event that no such criteria exist in the country where the plant is to be built.

V.3 Hazard assessment

V.3.1 General

A hazard assessment shall be carried out during the design of the plant and it is also recommended if a major modification or change takes place.

The following methodology and requirements see annexes that show examples of frequency ranges, classes of consequences and levels of risks. However there is a variation in national and company acceptance criteria and the examples given in the informative Annexes J, K and L of EN 1473 should be considered as minimum requirements. If more stringent local or national requirements exist they shall supersede these minimum requirements.

V.3.2 Assessment

V.3.2.1 Methodology

The methodology of the hazard assessment can be deterministic and/or probabilistic.

The deterministic approach consists of:

- list of potential hazards of external and internal origin;
- establishment of credible hazards;
- determination of the consequences; and
- justification of the necessary safety improvement measures to limit the consequences.

The probabilistic approach consists of:

- list of potential hazards of external and internal origin;
- determination of the consequences of each hazard and their allocation into classes of consequence;
- collection/input of failure rate data;
- determination of the probability or frequency of each hazard;

- summation of frequency for all hazards within any one allotted consequence class and classify the frequency range for that consequence class; and
- classification of hazards in accordance with their consequences class and frequency range, in order to determine the level of risk.

In the event that the risk determination indicates "Unacceptable Risk" levels, the plant design or operating practices shall be altered and the assessment repeated until such time that no such "Unacceptable Risk" levels exist. In the event that the risk determination indicates normal, acceptable, risk levels no further action is considered necessary.

For risk levels determined as requiring further reduction additional safety measures should be considered to limit the risk to as low as reasonably practicable.

The hazard assessment can be based on conventional methods such as:

- hazard and operability study (HAZOP);
- failure mode effect analysis (FMEA);
- event tree method (ETM); and
- fault tree method (FTM).

The hazard assessment procedure should be carried out during all stages of the design process.

Implementation during the early stages of a project or design modification is recommended, this allows unacceptable designs to be improved in the most cost effective manner.

The probabilistic assessment minimum acceptance criteria should be based on risk to personnel inside the plant boundary. Alternative risk assessment methods can be used to assess the suitability of the plant design, typically business and hazardous incident escalation risk assessments. However as a minimum personnel risk should be assessed and verified as acceptable during the plant design and following major modifications.

Risk analysis and its conclusions should not compromise good engineering practices.

V.3.2.2 Identification of hazards of external origin

Studies should be undertaken to identify hazards arising from outside the plant. Such hazards can be caused by:

- sea or river going carriers and barges approaching the berth at excessive speed or angle;
- the possibility of collision with the jetty and/or carriers/barges at berth by heavy displacement vessels passing the berth;
- the impact of projectiles and consequences of collision (ship, truck, plane etc.);
- natural events (lightning, flooding, earthquakes, tidal bores, icebergs, tsunamis etc.);
- ignition by high energy radio waves;
- proximity of airport and/or flight-paths;
- a "domino effect" resulting from fires and/or explosions at adjacent premises;
- flammable, toxic or asphyxiate drifting gas clouds;

- permanent sources of ignition, such as high voltage power lines (corona effect); and
- the proximity of the site to any external uncontrolled sources of ignition.

V.3.2.3 Identification of hazards of internal origin

a) Hazard arising from the storage of petro-chemical and chemical products

Loss of containment of product from the storage tanks and the storage facilities shall be considered for all items of equipment including the loading or unloading of road tankers or sea and river going carriers and barges. To simplify the study, scenarios may be established.

These scenarios shall be defined in terms of:

- the probability or frequency of the hazard;
- the location of the leak;
- the nature of the liquid stored;
- the rate and the duration of the leakage;
- the weather conditions (wind speed and direction, atmospheric stability, ambient temperature, relative humidity); and
- the thermal properties and the topography of the ground (including any impounding area).

b) Hazards which are not specific to petro-chemical and chemical products

The following causes of hazards shall be considered:

- simultaneous loadings on multi-product jetty;
- poor communication between ship and shore;
- traffic within the plant both during construction and operation;
- leakage of other hazardous substances, in particular flammable refrigerant;
- missiles originating from explosion;
- pressurized and steam raising equipment;
- fired heaters and boilers;
- rotating machinery;
- utilities, catalysts and chemicals (fuel oil, lubricating oils, methanol etc.);
- pollutants found in the feed gas of liquefaction plants;
- electrical installations;
- harbour installations associated with the LNG plant;
- security issues (e.g. intrusion, sabotage);

- accidents during construction and maintenance; and
- escalation of accidents.

V.3.2.4 Estimation of probabilities

The estimation of the probability associated with a given hazard, where utilized, shall be based on reliable data bases available in public domain and which are suitable for the petro-chemical and chemical industry or on recognized methods as in V.4.2.1 which will determine the frequency range for this hazard. The human factor shall be taken into account.

V.3.2.5 Estimation of consequences

The consequences of each scenario as defined above depend on the characteristics of the product stored. For the hazardous characteristics of stored products, reference shall be made to their Material Safety Data Sheets.

a) Evaporation of spilled products

The phenomenon of instantaneous vaporisation (flash, including possible aerosol formation) shall be taken into account.

Calculation of evaporation due to heat transfer shall be carried out using appropriate validated models.

The model shall take the following into account:

- nature of the ground (thermal conductivity, specific heat, density etc.);
- temperature of the ground or of the water;
- atmospheric conditions (ambient temperature, humidity, wind velocity); and
- atmospheric stability or temperature gradient.

The model shall enable the following to be determined:

- speed of the liquid spill from the storage facility or tank; and
- rate of evaporation in terms of time and, in particular, the maximum evaporation rate.

b) Over-pressure

The ignition of vapours can create in certain circumstances (e.g. congested areas) an explosion generating an over-pressure wave. The flammability range of mixtures of gas and air is given in EN 1160.

Recognized methods and models, for example the multi energy method and/or deflagration at constant speed method which have been validated for the particular tank facility under consideration can be used to calculate the over-pressure. This over-pressure should be specified where applicable for equipment, buildings and structures.

Where over-pressure on a tank, equipment item, building or structure is specified, it shall always be the incoming wave characteristics. In this case it can be assumed that a deflagrating explosion near the tank gives rise to an over-pressure that is applied, as a worst case assumption, to a half perimeter of the tank. The stresses in the tank caused by over pressure shall be determined by dynamic calculation. For the other structures, the stresses can be determined by static calculation.

The effect of potential over-pressure under elevated tank basis due to the ignition of a flammable mixture under the tank shall be considered.

The effects of wave reflection on the objects shall be the responsibility of the supplier.

c) Radiation

Calculation of the radiation caused by ignition of the liquid and vapour from a pool of spilled liquid from the tank shall be carried out using appropriate validated models.

The model shall take the following into account:

- area of the pool fire or the dimensions of the flame;
- surface emissive power of the pool fire or of the flame (see EN 1160); and
- ambient temperature, wind speed and relative humidity.

The radiation calculation shall be based on the combination of wind speed and atmospheric conditions that can occur simultaneously and result in the highest predictable radiation that is exceeded less than 10 % percent of the time.

If no other information is available the following atmospheric condition shall be considered: a wind of 10 m/s and a relative humidity of 50 %.

The model shall enable the determination of the incident radiation at various distances and elevations.

V.3.3 Safety improvement

Where the hazard assessment demonstrates that threshold values, which have been set for the particular storage facility of tank under consideration, are exceeded or shows that the level of risk requires improvement, measures shall be taken, as for example:

- setting up a safety system which allows early detection of a leak and limitation of the consequences of ignitions;
- increasing the dilution of flammable vapours;
- elimination of potential sources of ignition inside a flammable cloud;
- reducing evaporation rates through minimization of heat transfer;
- reducing heat radiation by water curtains, deluge systems, foam or insulation;
- reducing vapour dispersion distance by warming the cloud by the use of foam or spraying;
- increasing spacing between equipment;
- protection of the installation against blast; and
- alarm systems such as break-glass units, telephones, paging systems, closed circuit television and sirens.

V.4 Safety engineering during design and construction

V.4.1 Introduction

During engineering and construction the safety shall be continuously scrutinized to guarantee the appropriate safety level with regard to the hazard assessment.

The safety management during design and construction shall include design considerations and continuous reviews as outlined respectively in V.5.2 and V.5.3.

V.4.2 Design

V.4.2.1 Common safety design features

a) Equipment and piping design

Design pressures and temperatures of piping and equipment shall be selected to cover all anticipated operation and upset conditions.

The stresses in pipe-work and equipment are affected by contraction/expansion phenomena due to temperature changes, the possibility of thermal shock and the method of insulation. Physical phenomena such as: liquid hammer, cavitation, flashing and two-phase flow shall be taken into consideration.

b) Hazardous area classifications

All installations shall be subjected to a hazardous area analysis. The terms of reference for such an analysis shall be laid down in accordance with EN 1127-1 and EN 60079-10.

The form and the extent of each zone might differ slightly depending on the national or professional code used but shall be in line with the methodology set forward in EN 60079-10. Consideration shall be given to EN 1532 for the jetty, particularly for the hazardous zones generated when barge or sea going carrier is alongside.

The selection of equipment for use in particular locations shall be determined from the hazardous zone classification of these locations in accordance with EN 1127-1 and EN/IEC series (parts 0 to 25).

c) Internal over-pressure protection

Safety devices shall be provided to cover all internal over-pressure risks including those due to fire.

It is recommended that the discharges from conventional safety devices (safety valves, relief valves) are routed to the vent system of the storage tank or to the installed vapour recovery unit (if applicable).

If low and high pressure releases are routed to the same system the risk of excessive back pressure shall be avoided. If excessive back-pressure could occur in low pressure release system due to high pressure release, then separate vent systems may be considered for high and low pressure releases.

d) Emergency depressurizing

It is recommended that a depressurizing system is provided.

The intention of this measure is to:

- reduce the internal pressure;

- reduce the effect of leakage; and
- avoid the risk of failure of liquid and/or gas filled pressure piping from external radiation.

Isolation valves, activated from a control room or other remote location, or automatically shall be provided so that the unit can be isolated into several sub-systems and where it is required to isolate sensitive equipment.

This makes it possible to depressurize only one part of the plant, while limiting the entry of hydrocarbons into a fire containing zone.

e) Safety control system

A safety control system shall be provided to identify, inform and react appropriately to hazardous events. The safety control system shall be independent of the process control system and identify the hazard and, where appropriate, automatically bring the plant to safe conditions.

f) Inherent safety

The inherent safety protection shall be provided to:

- contain product spills within the fence, and minimize the credible scenarios where there could be the risk that vapours spread beyond the plant periphery fence;
- minimize the possibility of a fire in any one area of the plant spreading to another area; and
- minimize damage in the immediate area of a fire by the use of separation distances, minimizing the hydrocarbon inventory feeding a possible fire (by segregating the plant in different fire-zones, by isolation valves).

g) Passive fire and embrittlement protection

The passive fire protection shall be provided to:

- protect equipment and main structural supports from localized fire incident minimizing escalation and endangerment of emergency response personnel; and
- protect the main structural members from overall collapse.

h) Active fire protection

Equipment and or systems shall be provided to control and fight the emergency situations.

i) Additional plant safety measures

Leaks of hydrocarbon liquids and gases that produce flammable vapours denser than air. The plant shall therefore be designed to eliminate or minimize the quantity and probability of accidental and planned emissions of these flows.

This shall be achieved by using a Safety Management System during design, procurement, fabrication, construction and operation of the plant to ensure that the best available rules of technology are implemented.

Particular consideration shall be given to the following:

- wherever possible plant and equipment containing flammable fluid shall be located in the open; however, maintenance and climatic conditions will affect this decision;
- plant layout shall be designed to minimize congestion;

- appropriate piping flexibility to suit all operating conditions;
- the number of flanges in pipe runs shall be minimized by using welded inline valves with due consideration for commissioning, isolation and maintenance. Where flanges are used qualified gaskets as specified in EN 12308, suitable for the joint and service, shall be selected and, wherever possible, flanges should be oriented so that if a leak occurs the jet stream shall not impinge on nearby equipment;
- the location of relief valve tail pipes shall be such as to minimize hazard;
- design pressures shall leave a sufficiently wide margin above operating pressures so as to minimize the frequency of the lifting of relief valves;
- pumps with adequate integrity seals shall be used; and
- isolation valves shall be fitted as close as possible to the nozzle. These isolation valves shall be capable of remote operation by push button in safe location or automatically by ESD.

j) Impounding basins and banded areas

The extent of the impounding basins and spillage collection banded areas from tanks and hydrocarbon pipe-work and equipment shall be evaluated as a part of the hazard assessment (see V.4). In general it has been found that the collection of spill from interconnecting hydrocarbon piping, without branch, flanges or instrument connections, is not justified by hazard assessment.

If required, it shall be designed to accommodate potential leaks that are identified in the hazard assessment.

Possible product spills should be drained into impounding basins, with foam generators or other measures for improved evaporation control.

V.4.2.2 Site specific: Seismic protection

The plant shall be designed to allow easy operational resumption after an OBE level earthquake (if applicable).

The following systems shall withstand actions resulting from higher earthquake (from OBE through to SSE levels):

- systems for which rupture can create a hazard for the plant; and
- protection systems for which operation is required to keep a minimum safety level.

For this purpose, the plant systems and their components shall be classified on the basis of their importance.

Such classification shall be analysed during the hazard assessment:

- **Class A:** systems which are vital for plant safety or protection systems for which operation is required to keep a minimum safety level. They shall remain operational for both OBE and SSE. The ESD system shall be in Class A.
 - **Class B:** systems performing vital functions for the plant operation or systems for which rupture can create a hazard for the plant for which collapse could cause a major impact on the environment or could lead to additional hazard. These systems shall remain operational after OBE and shall keep their integrity in case of SSE.

- **Class C:** other systems. These systems shall remain operational after OBE and shall not fall on or impact other systems classes and components after SSE. The systems include the related equipment, piping, valves, instrumentation, power supply and their supports. Structures shall be designed as for the class of the most stringent system component they are supporting.

The buildings that have a safety function, or which are normally manned, shall be designed to keep their integrity in case of SSE. Heating, ventilating and air conditioning shall be designed in order to fulfil the criteria of the classified systems which are located in the buildings.

V.4.3 Reviews

The reviews shall be organized through a strict application of an all-encompassing QA system.

These reviews shall include as a minimum:

- Preliminary Hazard Analysis;
- layout review;
- HAZOP;
- maintenance and accessibility review;
- SIL review; and
- pre-start-up review.

V.5 Safety during operation

V.5.1 Preparation for plant operation

The preparation for plant operation shall include:

- personnel training;
- development of plant operations, maintenance and inspection procedures; and
- development of safety and security procedures, which integrate with the overall port emergency procedures and International Ship and Port facilities Security (ISPS) code, where relevant.

V.5.2 Safety during plant operation

Safety during the operational phase shall be achieved by the following features and measures:

- operation control, monitoring and safeguarding systems including work permits;
- reduction of uncontrolled sources of ignition; and
- local and remote control of the firefighting system.

Bibliography

Standards publications

- EN 1991-1-1:2002, *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings*
- EN 1995-1-5, *Eurocode 5: Design of timber structures — General — Common rules and rules for buildings*
- EN 1998-1:2004, *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*
- EN 1998-4, *Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines*
- EN 1998-5:2005, *Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance — Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects*
- EN 10163-3:2004, *Delivery requirements for surface condition of hot-rolled steel plates, wide flats and sections - Part 3: Sections*
- EN 12308, *Installations and equipment for LNG - Suitability testing of gaskets designed for flanged joints used on LNG piping*
- EN 13616-1:2016, *Overfill prevention devices for static tanks for liquid fuels - Part 1: Overfill prevention devices with closure device*
- EN 13616-2:2016, *Overfill prevention devices for static tanks for liquid fuels - Part 2: Overfill prevention devices without a closure device*
- EN 14620 (all parts), *Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, metallic tanks for the storage of refrigerated, liquefied, gases with operating temperatures between -5 °C and -196 °C*
- EN 60079-10, *Explosive atmospheres — Classification of areas — Combustible dust atmospheres*
- EN ISO 4063, *Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers (ISO 4063:2009, Corrected version 2010-03-01)*
- EN ISO 6507-1, *Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1: Test method (ISO 6507-1:2005)*
- EN ISO 15617, *Non-destructive testing of welds — Time-of-flight diffraction technique (TOFD). Acceptance levels*
- EN ISO 16903, *Petroleum and natural gas industries - Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection (ISO 16903:2015)*
- EN ISO 17635, *Non-destructive testing of welds - General rules for metallic materials (ISO 17635:2016)*

- [1] API 653 Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction; *American Petroleum Institute, Washington D.C.*
- [2] NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code; *1993 Edition, National Fire Protection Association, Quincy MA, USA.*
- [3] "Strength of rim reinforcement for manholes in welded storage tanks" R. T. Rose. *British Welding Journal*, October 1961.
- [4] Model code of Safe Practice, Part 19, Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations, 3rd edition, November 2012, Energy Institute, London
- [5] ERDA Technical Information Document 7024 "Nuclear Reactors and Earthquakes" US Atomic Energy Commission August 1963
- [6] European Directive No. 94/63/EC of 20 December 1994 "The control of volatile organic compound (VOC) emissions resulting from the storage of petrol and its distribution from terminals to service stations"
- [7] VdTÜV-Merkblatt Tankanlagen 963 Teil 1 (April 2009): Anforderungen an Leckanzeigesysteme für Böden von oberirdischen Flachbodentankbauwerken – Leckanzeigeräte, Verband der TÜV e. V.; Köln: TÜV Media GmbH
- [8] VdTÜV-Merkblatt Tankanlagen 963 Teil 2 (August 2010): Anforderungen an Leckanzeigesysteme für Böden von oberirdischen Flachbodentankbauwerken – Leckageerkennungssysteme, Verband der TÜV e. V.; Köln: TÜV Media GmbH
- [9] DIN 59220, *Flat products of steel – Hot rolled patterned plate – Dimensions, mass, tolerances on dimensions, shape and mass*
- [10] EN 573-3:2013, *Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 3: Chemical composition and form of products*
- [11] EN 1473, *Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations*
- [12] EN 1993-1-2:2005, *Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-2: General rules — Structural fire design*
- [13] EN 1993-4-1, *Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 4-1: Silos*
- [14] EN 10028-7, *Flat products made of steels for pressure purposes - Part 7: Stainless steels*
- [15] EN 10056-1, *Structural steel equal and unequal leg angles - Part 1: Dimensions*
- [16] EN 10279, *Hot rolled steel channels - Tolerances on shape, dimensions and mass*
- [17] EN 13445 (all parts), *Unfired pressure vessels*
- [18] EN ISO 5817, *Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections (ISO 5817)*
- [19] EN ISO 10863, *Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD) (ISO 10863)*