

DIN EN 14015

DIN

ICS 23.020.10

Teilweiser Ersatz für
DIN 4119-1:1979-06 und
DIN 4119-2:1980-02

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

Deutsche Fassung EN 14015:2004

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 version EN 14015:2004

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 EN 14015:2004

**NUR FÜR INTERNEN GEBRAUCH
VERVIELFÄLTIGUNG VERBOTEN!**

Gesamtumfang 240 Seiten

Normenausschuss Tankanlagen (NATank) im DIN
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



DIN EN 14015:2005-02

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 265 „Standortgefertigte Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) erarbeitet.

Als nationales Spiegelgremium im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss (AA) 1.05 des Normenausschusses Tankanlagen (NATank), ein Gemeinschaftsausschuss mit dem Normenausschuss Bauwesen (NABau), an der Erstellung der Norm beteiligt.

Diese Europäische Norm wurde nicht unter einem Mandat der Europäischen Kommission an CEN erstellt.

Tanks, die unter die Druckgeräterichtlinie fallen, werden in dieser Norm nicht behandelt, da sie nur für Tanks mit einem Auslegungsdruck unter 500 mbar gilt.

Bei Anwendung der DIN EN 14015 ist zusätzlich der Eurocode 3 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4.2: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Tankbauwerke“ einzuhalten.

Änderungen

Gegenüber DIN 4119-1:1979-06 und DIN 4119-2:1980-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Norm vollständig überarbeitet. Inhalt auf Festlegungen für Stahl tanks zur Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen eingeschränkt.

Frühere Ausgaben

DIN 4119-1: 1961x-10, 1979-06

DIN 4119-2: 1961x-10, 1980-02

Deutsche Fassung

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

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, construits sur site destinés au stockage des liquides à la température ambiante ou supérieure

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Februar 2004 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	11
1 Anwendungsbereich.....	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	15
3.1 Begriffe.....	15
3.2 Symbole	19
3.3 Abkürzungen	21
4 Zu belegende Angaben und Anforderungen.....	21
4.1 Vom Besteller festzulegende Angaben.....	21
4.2 Zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarende Angaben.....	21
4.3 Vom Tankhersteller zu liefernde Angaben	21
4.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben.....	21
4.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben	21
4.6 Zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben	21
4.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben.....	21
4.8 Vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernde Angaben.....	22
5 Anforderungen	22
5.1 Auslegungsdruck.....	22
5.2 Auslegungswandtemperatur.....	23
5.2.1 Höchste Auslegungswandtemperatur	23
5.2.2 Niedrigste Auslegungswandtemperatur.....	23
5.3 Auslegungsdichte	23
5.4 Streckgrenze.....	23
6 Werkstoffe.....	24
6.1 Unlegierte Stähle	24
6.1.1 Bleche.....	24
6.1.2 Stahlbauprofile	29
6.1.3 Schmiedestücke	29
6.1.4 Rohre	30
6.1.5 Schweißzusätze.....	30
6.1.6 Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit unlegierter Stähle	30
6.1.7 Anbauteile	32
6.1.8 Zulässige Dickenabweichungen.....	32
6.2 Nichtrostende Stähle	33
6.2.1 Allgemeines	33
6.2.2 Bleche.....	35
6.2.3 Stahlbauprofile	35
6.2.4 Schmiedestücke	35
6.2.5 Rohre	35
6.2.6 Schweißzusätze.....	36
7 Lastannahmen	36
7.1 Lasten.....	36
7.2 Lastwerte.....	37
7.2.1 Lasten durch Lagergut	37
7.2.2 Lasten durch Innendruck	37
7.2.3 Lasten aus Temperatureinwirkungen	37
7.2.4 Eigenlasten	37
7.2.5 Lasten aus Dämmungen.....	37
7.2.6 Nutzlasten	37
7.2.7 Einzellasten.....	37
7.2.8 Schneelasten	37

	Seite	
7.2.9	Regenlasten.....	38
7.2.10	Windlasten.....	38
7.2.11	Seismische Lasten.....	38
7.2.12	Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile	38
7.2.13	Lasten durch Setzung	38
7.2.14	Sonderlasten	38
7.3	Lastkombinationen	38
8	Tankböden.....	39
8.1	Allgemeines.....	39
8.2	Werkstoffe	39
8.3	Auslegung	41
8.4	Herstellung	42
9	Auslegung von Tankmänteln.....	44
9.1	Auslegungs- und Prüfspannung	44
9.2	Last durch Lagergut	46
9.3	Wind- und Unterdrucklasten.....	47
9.3.1	Versteifungsringe	47
9.3.2	Auslegung des Hauptversteifungsringes (Windverband)	49
9.3.3	Auslegung von Zusatzversteifungsringen (Windverbänden)	50
9.4	Anordnung der Mantelbleche	52
9.5	Mantelverbindungen.....	52
10	Auslegung von Festdächern	52
10.1	Lasten	52
10.2	Dacharten	52
10.3	Dachbleche mit Tragkonstruktion.....	53
10.4	Dachbleche ohne Tragkonstruktion (Membrandächer)	54
10.5	Druckbeanspruchte Fläche der Mantel-Dach-Verbindung	54
10.6	Anforderungen an das Ent- bzw. Belüftungssystem	56
10.6.1	Allgemeines.....	56
10.6.2	Zweck der Ent- und Belüftung	56
10.6.3	Ent- und Belüftungskapazität	57
10.6.4	Akkumulation bei Über- und Unterdruck.....	57
10.7	Schwimmdecken.....	57
11	Auslegung von Schwimmdächern	57
12	Tankverankerung	57
12.1	Allgemeines.....	57
12.2	Befestigung der Verankerung	58
12.3	Ankerschrauben oder -bänder	58
12.3.1	Zulässige Zugspannung	58
12.3.2	Querschnittsfläche	58
12.4	Widerstand gegen Abheben unter Prüfbedingungen	58
13	Anbauteile.....	58
13.1	Mantelstützen mit Außendurchmessern von 80 mm und darüber	58
13.2	Mantelstützen mit Außendurchmessern unter 80 mm.....	69
13.3	Dachstützen.....	69
13.4	Blockflansche mit Stiftschrauben.....	71
13.5	Stützenlasten.....	71
13.6	Bündige Reinigungsöffnungen und Tanksümpfe	71
13.6.1	Allgemeines.....	71
13.6.2	Bündige Reinigungsöffnungen	72
13.6.3	Tanksümpfe.....	72
13.6.4	Kombinierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf	72
13.7	Angaben zum Schweißen von Stützen	72
13.8	Flanschanschlüsse.....	73

	Seite	
13.9	Wärmebehandlung von Stutzen nach dem Schweißen	73
13.10	Heiz- und Kühlsysteme.....	73
13.11	Treppen und Laufstege	76
13.12	Geländer.....	76
13.13	Leitern	77
13.14	Erdung.....	77
13.15	Permanente Anbauteile	77
13.16	Temporäre Anbauteile	77
14	Dämmung.....	77
15	Fertigung von Tankbauteilen im Werk.....	77
15.1	Allgemeines	77
15.2	Anlieferung und Identifizierung der Materialien	77
15.3	Handhabung und Lagerung der Materialien.....	78
15.4	Materialkennzeichnung	78
15.5	Vorbereitung von Blechen und zulässige Maßabweichungen.....	78
15.6	Vorbereitung von Stutzenbauteilen.....	79
15.7	Umformen von Blechen und zulässige Maßabweichungen	79
15.8	Öffnungen	79
15.8.1	Stutzen	79
15.8.2	Besichtigungsöffnung	80
15.8.3	Stutzen für Rührwerke	80
15.8.4	Reinigungsöffnung	80
15.8.5	Verstärkungsbleche.....	80
15.8.6	Einsetzbleche	80
15.9	Schweißen.....	80
15.10	Oberflächenzustand.....	81
15.11	Kennzeichnung für die Errichtung	81
15.12	Verpackung, Handhabung und Transport zur Baustelle.....	81
16	Errichtung am Standort und zulässige Maßabweichungen.....	82
16.1	Allgemeines	82
16.2	Gründungen.....	82
16.2.1	Allgemeines	82
16.2.2	Zulässige Abweichungen am Rand.....	83
16.2.3	Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche.....	83
16.3	Verankerungen	83
16.4	Handhabung und Lagerung	84
16.5	Maßnahmen bei Transport- und Handhabungsschäden.....	84
16.6	Bodenbleche.....	84
16.7	Mantel-Boden-Verbindung und Mantel	85
16.7.1	Zulässige Abweichungen für die Montage des untersten Mantelschusses an den Tankboden	85
16.7.2	Zulässige Abweichungen von der Mantelgeometrie	85
16.7.3	Zulässige Abweichungen von der Lotrechten	86
16.7.4	Kantenversatz bei Mantelblechen	86
16.7.5	Zulässige Abweichungen der Konturen im Bereich der Schweißverbindung.....	87
16.7.6	Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände)	87
16.8	Festdächer	87
16.8.1	Allgemeines	87
16.8.2	Fachwerkgespärre	87
16.8.3	Dachbleche	88
16.8.4	Dachhaut und Gespärre	88
16.8.5	Dächer mit Reißnaht	88
16.9	Stutzen	88
16.10	Anbauteile an der Tankaußenseite.....	88
16.11	Anbauteile im Tankinnern	88
16.12	Temporäre Anbauteile	89

	Seite	
17	Zulassung von Schweißverfahren und Schweißern	89
17.1	Allgemeines	89
17.2	Schweißverfahrensprüfung	89
17.2.1	Allgemeines	89
17.2.2	Schweißen der Prüfstücke	90
17.2.3	Prüfung der Prüfstücke	90
17.3	Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (WPAR)	90
17.3.1	Ausstellung	90
17.3.2	Geltungsbereich	90
17.4	Prüfung von Schweißern und Benutzern von Schweißeinrichtungen	90
17.5	Arbeitsproben	91
17.5.1	Horizontale Schweißnähte	91
17.5.2	Vertikale Schweißnähte	91
18	Schweißen	91
18.1	Allgemeines	91
18.2	Reihenfolge der Schweißarbeiten	91
18.3	Schweißen von Tankböden	91
18.3.1	Entfernen von Beschichtungen	91
18.3.2	Bodenrandbleche	92
18.3.3	Bodenbleche	92
18.4	Schweißverbindung zwischen Mantel und Boden	92
18.5	Schweißen des Tankmantels	92
18.6	Schweißen des Tankdachs	92
18.7	Temporäre Schweißnähte	92
18.8	Witterungsbedingungen	92
18.9	Vorwärmen	93
18.10	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	93
18.11	Reparaturschweißen	94
19	Prüfung und Inspektion	94
19.1	Allgemeines	94
19.2	Qualifizierung von ZfP-Personal	94
19.3	Prüfverfahren	95
19.4	Art der Inspektionen und Prüfungen	95
19.4.1	Überprüfung der Werkstoffe	95
19.4.2	Prüfungen der Schweißkanten und der Vorbereitungen für die Montage	95
19.4.3	Sichtprüfung	95
19.4.4	Art und Umfang von Schweißnahtprüfungen	96
19.4.5	Zusätzliche Prüfungen an fehlerhaften Schweißnähten	100
19.5	Unterdruckprüfung mit Saugglocke	101
19.6	Eindringprüfung	102
19.7	Magnetpulverprüfung	102
19.8	Nekalprüfung mit Innendruck	102
19.8.1	Verstärkungsbleche	102
19.8.2	Schweißnähte an Festdächern und Dach-Mantel-Verbindungen	102
19.8.3	Mantel-Boden-Verbindungen mit beidseitig geschweißten Kehlnähten	102
19.9	Durchstrahlungsprüfung	103
19.9.1	Allgemeines	103
19.9.2	Lagerung der Filme	103
19.10	Ultraschallprüfung	103
19.11	Zulässigkeitskriterien	103
19.11.1	Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten	103
19.11.2	Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen	107
19.12	Prüfung der Abmessungen	107
19.13	Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen	108
19.13.1	Allgemeines	108
19.13.2	Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung	108
19.13.3	Gasdruckprüfung	108

	Seite
19.13.4 Bedingungen für die Durchführung	108
19.13.5 Prüfung während der Befüllung	109
19.13.6 Füllen	109
19.13.7 Prüfung des Dachs (Überdruck)	110
19.13.8 Prüfung der Tankstabilität bei Unterdruck	110
19.14 Prüfungen bei leerem Tank	110
19.15 Anbauteile	111
19.15.1 Anbauteile an der Tankaußenseite	111
19.15.2 Anbauteile im Tankinnern	111
20 Dokumentation und Fabrikschild	111
20.1 Dokumentation	111
20.2 Fabrikschild	113
Anhang A (normativ) Angaben und Anforderungen, die zu dokumentieren sind	115
A.1 Angaben des Bestellers	115
A.2 Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer	117
A.3 Angaben des Tankherstellers	118
A.4 Angaben des Stahlherstellers	119
A.5 Vereinbarungen zwischen Stahlhersteller und Tankhersteller	119
A.6 Vereinbarung zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant	119
A.7 Vereinbarungen zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant	119
A.8 Angaben des Schwimmdeckenlieferanten	119
Anhang B (informativ) Überlegungen zu Betrieb und Sicherheit von Lagertanks und Lagereinrichtungen	120
B.1 Allgemeines	120
B.2 Tanktyp	120
B.2.1 Lagergut	120
B.2.2 Klimatische und geologische Bedingungen am Standort	120
B.3 Gefahren für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt	120
B.3.1 Auffangvorrichtungen	120
B.3.2 Brandschutz	121
B.4 Anbauteile an Tanks für die Befestigung von Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen ...	121
Anhang C (normativ) Anforderungen an Schwimmdecken	122
C.1 Allgemeines	122
C.2 Ausführungsarten von Schwimmdecken	123
C.3 Konstruktionsanforderungen und Werkstoffe	125
C.3.1 Konstruktive Gestaltung	125
C.3.2 Werkstoffe	128
C.3.3 Ausrüstungsteile der Decke	131
C.3.4 Ausrüstungsteile des Tanks	135
C.4 Einbau	137
C.4.1 Prüfung des Tanks	137
C.4.2 Prüfung und Einbau der Schwimmdecke	137
C.4.3 Prüfungen	138
C.5 Dokumentation	138
Anhang D (normativ) Anforderungen an Schwimmdächer	139
D.1 Allgemeines	139
D.2 Ausführungsarten von Schwimmdächern	139
D.3 Konstruktive Gestaltung	139
D.3.1 Allgemeine Anforderungen	139
D.3.2 Schwimmfähigkeit	140
D.3.3 Tragfähigkeit	141
D.3.4 Stabilität des Daches unter Windlast	142
D.3.5 Mannlöcher in Pontons	142
D.3.6 Schwimmdach-Mannlöcher	142
D.3.7 Zentrier- und Verdrehsicherung	142

	Seite
D.3.8 Schwimmdachentwässerung	142
D.3.9 Notentwässerungseinrichtungen	143
D.3.10 Ablauföffnung	143
D.3.11 Ent- und Belüftungseinrichtungen	143
D.3.12 Dichtungen	143
D.3.13 Dachstützen	144
D.3.14 Füllstandspeileinrichtung	144
D.3.15 Rolleleiter	144
D.3.16 Erdungskabel	145
D.3.17 Schaumsüllblech (Schaumwand)	145
D.4 Vorfertigung im Werk	145
D.5 Kennzeichnung, Verpackung, Verladung und Transport	145
D.5.1 Allgemeines	145
D.5.2 Reparatur nach Schäden im Werk	145
D.6 Montage	145
D.7 Schweißen	146
D.7.1 Allgemeines	146
D.7.2 Dachstützen	146
D.7.3 Schottbleche	146
D.8 Inspektion und Prüfung	146
D.8.1 Schweißnähte	146
D.8.2 Pontons	146
D.8.3 Prüfungen	146
D.8.4 Entwässerungseinrichtungen	147
D.9 Dokumentation	147
Anhang E (normativ) Anforderungen an Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer	148
E.1 Allgemeines	148
E.2 Auslegung	148
E.3 Dichtungsausführungen	148
E.4 Wetterschutz	149
E.5 Anwendung und technische Einzelheiten von Ringspaltabdichtungen	149
E.5.1 Gleitblechdichtungen	149
E.5.2 Federwirksame Primärdichtungen	149
E.5.3 Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen	149
E.5.4 Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen	150
E.5.5 Federwirksame Sekundärdichtungen	150
E.5.6 „Compression-Plate“-Sekundärdichtungen	150
E.5.7 Lippendichtungen (Wiper)	151
E.5.8 Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen	151
E.6 Einbau	151
Anhang F (normativ) Auswahl unlegierter Stähle nach anderen Lieferbedingungen als in 6.1 festgelegt	154
F.1 Alternative nationale Normen	154
F.2 Allgemeines	154
F.3 Chemische Zusammensetzung	154
F.4 Mechanische Eigenschaften	156
F.5 Kerbschlagbiegeversuche	156
F.5.1 Allgemeines	156
F.5.2 Kerbschlagarbeit	157
Anhang G (informativ) Empfehlungen für Vorkehrungen zur Erdbebensicherheit von Lagertanks ...	159
G.1 Allgemeines	159
G.2 Lastannahmen	159
G.2.1 Kippmoment	159
G.2.2 Effektive Masse des Tankinhalts	160
G.2.3 Seitenkraftbeiwerte	161

G.3	Widerstand gegen Kippen.....	163
G.3.1	Tankinhalt.....	163
G.3.2	Bodenblech.....	163
G.4	Druckbelastung des Mantels.....	163
G.4.1	Unverankerte Tanks.....	163
G.4.2	Verankerte Tanks.....	164
G.4.3	Zulässige Druckbelastung des Mantels.....	165
G.4.4	Obere Mantelschüsse.....	166
G.5	Tankverankerung.....	166
G.5.1	Erforderliche Mindestverankerung.....	166
G.5.2	Auslegung der Verankerung.....	166
G.6	Rohrleitungen.....	166
G.7	Schwallhöhe.....	166
Anhang H (informativ) Empfehlungen für andere Tankbodenausführungen (Doppelböden, streifenunterstützte Böden usw.).....		167
H.1	Nicht vollflächig unterstützte Böden.....	167
H.2	Doppelböden.....	168
H.2.1	Allgemeines.....	168
H.2.2	Auslegung.....	168
H.2.3	Leckageüberwachung.....	171
H.3	Tanks auf Trägerkonstruktionen.....	171
H.4	Dichtheitsprüfung.....	171
Anhang I (informativ) Empfehlungen für Tankgründungen.....		172
I.1	Allgemeines.....	172
I.2	Untersuchung des Bodens.....	172
I.2.1	Allgemeines.....	172
I.2.2	Grundwasserspiegel.....	172
I.2.3	Seismische Untersuchungen.....	173
I.2.4	Zu vermeidende Standorte.....	173
I.3	Gründungsauslegung.....	173
I.3.1	Allgemeines.....	173
I.3.2	Lastzustände.....	173
I.3.3	Zulässige Bodenbelastung.....	173
I.3.4	Setzung.....	173
I.3.5	Bodenverbesserung und Pfahlgründung.....	174
I.3.6	Entwässerung.....	174
I.3.7	Widerstand gegen Abheben.....	175
I.3.8	Dampfsperre.....	175
I.4	Ausführungen von Gründungen.....	175
I.4.1	Allgemeines.....	175
I.4.2	Plattenfundament.....	175
I.4.3	Ringfundament.....	176
I.4.4	Gitterfundament.....	176
I.4.5	Pfahlgestütztes Gitterfundament.....	176
Anhang J (informativ) Berechnungsbeispiele für Versteifungsringe (Windverband).....		179
J.1	Allgemeines.....	179
J.2	Widerstandsmomente.....	179
J.3	Beispiele für die Auslegung von zusätzlichen Versteifungsringen (Windverband).....	179
J.4	Beispiel 1.....	181
J.5	Beispiel 2.....	182
Anhang K (normativ) Auslegung von Tanks mit Dächern mit Reißnaht.....		183
K.1	Allgemeines.....	183
K.2	Konstruktion.....	184
K.3	Werkstoffe.....	184
K.4	Auslegungsregeln.....	184

	Seite
Anhang L (normativ) Anforderungen für Ent- und Belüftungssysteme	188
L.1 Allgemeines	188
L.2 Ausführungsart von Lüfterhauben und Ventilen	189
L.2.1 Allgemeines	189
L.2.2 Lüfterhauben für Ent- und Belüftung	189
L.2.3 Über- und Unterdruckausgleichsventile	189
L.2.4 Ent- und Belüftungsleitungen	189
L.2.5 Not-Ent- und Belüftungsventile	189
L.2.6 Flammendurchschlagsichere Ent- und Belüftungssysteme	189
L.3 Berechnung des maximalen Volumenstromes für die normale Entlüftung und Belüftung	190
L.3.1 Allgemeines	190
L.3.2 Pumpenleistungen	190
L.3.3 Thermische Entlüftung und Belüftung	190
L.4 Berechnung der maximalen Volumenströme für Überdrucknotentlüftung	193
L.4.1 Allgemeines	193
L.4.2 Feuer	193
L.4.3 Fehlfunktion des Deckgassystems	194
L.4.4 Andere mögliche Gründe	194
L.5 Unterdrucknotbelüftung	195
L.6 Prüfung von Ent- und Belüftungseinrichtungen	195
L.6.1 Allgemeines	195
L.6.2 Prüfeinrichtung	196
L.6.3 Messmethoden	197
L.7 Dokumentation des Herstellers und Kennzeichnung der Ent- und Belüftungseinrichtungen	198
L.7.1 Dokumentation	198
L.7.2 Kennzeichnung	198
Anhang M (informativ) Tankverankerungen	200
M.1 Allgemeines	200
M.2 Ankerband	200
M.3 Ankerschraube mit Einzelstütze	200
M.4 Ankerschraube mit durchgehendem Stützring	200
Anhang N (informativ) Angaben für das Schweißen von Anbauteilen	204
N.1 Eingeschweißte Anbauteile	204
N.2 Aufgeschweißte Anbauteile	207
N.3 Blockflansche mit Stiftschrauben	208
Anhang O (informativ) Bündige Reinigungsöffnungen und Tanksümpfe	209
O.1 Bündige Reinigungsöffnungen	209
O.1.1 Allgemeines	209
O.1.2 Bündige Reinigungsöffnungen mit Einbaublechverstärkung	209
O.1.3 Bündige Reinigungsöffnung mit Verstärkungsblech	210
O.2 Tanksümpfe	210
O.3 Kombierter Tank- und Reinigungssumpf	210
Anhang P (informativ) Heiz- und/oder Kühlsysteme	217
P.1 Allgemeines	217
P.2 Wärmeübertragungsmittel	217
P.3 Arten von Heiz- und/oder Kühlsystemen	217
P.4 Einbau	218
Anhang Q (informativ) Empfehlungen für die Auslegung und Anbringung der Dämmung	219
Q.1 Allgemeines	219
Q.2 Allgemeine Auslegungsbetrachtungen	220
Q.2.1 Allgemeines	220
Q.2.2 Eigenlast	220
Q.2.3 Windlast	220
Q.2.4 Wärmeausdehnung	221

Q.2.5	Bewegung durch Flüssigkeitsdruck	221
Q.3	Befestigung.....	221
Q.3.1	Allgemeines	221
Q.3.2	Angeschweißte Halterungen.....	222
Q.3.3	Angeklebte Halterungen.....	222
Q.3.4	Außen angebrachte Tragrahmen.....	224
Q.3.5	Sekundäre Halterungen.....	224
Q.3.6	Dachdämmung	224
Q.4	Einzelheiten der Auslegung	225
Q.4.1	Stützen und Mannlöcher	225
Q.4.2	Verbindungen von Treppen	225
Q.4.3	Halterungen im Bereich von Versteifungsringen (Windverband)	225
Q.4.4	Dachüberstand	226
Q.4.5	Versteifungsringe (Windverband)	226
Q.4.6	Außenliegende Versteifungsringe (Windverband) und Dämmung zwischen Tankboden und -mantel	226
Q.5	Korrosionsschutz.....	226
Q.6	Dämmung	226
Q.6.1	Allgemeines	226
Q.6.2	Stützenverbindungen und Mannlöcher	228
Q.6.3	Versteifungsringe (Windverband)	229
Q.7	Verkleidung.....	231
Q.7.1	Allgemeines	231
Q.7.2	Seitenwandverkleidung	231
Q.7.3	Dachverkleidung	231
Q.8	Befestigung der Dämmung	232
Q.8.1	Dämmplatten oder -blöcke mit Metallverkleidung	232
Q.8.2	Einbringen von Schaum hinter die Verkleidung am Standort.....	232
Q.8.3	Sprühschaum	233
Q.8.4	Dachdämmung	233
Q.9	Brandgefahr.....	233
Anhang R (normativ) Oberflächenbeschaffenheit		234
R.1	Mit dem Lagergut in Kontakt stehende Oberflächen.....	234
R.1.1	Allgemeines	234
R.1.2	Tanks aus unlegierten Stählen	234
R.1.3	Tanks aus nichtrostendem Stahl.....	234
R.2	Äußere Oberflächen.....	236
R.2.1	Allgemeines	236
R.2.2	Tanks aus unlegierten Stählen	237
R.2.3	Tanks aus nichtrostendem Stahl.....	237
Literaturhinweise.....		238

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14015:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Standortgefertigte Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2005 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

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, wobei die Theorie der Auslegungsspannungen und zulässigen Spannungen zugrunde gelegt ist.

Neben dieser Norm existiert die Vornorm ENV 1993-4-2 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Tankbauwerke“, deren Regeln auf der Theorie der Bemessung nach Grenzzuständen beruhen und die zunehmend im Bereich der Stahlbau- und Stahlbetonindustrie Anwendung findet.

Erfahrungen in der Auslegung von Lagertanks aus Stahl nach der Grenzzustandstheorie liegen nur in begrenztem Umfang vor, und es gibt nur wenige Informationen, auf die die Werte für Lastfaktoren, Lastkombinationen und Verwendbarkeit zu gründen sind. Mit wachsender Erfahrung auf diesem Gebiet und bei Vorliegen fundierter Werte für Lastfaktoren usw. wird an eine allmähliche Verlagerung hin zur Anwendung der Grenzzustandstheorie für die Auslegung der in dieser Europäischen Norm behandelten Tanks gedacht.

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieses Dokument legt die Anforderungen für die Werkstoffe, Auslegung, Herstellung, Errichtung sowie Prüfung und Inspektion standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und bei 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 prEN 14620).

Dieses Dokument behandelt die gesamte bauliche Ausführung der grundlegenden Tankteile; sie enthält keine Anforderungen für die Betrachtung von Verfahrensauslegung, Betrieb, Sicherheits- und Feuerlösch-einrichtungen, für Prüfungen im Betrieb, Wartung oder Reparatur. Diese Bereiche werden in anderen Regelwerken behandelt (siehe Anhang B).

1.2 Dieses Dokument gilt für geschlossene Tanks mit und ohne innenliegende Schwimmdecke (siehe Anhang C) und offene Tanks mit und ohne Schwimmdach (siehe Anhänge D und E). Sie gilt nicht für Gasbehälter mit Hubdecke („lift-type“).

1.3 Dieses Dokument gilt für Lagertanks mit folgenden Merkmalen:

- a) Auslegungsdruck unter 500 mbar¹⁾ und innerer Auslegungsunterdruck nicht unter 20 mbar (Grenzwerte siehe 5.1);
- b) Auslegungswandtemperatur nicht unter – 40 °C und nicht über +300 °C (siehe 5.2.2);
- c) maximale Füllhöhe nicht höher als die Oberkante des zylindrischen Teils des Mantels.

1.4 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;
- an der ersten Rohrverbindung bei Rohren ohne Flansch.

1.5 Dieses Dokument gilt für Stahltanks mit einer Auslegungsspannung $\leq 260 \text{ N/mm}^2$.

1.6 Zusätzlich zu den festgelegten Anforderungen sind nach diesem Dokument auch die im Anhang A im Einzelnen aufgeführten Anforderungen zu belegen. Zur Einhaltung dieses Dokuments sind sowohl die festgelegten Anforderungen als auch die Anforderungen nach Abschnitt 4 zu erfüllen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. 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 287-1:2004, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 288-2, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen*

EN 444, *Zerstörungsfreie Prüfungen; Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen*

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

- EN 462-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg) — Ermittlung der Bildgütezahl*
- EN 462-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Bildgüteprüfkörper (Stufe/Loch Typ) — Ermittlung der Bildgütezahl*
- EN 473, *Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*
- EN 485 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten*
- EN 499, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstähle — Einteilung*
- EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*
- EN 754 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gezogene Stangen und Rohre*
- EN 755 (alle Teile), *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile*
- EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung*
- EN 1092-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*
- EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*
- EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*
- EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*
- EN 1593, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Blasenprüfverfahren*
- EN 1600, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung*
- EN 1714, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen*
- EN 1759-1:2000, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche, NPS ½ bis 24*
- EN 1991-1-3:2003, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*
- EN 10025:1993, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10028-2:1993, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*
- EN 10028-3:1993, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht*

EN 14015:2004 (D)

EN 10029:1991, *Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm an — Grenzabmaße, Formtoleranzen, zulässige Gewichtsabweichungen*

EN 10045-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*

EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*

EN 10088-2:1995, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band für allgemeine Verwendung*

EN 10088-3:1995, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht und Profile für allgemeine Verwendung*

EN 10113-2:1993, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen — Teil 2: Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte Stähle*

EN 10113-3:1993, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen — Teil 3: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10210-1:1994, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1 : Technische Lieferbedingungen*

EN 10216-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

EN 10216-2, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10216-3, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen*

EN 10216-5, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Nichtrostende Stähle*

EN 10217-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Unlegierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

EN 10217-2, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10217-3, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornstählen*

EN 10217-5, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

prEN 10217-7, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen, Technische Lieferbedingungen — Teil 7: Nichtrostende Stähle*

EN 10222 (alle Teile), *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter*

EN 10250 (alle Teile), *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung*

EN 12874, *Flammendurchschlagsicherungen — Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen*

ENV 1991-2-1, Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2-1: Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigenlasten, Nutzlasten

ENV 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau

ENV 1993-4-2, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Tankbauwerke

EN ISO 4063, Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern (ISO 4063:1998)

EN ISO 6520-1, Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an Metallen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:1998)

EN ISO 14122-1, Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs zwischen zwei Ebenen (ISO 14122-1:2001)

EN ISO 14122-2, Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege (ISO 14122-2:2001)

EN ISO 14122-3, Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer (ISO 14122-3:2001)

EN ISO 14122-4, Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 4: Ortsfeste Steigleitern (ISO 14122-4:2004)

EN ISO 15607:2003, Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen (ISO 15607:2003)

EN ISO 15614-1:2004, Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)

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 Prüfflüssigkeit 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 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 Überprüfung des Tanks im Auftrag des Bestellers durchführt

3.1.15

Schweißzusatzhersteller²⁾

ein bestimmter Hersteller von Schweißzusätzen

3.1.16

Lieferant

Unternehmen, das vormontierte Bauwerksteile fertigt und liefert

3.1.17

Oxygenierungsstoffe

sauerstoffangereicherte Verbindungen, die Kraftstoffen zur Leistungssteigerung zugesetzt werden können

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

ANMERKUNG Die am häufigsten verwendeten Additive sind Methanol, Ethanol, Methyl-Tertiärbutyl-Ester (MTBE) und Tertiärbutylalkohol (TBA).

3.1.18

statische Elektrizität

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

3.1.19

Auslegungserdbeben (OBE)

Erdbeben, dem der Tank ohne Schaden standhält

3.1.20

Sicherheitserdbeben (SSE)

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

3.1.21

Schwimmdach

metallische Konstruktion, die in einem offenen Tank auf dem Flüssigkeitsspiegel schwimmt

3.1.22

Schwimmdecke

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

3.1.23

aufliegende Schwimmdecke

Schwimmdecke, die unmittelbar auf der Flüssigkeit ohne Raum zwischen Schwimmdeckenunterseite und Flüssigkeitsspiegel schwimmt

3.1.24

nicht aufliegende Schwimmdecke

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

3.1.25

Deckenrandkonstruktion

tragende Konstruktion, an der die Randabdichtung befestigt wird

3.1.26

Randabdichtung

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

3.1.27

Deckenrandprofil

leichtes Bauteil am Rand einer Schwimmdecke, das aus dem Lagergut herausragt und teilweise im Lagergut eingetaucht ist und den Zweck hat, das Entweichen von Dämpfen aus Tanks mit nicht aufliegender Schwimmdecke zu verhindern

3.1.28

Schwimmsaugeinrichtung

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

ANMERKUNG Schwimmsaugeinrichtungen werden z. B. bei Lagertanks für Flugtreibstoffe verwendet.

3.1.29

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

3.1.30

Schwimmfähigkeit

Fähigkeit eines Bauteils, auf einer Flüssigkeit zu schwimmen

3.1.31

Eintrittsdiffusor

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

3.1.32

maximale Füllhöhe in Tanks mit Schwimmdecke

Stand des Lagerguts in einem Lagertank nach Einbau einer Schwimmdecke und vor Inbetriebnahme

3.1.33

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

3.1.34

Entlüftung durch Verdampfung

Entlüftung aufgrund der aus dem flüssigen Lagergut ausgasenden Dämpfe

3.1.35

normale Entlüftung bei Überdruck

Entlüftung unter üblichen Betriebsbedingungen (beim Pumpen des Lagerguts in den Tank und bei temperaturbedingter Entlüftung)

3.1.36

normale Belüftung bei Unterdruck

Belüftung unter üblichen Betriebsbedingungen (beim Pumpen von Lagergut aus dem Tank und bei temperaturbedingter Belüftung)

3.1.37

Not-Ent- und/oder -Belüftung

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

3.1.38

wärmebedingte Entlüftung

Überdruckentlüftung durch atmosphärische Erwärmung des Tanks

3.1.39

wärmebedingte Belüftung

Unterdruckbelüftung durch atmosphärische Abkühlung des Tanks

3.1.40

Lüfterhauben

offene Ent- und Belüftungsöffnungen

3.1.41

Überdruck-/Unterdruckventile

Druckausgleichventile für Überdruck bzw. inneren Unterdruck

3.1.42**Ent- bzw. Belüftungssystem mit Flammendurchschlagsicherung**

Lüfterhauben oder Überdruck- bzw. Unterdruckventile in Kombination mit einer Flammendurchschlagsicherung oder mit integrierter Flammensperre

3.1.43**Not-Ent- und/oder Belüftungsventile**

Über- oder Unterdruckventile für Überdruck- bzw. Unterdruckausgleich im Störfall

3.1.44**Ventile mit Rohrleitungsanschluss**

Überdruck- oder Unterdruckventile, an die ein Ent- oder Belüftungsrohr angeschlossen werden kann

3.1.45**Ent-/Belüftungsrohre**

Rohre für Ventile mit Rohrleitungsanschluss

3.2 Symbole

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

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	Nennstärke des Blechs	mm
e_a	Nennstärke des Bodenrandblechs	mm
e_b	Dicke des Bodenblechs	mm
e_{br}	Dicke der Bodenverstärkung (bündige Reinigungsöffnung)	mm
e_c	Berechnete Mindeststärke des Blechs einschließlich Korrosionszuschlag	mm
e_f	Dicke des Flansches	mm
e_i	Dicke des eingesetzten Verstärkungsblechs	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

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
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	Stützenhöhe	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
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 Abkürzungen in Tabelle 2.

Tabelle 2 — Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
HAZ	Wärmeeinflusszone (WEZ)
LODMAT	Niedrigste über einen Tag gemittelte Umgebungstemperatur
NDE	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)
NDT	Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)
PCD	Teilkreisdurchmesser
PWHT	Wärmebehandlung nach dem Schweißen

4 Zu belegende Angaben und Anforderungen

4.1 Vom Besteller festzulegende Angaben

Die vom Besteller festzulegenden Angaben nach A.1 müssen vollständig belegt werden.

4.2 Zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarenden Angaben nach A.2 müssen vollständig belegt werden.

4.3 Vom Tankhersteller zu liefernde Angaben

Die vom Tankhersteller nach A.3 zu liefernden Angaben müssen vollständig belegt werden.

4.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben

Die vom Stahlhersteller zu liefernden Angaben nach A.4 müssen vollständig belegt werden.

4.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarenden Angaben nach A.5 müssen vollständig belegt werden.

4.6 Zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben nach A.6 müssen vollständig belegt werden.

4.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben

Die zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarenden Angaben nach A.7 müssen vollständig belegt werden.

4.8 Vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernde Angaben

Die vom Schwimmdeckenlieferant zu liefernden Angaben nach A.8 müssen vollständig belegt werden.

5 Anforderungen

5.1 Auslegungsdruck

Auslegungsüberdruck und Auslegungsunterdruck müssen innerhalb der Grenzwerte in Tabelle 3 für den vom Besteller festgelegten Tanktyp liegen (siehe 10.6.4.1, 10.6.4.2 und A.1).

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

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

Tabelle 3 — Grenzwerte des Auslegungsdrucks für Tanks

Tanktyp	Auslegungsüberdruck	Auslegungsunterdruck
	p mbar (g)	p_v mbar (g)
Offene Tanks oder Schwimmdachtanks ^a	0	5
Geschlossene Tanks		
i) Drucklose Tanks ^b	≤ 10	≤ 5
ii) Tanks mit niedrigem Druck ^{b c}	≤ 25	≤ 8,5
iii) Tanks mit hohem Druck ^{b c}	≤ 60	≤ 8,5
iv) Tanks mit sehr hohem Druck ^{b c d e}	≤ 500	≤ 20

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 Werte für den Auslegungsunterdruck werden nur für die Berechnung der Mantelstabilität benötigt (siehe 9.3.)

^b 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 die Auswahl des Dachtyps und seiner Auslegung verwendet.

^c Die Anforderungen in 9.3 an die Mantelstabilität gelten nicht bei inneren Auslegungsunterdrücken > 5,0 mbar. Auslegungsverfahren und Herstellungstoleranzen für Auslegungsunterdrücke > 5,0 mbar müssen vereinbart werden (siehe A.2).

^d Tatsächlicher Auslegungsüberdruck und tatsächlicher innerer Auslegungsunterdruck sind vom Besteller innerhalb der genannten Bereiche festzulegen (siehe A.1).

^e Der größtmögliche Durchmesser von Tanks, die für sehr hohe Drücke ausgelegt sind, wird durch praktische Überlegungen begrenzt. Der Grenzdurchmesser hängt von dem tatsächlichen Auslegungsüberdruck und dem tatsächlichen inneren Auslegungsunterdruck ab, die für die Berechnungen nach Fußnote b ausgewählt werden.

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, ist als Auslegungswandtemperatur -40 °C zu verwenden.

Tabelle 4 — Tiefste Auslegungswandtemperatur auf Grundlage der LODMAT

Tiefste über einen Zeitraum von einem Tag aufgezeichnete Mitteltemperatur (LODMAT) T_1 °C	Niedrigste Auslegungswandtemperatur	
	10-Jahres-Werte °C	30-Jahres-Werte °C
≥ -10	$T_1 + 5$	$T_1 + 10$
≥ -25 ; < -10	T_1	$T_1 + 5$
< -25	$T_1 - 5$	T_1

Bei Auslegungswandtemperaturen ≥ 0 °C darf bei der Ermittlung der tiefsten Auslegungswandtemperatur für einen Tank der positive Effekt 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.

ANMERKUNG 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 Mindestwerten entsprechen:

- bei unlegierten Stählen der Streckgrenze bei Raumtemperatur oder der 0,2%-Dehngrenze;
- bei unlegierten Stählen der 0,2%-Dehngrenze bei erhöhter Temperatur (> 100 °C);
- bei nichtrostenden Stählen der 1,0%-Dehngrenze bei Raumtemperatur;
- bei nichtrostenden Stählen der 1,0%-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 nichts anderes vereinbart ist (siehe A.2). Falls eine andere Stahlsorte verwendet wird als diejenigen, die in den Tabellen 5 bis 7 aufgeführt sind, muss diese die Anforderungen des Anhangs F erfüllen.

Tabelle 5 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit Mindestwerten der Streckgrenze ≤ 275 N/mm²

Norm	Kurzname der Stahlsorte	Option	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025:1993	S235JRG2	1, 12	Typ I	12
	S235J0	1, 5, 12	Typ II	30
	S235J2G3	1, 5, 12	Typ III	40
	S235J2G4	1, 5, 12	Typ III	40
	S275JR	1, 12	Typ I	12
	S275J0	1, 5, 12	Typ II	30
	S275J2G3	1, 5, 12	Typ III	40
	S275J2G4	1, 5, 12	Typ III	40
Option 1:	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 5:	Für Bleche dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent gleich oder kleiner sein als 0,42 %.			
Option 12:	Die Prüfbescheinigung muss dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1B in EN 10204:2004 entsprechen, ausgenommen Nenndickenbleche (z. B. Dach-, Boden-, Nenndickenmantelbleche), für die ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 auszustellen ist.			
Norm	Kurzname der Stahlsorte	Option	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10113-2 1993	S275N	1, 2, 19a	Typ IV	40
	S275NL	1, 2, 19a	Typ IV	40
EN 10113-3 1993	S275M	1, 2, 19a	Typ IV	40
	S275ML	1, 2, 19a	Typ IV	40
Option 1:	Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.			
Option 2:	Für Bleche dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent gleich oder kleiner sein als 0,42 %.			
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 angegeben wird, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.				

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

Norm	Kurzname der Stahlsorte	Option	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10025	S355JR	1, 6, 12	Typ V	10
1993	S355J0	1, 6, 12	Typ VI	15
	S355J2G3	1, 5, 6, 12, 20	Typ VII	40
	S355J2G4	1, 5, 6, 12, 20	Typ VII	40
	S355K2G3	1, 5, 6, 12, 20	Typ VIII	40
	S355K2G4	1, 5, 6, 12, 20	Typ VIII	40

Option 1: Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.

Option 5: Für Bleche dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent gleich oder kleiner sein als 0,42 %.

Option 6: Die Gehalte an Cr, Cu, Mo, Nb, Ni, Ti und V sind anzugeben.

Option 12: Die Prüfbescheinigung muss dem Abnahmeprüfzeugnis 3.1B in EN 10204:2004 entsprechen, ausgenommen Nenndickenbleche (z. B. Dach-, Boden-, Nenndickenmantelbleche), für die ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 auszustellen ist.

Option 20: Für jedes Blech dicker als 20 mm ist der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich.

Norm	Kurzname der Stahlsorte	Option	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10113-2	S355N	1, 2, 19a	Typ VIII	40
1993	S355NL	1, 2, 19a	Typ IX	40
EN 10113-3	S355M	1, 2, 19a	Typ VIII	40
1993	S355ML	1, 2, 19a	Typ IX	40

Option 1: Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.

Option 2: Für Bleche dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent gleich oder kleiner sein als 0,42 %.

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 angegeben wird, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.

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

Norm	Kurzname der Stahlsorte	Option	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10113-2	S420N	1, 2, 19a	Typ X	40
1993	S420NL	1, 2, 19a	Typ XI	40
EN 10113-3	S420M	1, 19a	Typ X	40
1993	S420ML	1, 2, 19a	Typ XI	40
Option 1: Das Stahlherstellungsverfahren ist anzugeben.				
Option 2: Für Bleche dicker als 20 mm muss das Kohlenstoffäquivalent gleich oder kleiner sein als 0,42 %.				
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 angegeben wird, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.				

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

Norm	Kurzname der Stahlsorte	Typ der Stahlsorte in Bild 1	Größte Dicke ^a mm
EN 10028-2	P235GH	Typ II A	30
1993	P265GH	Typ II A	30
	P295GH	Typ VI A	40
	P355GH	Typ VI A	40
EN 10028-3	P275NH	Typ IV	40
1993	P275NL2	Typ IV	40
	P355NH	Typ VIII	40
	P355NL2	Typ IX	40
ANMERKUNG Für Bleche dicker als 20 mm muss der Wert des Kohlenstoffäquivalents gleich oder kleiner sein als 0,42 %.			
^a Der Wert der größten Dicke muss der jeweils kleinere Wert sein von dem, der in dieser Tabelle angegeben wird, und dem, der aus Bild 1 abgeleitet wird.			

Tabelle 9 — Kerbschlagzähigkeit von Typen der Stahlsorten

Typ der Stahlsorte	Kerbschlagzähigkeit
I	27 J bei + 20 °C
II	27 J bei 0 °C
II A	27 J bei - 10 °C
III	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 angegeben zu verwenden, jedoch wurden die Sorten 275 ML etc. aufgenommen, da sie die Anforderungen des Typs IV erfüllen.

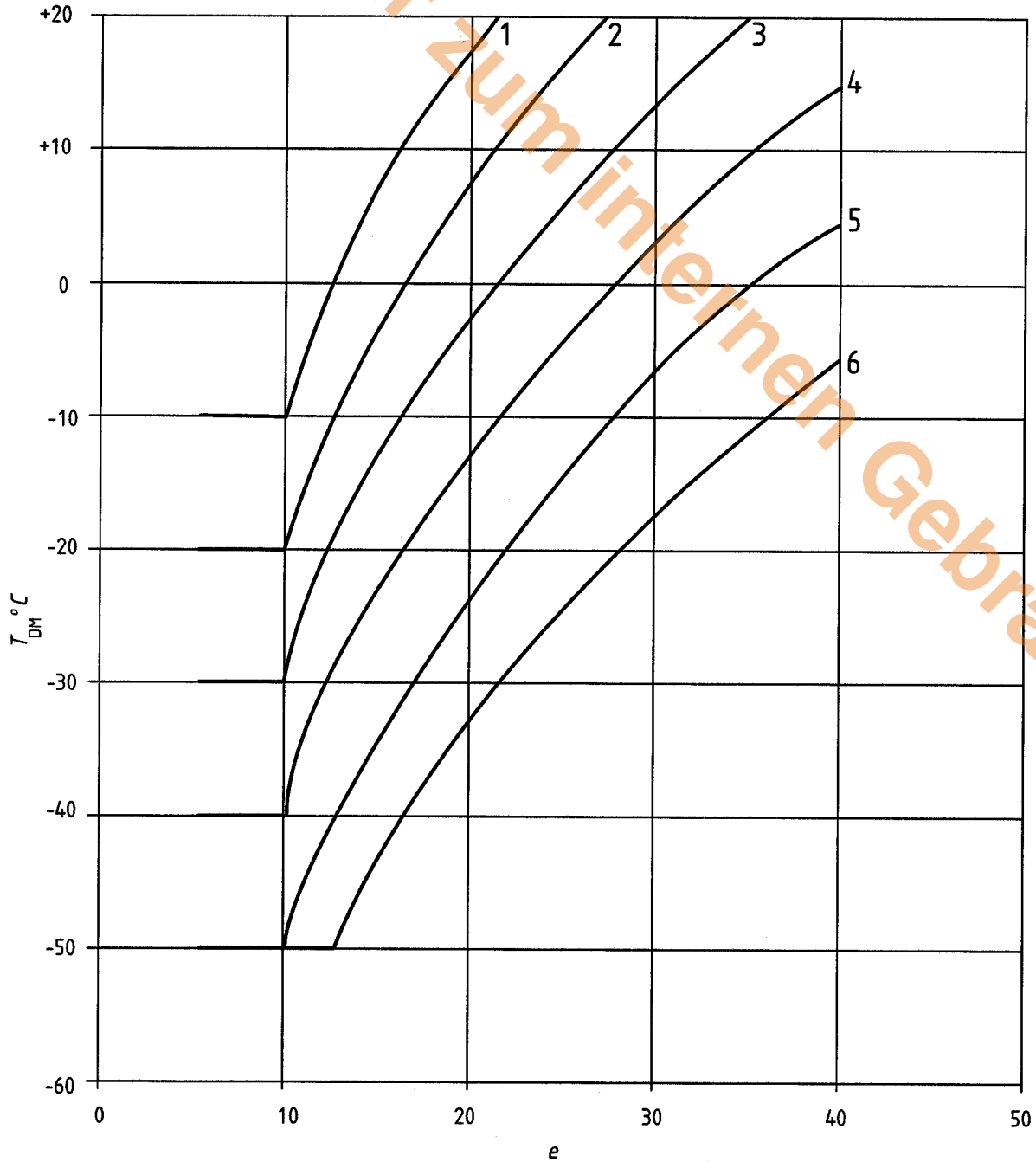
^a Extrapolation von 27 J bei +20 °C
^b Extrapolation von 27 J bei 0 °C
^c Extrapolation von 27 J bei -20 °C

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.

Bei anderen Stahlsorten, für die in den Werkstoffnormen keine Werte der Streckgrenze bei erhöhter Temperatur festgelegt sind, muss der tatsächliche Wert jeder Schmelze des gelieferten Werkstoffs vom Stahlhersteller in Übereinstimmung mit EN 10025 bescheinigt werden (siehe A.4).

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 (siehe A.5) muss vereinbart werden.



Legende

T_{DM}	Auslegungswandtemperatur	e	Nennstärke
1	Stahlsorten Typ I, V und X (Kerbschlagbiegeversuch bei +20 °C)	4	Stahlsorten Typ II A und VII (Kerbschlagbiegeversuch bei -10 °C)
2	Stahlsorten Typ VI (Kerbschlagbiegeversuch bei +10 °C)	5	Stahlsorten Typ III und VIII (Kerbschlagbiegeversuch bei -20 °C)
3	Stahlsorten Typ II, VI A und XI (Kerbschlagbiegeversuch bei 0 °C)	6	Stahlsorten Typ IV und IX (Kerbschlagbiegeversuch bei -30 °C)

Bild 1 — Niedrigste Einsatztemperaturen der Stahlsorten

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	Kurzname der Stahlsorte	Typ der Stahlsorte
EN 10210-1 1994	S235JRH	Typ I
	S275J0H	Typ II
	S275J2H	Typ III
	S275NH	Typ IV
	S275NLH	Typ IV
	S355J0H	Typ VI
	S355J2H	Typ VII
	S355NH	Typ VIII
	S355NLH	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, Versteifungen 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;
- 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.

ANMERKUNG 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 prEN 10216 oder prEN 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 prEN 10216 oder prEN 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 Ausgangswerkstoffs und die Werte der mechanischen Eigenschaften des fertigen Rohres enthalten.

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, falls notwendig, mit EN 13480 übereinstimmen..

6.1.5 Schweißzusätze

Die Schweißzusätze müssen EN 499 entsprechen und müssen 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 verbundenen Werkstoffen und mit dem Lagergut verträglich sein.

6.1.6 Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit unlegierter Stähle

6.1.6.1 Allgemeines

Soweit im jeweils zutreffenden Abschnitt dieses Dokuments verlangt, müssen Kerbschlagbiegeversuche nach EN 10045-1 durchgeführt werden. Der Wert der Kerbschlagarbeit muss die Anforderungen der zutreffenden Werkstoffspezifikation oder des Schweißguts nach 6.1.6.3 erfüllen.

Die geforderten Werte der Charpy-V-Kerbschlagarbeit von Blechen, Schmiedestücken, Rohren und Schweißgut werden aus Versuchen an drei Proben bestimmt, wobei der Mittelwert der drei Versuchsergebnisse genommen werden muss. Der Einzelwert von nur einer Probe darf nicht kleiner sein als 70 % des festgelegten Mittelwertes. Wenn das Erzeugnis weniger als 10 mm dick ist, müssen Proben mit dem Querschnitt 10 mm × 5 mm geprüft werden, und diese Proben müssen einen Wert der Kerbschlagarbeit zeigen, der 50 % des für die 10 mm breiten Proben 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 technischen Lieferbedingungen der Werkstoffe, die in 6.1.1 festgelegt sind, entsprechen. Für Mantelbleche und Bodenrandbleche, die nach einer anderen Spezifikation bestellt werden, müssen die Prüftemperaturen und die Werte der Kerbschlagarbeit den Anforderungen des Anhangs F entsprechen.

Für andere Bodenbleche als Bodenrandbleche muss kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert werden.

Für Bodenrandbleche muss kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert werden, wenn für die angeschlossenen Mantelbleche kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird.

Ein Nachweis der Kerbschlagarbeit muss nicht gefordert werden für Mantelbleche und mit den Mantelblechen verbundene Bauteile mit einer Dicke von weniger als 6 mm oder wenn die niedrigste Auslegungswandtemperatur und die Erzeugnisdicke innerhalb der in der Tabelle 11 genannten Grenzen liegen.

ANMERKUNG Für Dachbleche ist ein Nachweis der Kerbschlagarbeit üblicherweise nicht erforderlich. Für Dachbleche von Tanks mit sehr hohem Druck kann jedoch ein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert werden, wenn die Blechdicke 6 mm überschreitet (siehe Bild 1).

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

Niedrigste Auslegungswandtemperatur °C	Erzeugnisdicke mm
≥ + 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 ist nicht erforderlich, wenn die Bleche nach 6.1.6.2 vom Nachweis der Kerbschlagarbeit ausgenommen sind. Wenn ein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird, müssen die Schweißgutproben aus den Prüfstücken der Schweißverfahrensprüfung nach Abschnitt 17 entnommen werden und die jeweils zutreffenden Anforderungen in 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 Temperatur wie diejenige, die für das Mantelblech gefordert ist, erbracht werden. 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. Der Wert der Kerbschlagarbeit darf nicht niedriger sein als 27 J.

6.1.7 Anbauteile

6.1.7.1 Falls nichts anderes vereinbart wurde (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 Forderungen 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.

6.1.7.3 Der festgelegte Mindestwert der Streckgrenze von Verstärkungsblechen und Einschweißblechen muss ≥ 90 % des festgelegten Mindestwertes der Streckgrenze der Mantelbleche, mit denen sie verschweißt sind, betragen. Stutzenrohre müssen ebenfalls diese Anforderung erfüllen, wenn sie bei der Berechnung des Verstärkungsbereiches berücksichtigt werden.

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 10029:1991, 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 10029:1991, 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.

**Legende**

- e Nennstärke (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 Mindestanforderungen in EN 10088-1 und -2 entsprechen.

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 der 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 -3:1995, 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 der 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 der -3:1995, Tabellen 10 und 15 festgelegten Werten durch Interpolation ermittelt werden.

Tabelle 12 — Nichtrostende Stähle zur Herstellung von Tanks

Stahlsorte	
Kurzname	Werkstoffnummer
Austenitisch	
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
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
Austenitisch-ferritisch	
X2CrNiN23-4	1.4362
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462
X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507
X2CrNiMoN25-7-4	1.4410
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501
Nach EN 10088-1:1995 ausgewählte nichtrostende Stähle	

6.2.1.4 Oberflächenausführung

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 3:1995, 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 10088-2:1995, Tabelle 20 zu kennzeichnen.

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

6.2.3 Stahlbauprofile

Falls nichts anderes vereinbart ist, 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 zugrunde gelegt wurden, gleichwertig sein.

6.2.4.3 Flansche für Mantelstützen müssen durch Schlagstempelung oder dauerhaften Farbanstrich gekennzeichnet sein. Die Kennzeichnung muss folgende Angaben enthalten:

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

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

ANMERKUNG Flansche für Dachstützen, Mannlöcher oder Reinigungsöffnungen dürfen 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 prEN 10217-7 sein.

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

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

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

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

6.2.5.5 Rohre zur Herstellung von Heizschlangen müssen EN 10216-5 oder prEN 10217-7 entsprechen und, falls erforderlich, nach EN 13480 ausgelegt und hergestellt sein.

6.2.6 Schweißzusätze

Schweißzusätze müssen EN 1600 entsprechen, müssen mit den vorgesehenen Prüfbescheinigungen geliefert werden und müssen 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 Eigenschaften mit den miteinander verbundenen Werkstoffen und dem Lagergut verträglich sein.

7 Lastannahmen

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;
- n) Sonderlasten.

7.2 Lastwerte

7.2.1 Lasten durch Lagergut

Die Belastung durch das Lagergut muss der maximalen Auslegungsfüllhöhe während des Betriebs entsprechen.

Die Belastung durch das Prüfmedium muss der maximalen Auslegungsfüllhöhe während der Prüfung entsprechen.

7.2.2 Lasten durch Innendruck

Die Belastung durch den Innendruck muss dem festgelegten Auslegungsüberdruck bzw. dem Auslegungsunterdruck während des Betriebs entsprechen.

Die Belastung durch den Innendruck muss dem festgelegten Prüfüberdruck bzw. dem Prüfunterdruck während der Prüfung entsprechen.

7.2.3 Lasten aus Temperatureinwirkungen

Muss das Lagergut bei erhöhter Temperatur gelagert werden, sind die daraus resultierenden thermischen Lasten zu berechnen.

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 -anbauteile bedingt sind.

7.2.5 Lasten aus Dämmungen

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

7.2.6 Nutzlasten

Die verteilten Nutzlasten sind aus ENV 1991-2-1 zu entnehmen und zu vereinbaren (siehe A.2).

7.2.7 Einzellasten

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 Lasten auf Schwimmdächer müssen mit D.3.2 übereinstimmen.

7.2.10 Windlasten

Für die 3-Sekunden-Windböengeschwindigkeit ist in der Auslegung ein Wert nicht unter 45 m/s zu verwenden. Ist mit Windböen mit Geschwindigkeiten über 45 m/s zu rechnen, muss aufgrund nationaler Daten ein geeigneter Wert festgelegt werden, der zu vereinbaren ist (siehe A.2).

ANMERKUNG Besonders sollten oben offene Tanks ohne jegliches Dach beachtet werden, da der Inhalt durch Wind in heftige Bewegungen versetzt werden kann, wodurch es zum Überlaufen und zu übermäßiger Belastung des Tanks kommen kann. Falls diese Lasten nicht quantifizierbar sind, wird empfohlen, diese Tanks mit einem Dach zu versehen, sofern nicht zufrieden stellende Erfahrungswerte für vergleichbare Bedingungen vorliegen.

7.2.11 Seismische Lasten

Der Tank muss gegen die aus lokalen Daten abgeleiteten seismischen Einwirkungen ausgelegt werden. Die Werte der horizontalen und vertikalen Beschleunigungen für die Auslegung 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 zugrunde gelegt werden.

ANMERKUNG 3 Den Berechnungen für SSE sollten seismische Lasten mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von bis zu 1 % während der Lebensdauer des Tanks zugrunde gelegt 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 einzelner Unterstützungen unabhängig zum Tankfundament zu berücksichtigen. Rohrleitungen sind so auszulegen, dass die durch sie verursachte Belastung des Tanks möglichst gering ist.

7.2.13 Lasten durch Setzung

Bei der Auslegung zu berücksichtigende Lasten durch Setzung sind zu vereinbaren (siehe A.2). Sie sind nur dann zu berücksichtigen, wenn während der Lebensdauer des Tanks mit ungleicher Setzung zu rechnen ist (siehe I.3.4).

7.2.14 Sonderlasten

Bei der Auslegung zu berücksichtigende Sonderlasten sind zu vereinbaren (siehe A.2). Als Sonderlasten gelten Belastungen durch äußere Ereignisse wie Druckwellen, Feuer usw.

7.3 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:

- a) Windlasten und seismische Lasten, die der Auslegung zugrunde gelegt werden;
- b) Prüflasten und Auslegungswindlasten;
- c) Prüflasten und seismische Lasten;
- d) Nutz- und Schneelasten.

8 Tankböden

8.1 Allgemeines

Sofern nicht anders festgelegt, sind Tanks mit Einzelböden auszulegen (siehe A.1).

ANMERKUNG 1 Andere Typen von Böden sind in Anhang H beschrieben.

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. 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 auf seiner gesamten Fläche auf der Tankgründung voll aufliegt.

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

8.2 Werkstoffe

8.2.1 Werkstoffe für Tankböden müssen den Anforderungen in 6.1 bzw. 6.2 entsprechen.

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

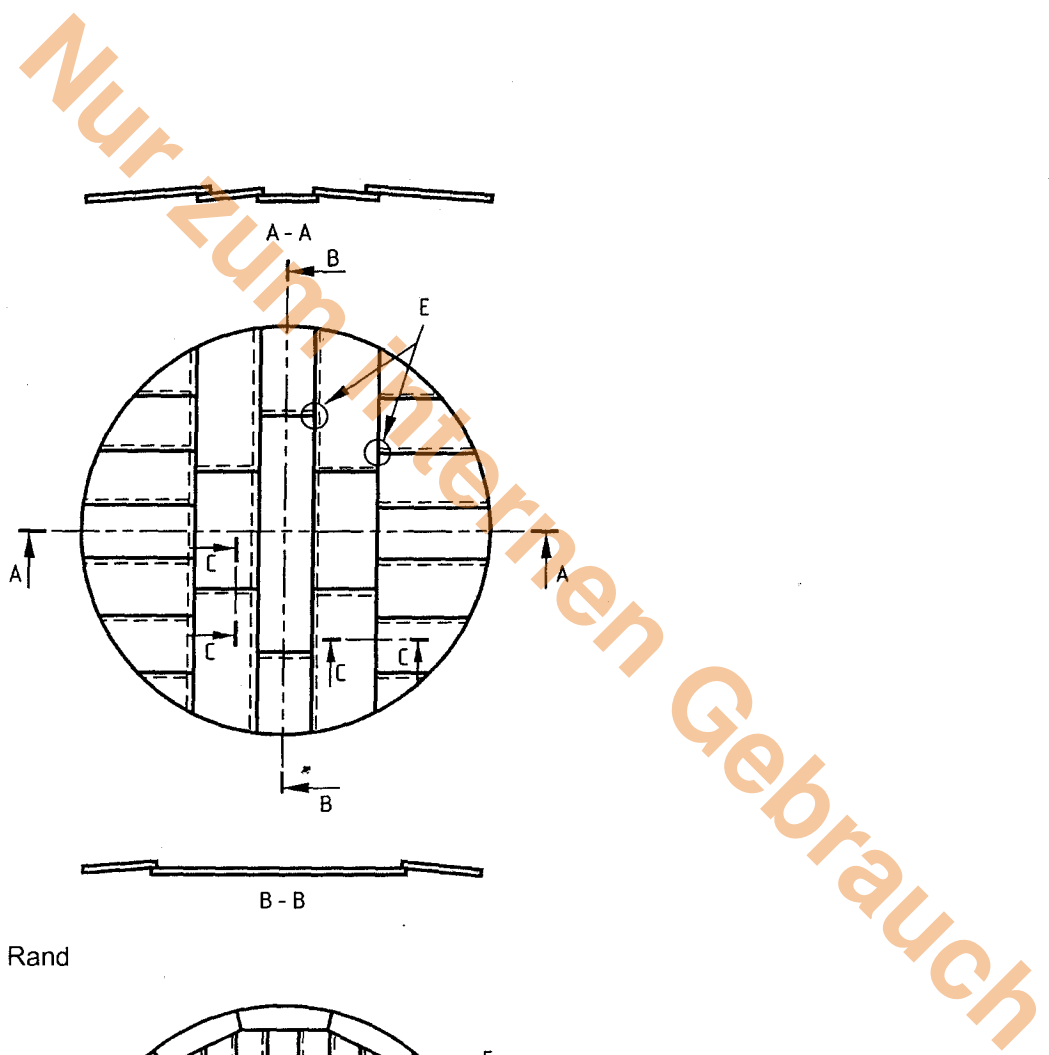
8.2.3 Die festgelegte Nenndicke, ausschließlich Korrosionszuschlag, sowohl der rechteckigen Bodenbleche als auch der Bleche bis zum Rand darf die Werte in Tabelle 13 nicht unterschreiten. Darüber hinaus muss die Bodenblechdicke in korrodiertem Zustand ausreichen, um ein Abheben des Bodenblechs durch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

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

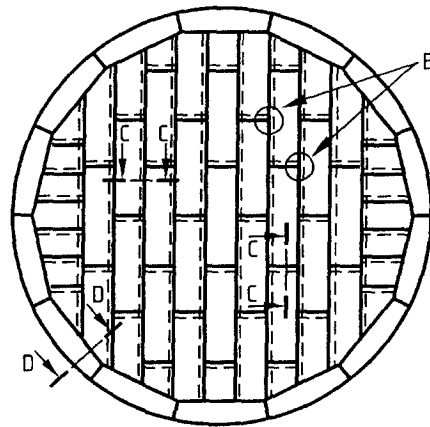
Tabelle 13 — Mindestwerte für die Bodenblech-Nenndicke

Werkstoff	Überlappend verschweißte Bodenbleche	Stumpfverschweißte Bodenbleche
C- und CMn-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.

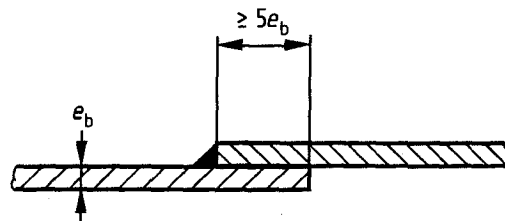


a) Mit Bodenblechen bis zum Rand

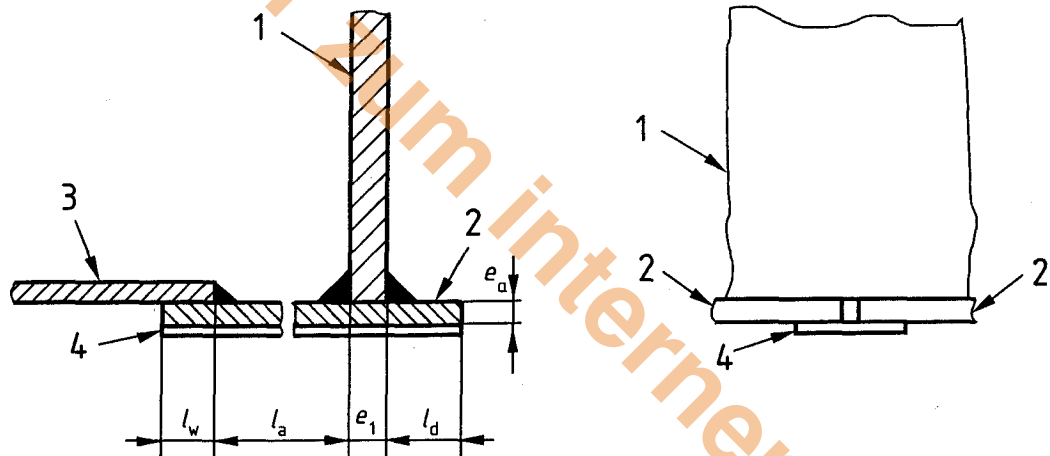


b) Mit Bodenrandblechen am Umfang

Bild 3 — Typische Tankbodenkonstruktionen

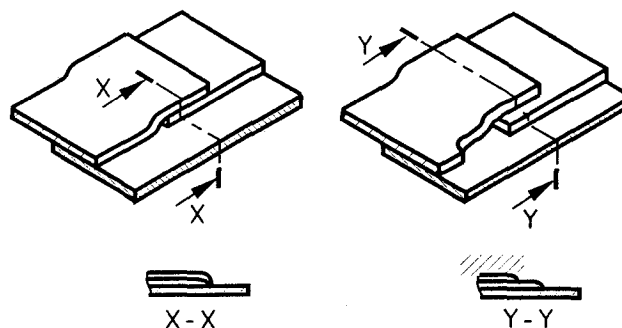


c) Schnitt C-C, Überlappung der Bodenbleche

**Legende**

- 1 Mantelblech
- 2 Bodenrandblech
- 3 Bodenblech
- 4 Unterlage

d) Schnitt D-D, Bodenrandbleche



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

Bild 3 — Typische Tankbodenkonstruktionen (fortgesetzt)

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 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 größer ist.

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

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

8.3.3 Der Mindestabstand l_a (siehe Bild 3 d) muss dem größeren der nachstehenden Werte entsprechen:

a) nach der folgenden Gleichung:

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

Dabei ist

e_a Dicke des Bodenrandblechs, in mm;

H maximale Auslegungsfüllhöhe des Lagerguts, in m; oder

b) 500 mm.

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 Herstellung

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

Überlappend zu schweißende Nähte in rechteckigen Boden- und Bodenblechen bis zum Rand 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)).

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)).

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.

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

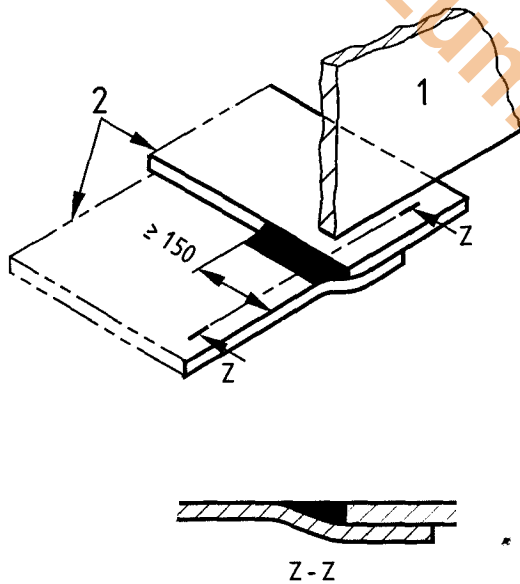
8.4.3 Bei Tanks ohne Bodenrandbleche sind die Nahtenden der überlappend verschweißten Bodenbleche bis zum Rand unter dem untersten Mantelschuss über eine Länge von mindestens 150 mm oben bündig zu schweißen (siehe Bild 4).

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

ANMERKUNG Ein Unterlagsblech der in Bild 5 dargestellten Form ist zulässig.

Maße in Millimeter

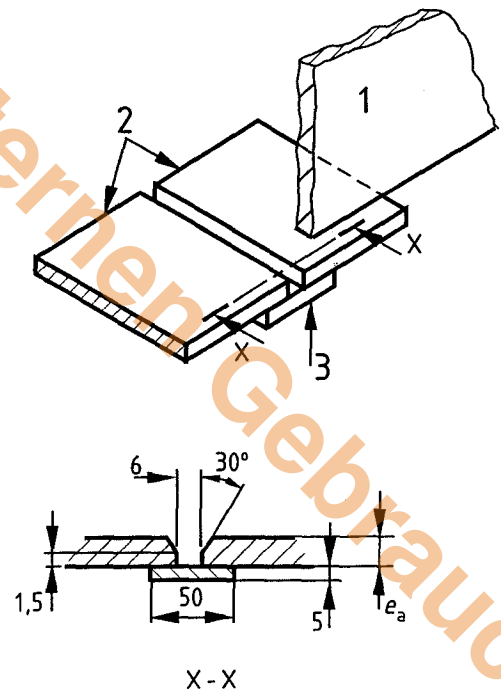
Lineare Maße in Millimeter



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Bodenblech bis zum Rand

Bild 4 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenblechen bis zum Rand unter Mantelblechen für Tanks ohne Bodenrandbleche



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Bodenrandbleche
- 3 Unterlagsblech

Bild 5 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenrandblechen unter Mantelblechen für Tanks mit Bodenrandblechen

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

Die Nahtdicke der Kehlnähte muss mindestens der Dicke des Bodenblechs bis zum Rand oder Bodenrandblechs entsprechen (siehe Bild 3 d)), jedoch braucht die festgelegte Nahtdicke 9,5 mm nicht zu überschreiten; wenn die Dicke des Mantelblechs kleiner als die Dicke des Boden- oder Bodenrandblechs ist, braucht die festgelegte Nahtdicke den entsprechenden Wert in Tabelle 14 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 $\leq 100\text{ °C}$ sind die zutreffenden Werte aus a) und b) für die Spannungen zu verwenden:

- a) Bei Werkstoffen mit einer maximalen Auslegungsspannung von 260 N/mm^2 muss die höchstzulässige Auslegungsspannung in den Mantelblechen zwei Drittel der Streckgrenze betragen.
- b) Bei Werkstoffen mit einer maximalen Auslegungsspannung von 260 N/mm^2 muss die höchstzulässige Prüfspannung in den Mantelblechen 75 % der Streckgrenze betragen.

9.1.2 Wenn die höchste Auslegungswandtemperatur von unlegierten Stählen über 100 °C liegt, muss die Auslegungsspannung zwei Drittel des bescheinigten Wertes der Streckgrenze (0,2%-Dehngrenze) des Stahls bei der höchsten Auslegungswandtemperatur betragen.

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

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

- a) Es muss eine provisorische Verlängerung des Mantels konstruiert werden, die bei der Wasserdruckprüfung eine Erhöhung der Füllhöhe über die maximale Auslegungsfüllhöhe ermöglicht.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die provisorische Verlängerung so zu bemessen, dass sich eine Überbeanspruchung von mindestens 10 % ergibt.

- b) Die Erstbefüllung des Tanks mit einer Flüssigkeit mit maximaler Auslegungsdichte ist unter Aufsicht und mit derselben Vorsicht durchzuführen wie die Wasserdruckprüfung, wobei die Anforderungen nach 19.13 einzuhalten sind. Unter den vorgenannten Bedingungen müssen bei Tanks aus unlegierten Stählen Werkstoffe mit höherer Kerbschlagzähigkeit verwendet werden, d. h., die Verwendung einer um ein oder zwei Stufen zäheren Stahlsorte als sonst ist erforderlich (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15 — Stähle mit erhöhter Kerbschlagzähigkeit

Nach 6.1 erforderlicher Stahl	Eine Stufe zäher für Prüfspannungen zwischen 100 % und 85 % der Auslegungsspannung	Zwei Stufen zäher für Prüfspannungen < 85 % der Auslegungsspannung
Typ I	Typ II	Typ III
Typ II	Typ III	Typ IV
Typ III	Typ IV	Sonderstahl
Typ IV	Sonderstahl	Sonderstahl
Typ V	Typ VI	Typ VII
Typ VI	Typ VII	Typ VIII
Typ VII	Typ VIII	Typ IX
Typ VIII	Typ IX	Sonderstahl

9.1.4 In den Berechnungen der erforderlichen Mantelblechdicke ist ein Schweißnahtfaktor von 1,0 zu berücksichtigen.

9.1.5 Die festgelegte Mantelblechdicke darf die in Tabelle 16 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	2
$4 \leq D < 10$	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 Mindestmanteldicke vereinbart werden (siehe A.2).

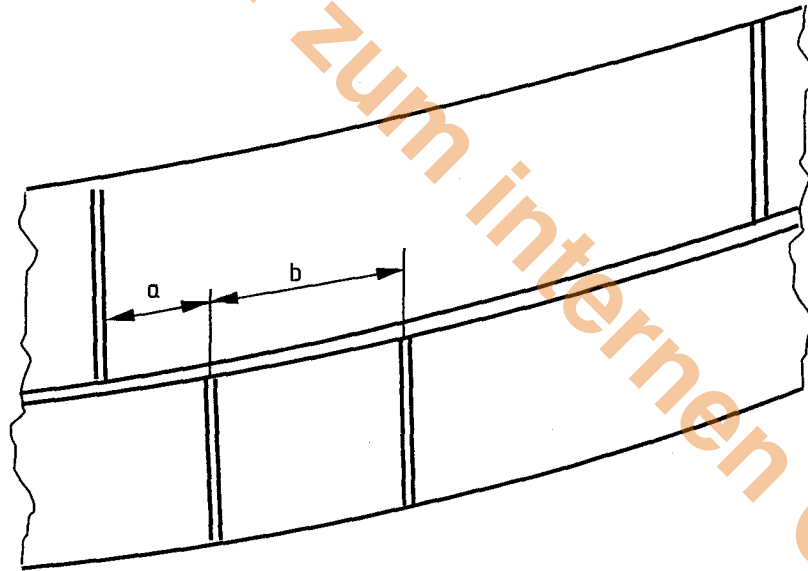
ANMERKUNG 1 Diese festgelegten Anforderungen an die Dicke sind für die bauliche Ausführung erforderlich und können daher Korrosionszuschläge enthalten, vorausgesetzt, die Berechnung zeigt, dass der Mantel im korrodierten Zustand standsicher nach 9.2 ist.

ANMERKUNG 2 Bei Tanks mit großem Durchmesser und geringer Höhe kann der unterste Mantelschuss 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 darf 40 mm in keinem Fall überschreiten.

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

9.1.8 Die Mindestabmessung eines Mantelblechs in Umfangsrichtung muss 1 m betragen (siehe Bild 6).



Legende

- a Mindestabstand vertikaler Schweißnähte in angrenzenden Mantelschüssen (siehe 9.4)
 b Mindestabmessung eines Mantelblechs in Umfangsrichtung

Bild 6 — 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 gefüllt ist. Beinhaltet die Mantelhöhe eine Windschürze mit Überlauföffnungen und/oder ein Freibord für seismisch bedingte Spiegelschwankungen, 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 durch die folgenden Gleichungen berechneten Werten entsprechen, je nachdem, welcher Wert größer ist:

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

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

Dabei ist

- c Korrosionszuschlag, in mm,
 D Tankdurchmesser, in m;
 e_c erforderliche Manteldicke für Auslegungsbedingungen, in mm;
 e_t erforderliche Manteldicke unter Prüfbedingungen, in mm;
 H_c Abstand von der Unterkante des betrachteten Schusses zu der in 9.2.1 definierten Höhe, in m;
 p Auslegungsdruck (bei Tanks mit einem Auslegungsdruck ≤ 10 mbar vernachlässigbar), in mbar;

- p_t Prüfdruck (gleich dem Auslegungsdruck; bei Auslegungsdrücken > 10 mbar gleich dem 1,1fachen des Auslegungsdrucks), in mbar;
- S zulässige Auslegungsspannung (siehe 9.1.1.1), in N/mm²;
- S_t zulässige Prüfspannung (siehe 9.1.1.2), in N/mm²;
- W maximale Auslegungsdichte des Lagerguts unter Lagerbedingungen, in kg/l;
- W_t maximale Auslegungsdichte des Prüfmediums, in kg/l.

ANMERKUNG Die Erläuterung der Dickentoleranzen ist in 6.1.8 angegeben.

9.2.3 Die Umfangsspannung jedes Mantelschusses ist in einer 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:

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

wobei

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

H_U Abstand der Unterkante des oberen Schusses zu der in 9.2.1 definierten Höhe, in m;

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

S_U zulässige Auslegungsspannung im oberen Schuss, in N/mm²

ist die Dicke des oberen Schusses nach der folgenden modifizierten Gleichung zu berechnen:

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

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 diesem 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, sind die zusätzlichen Versteifungsringe nicht zur Aufnahme von Plattenlasten erforderlich, sondern müssen im Wesentlichen Beulen des Tankmantels verhindern.

9.3.1.5 Versteifungsringe müssen bestehen aus:

- a) Walzprofilen oder gekanteten Profilen;
- b) geschweißten Profilen oder
- c) 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 $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ betragen. Die Mindestnennstärke 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 den Anforderungen in 9.3.2.1 entspricht.

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

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

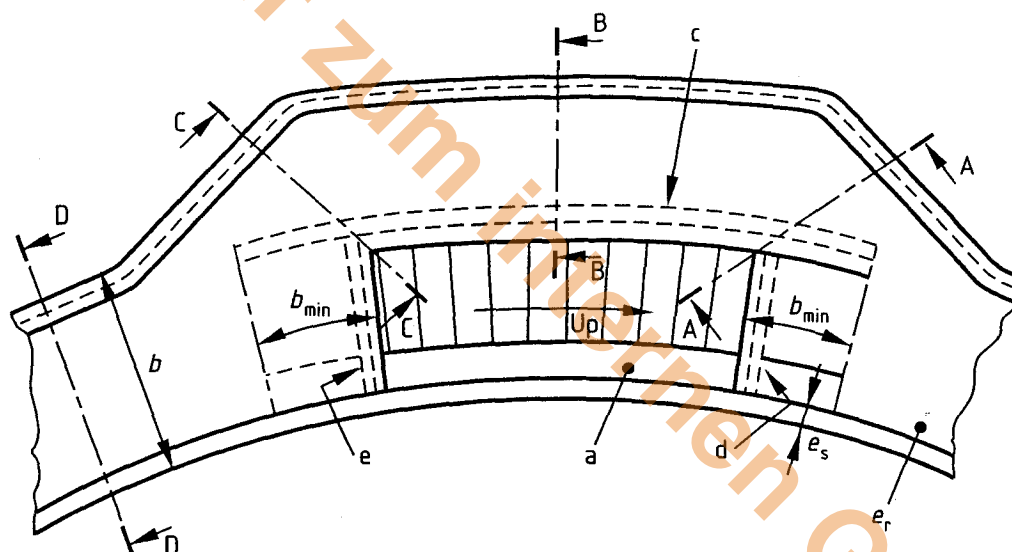
9.3.1.10 Versteifungsringe, auf denen sich Flüssigkeit ansammeln kann, sind mit entsprechenden Ablauföffnungen zu versehen.

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

Es ist zu vereinbaren, 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.



ANMERKUNG 1 Die Querschnittsfläche von a, c, d, und e muss jeweils $32e_s^2$ 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 dürfen an der Oberseite der Versteifung angeordnet werden, sofern sie keine Stolperfalle bilden.

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

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

ANMERKUNG 5 Anforderungen hinsichtlich der Fußleiste sind 9.3.1.8 zu entnehmen.

Bild 7 — Durch einen Versteifungsring geführte Treppe

9.3.2 Auslegung des Hauptversteifungsring (Windverband)

9.3.2.1 Das erforderliche Mindestwiderstandsmoment Z , in cm^3 , des Hauptversteifungsring (siehe Detaildarstellungen d) und e) in Bild 8) muss mit folgender Gleichung ermittelt werden:

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

Dabei ist

D Tankdurchmesser (ab einem Durchmesser von 60 m ist bei der Ermittlung des Widerstandsmoments $D = 60$ zu verwenden), in m;

H_f Höhe des Tankmantels einschließlich eines jeglichen Freibords über der maximalen Füllhöhe (siehe 9.2.1), in m;

V_w Windböengeschwindigkeit nach 7.2.10, in m/s.

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

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

Die Mindestabmessungen des Dacheckrings müssen wie folgt sein:

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, ist der Tankmantel bei der Berechnung des Widerstandsmomentes nur bis zu einer mitwirkenden Breite zu berücksichtigen, die dem 16fachen der Mantelblechdicke reduziert um die Länge des senkrechten Schenkels des Winkels entspricht.

9.3.3 Auslegung von Zusatzversteifungsringen (Windverbänden)

9.3.3.1 Die Abmessungen der Winkel für zusätzliche Versteifungsringe hängt nicht von den Auslegungslasten ab, sondern muss hinsichtlich des Tankdurchmessers in Übereinstimmung mit den Werten in Tabelle 17 ermittelt werden.

Für die Anordnung und Befestigung zusätzlicher Versteifungsringe gilt Detaildarstellung c) in Bild J.1.

Tabelle 17 — Mindestabmessungen der Winkel

Tankdurchmesser <i>D</i> m	Mindestabmessungen 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 Ausführungen sind bei äquivalenten Widerstandsmomenten zulässig.

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

Vorzugsweise sind durchgeschweißte Stumpfnähte zu verwenden.

Unabhängig, ob durchgeschweißte 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 zusätzlicher Versteifungsringe 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 Berechnung dieses äquivalenten Tankmantels in Verbindung mit den in der Auslegung zu berücksichtigenden Wind- und Unterdrucklasten ist die erforderliche Anzahl zusätzlicher Versteifungsringe zu ermitteln, die am obersten Mantelschuss oder einem Schuss gleicher Dicke anzuordnen sind. Werden die Ringe nicht an einem dieser Mantelschüsse angebracht, ist ihre tatsächliche Lage dadurch zu bestimmen, dass die äquivalenten Werte der 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 sind die Werte für die Windgeschwindigkeit nach 7.2.10 zu verwenden.

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

a) Offene Tanks: 5 mbar unabhängig von der Auslegungswindgeschwindigkeit;

b) Festdachtanks: innerer Auslegungsunterdruck (siehe Tabelle 3).

9.3.3.6 Für die Berechnung von Zusatzversteifungsringen für Tanks mit einem inneren Auslegungsunterdruck ≤ 5 mbar sind folgende Gleichungen zu verwenden:

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

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

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

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

Dabei ist

D Tankdurchmesser, in m;

e_{\min} Dicke des obersten Schusses (falls zutreffend im korrodierten Zustand), in mm;

e Dicke der einzelnen Schüsse (falls zutreffend im korrodierten Zustand), in mm;

h Höhe der einzelnen Schüsse jeweils unter einem Hauptversteifungsring, in m;

H_e äquivalente stabile Höhe jedes Schusses bei e_{\min} , in m;

H_E äquivalente stabile Gesamthöhe des Mantels bei e_{\min} , in m;

H_p höchstzulässiger Abstand zusätzlicher Versteifungsringe an Mänteln mit Mindestdicke, in m;

- K Rechenbeiwert;
- p_v innerer Auslegungsunterdruck, in mbar (siehe Tabelle 3);
- V_w Windböengeschwindigkeit nach 7.2.10, in m/s.

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

9.3.3.7 Bei Tanks für den Betrieb bei erhöhten Temperaturen ($> 100\text{ °C}$) ist H_p mit dem Quotienten aus dem Elastizitätsmodul von Stahl bei erhöhter Temperatur und dem Elastizitätsmodul bei Umgebungstemperatur zu multiplizieren.

9.3.3.8 Bei Tanks mit einem inneren Auslegungsunterdruck $> 5,0$ mbar ist das Auslegungsverfahren zu vereinbaren (siehe A.2).

9.3.3.9 Übersteigt die Kombination von Schneelasten und innerem Unterdruck oder Nutzlasten und innerem Unterdruck den Wert von $1,2\text{ kN/m}^2$, was zu erhöhter vertikaler und axialer Belastung führt, muss der Tankmantel auf Stabilität geprüft werden. Auslegungsverfahren und Lastkombinationen müssen vereinbart werden (siehe A.2).

9.4 Anordnung der Mantelbleche

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

Mantelbleche mit einer Dicke $\leq 5\text{ mm}$	100 mm
Mantelbleche mit einer Dicke $> 5\text{ mm}$	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 beiden Dacharten festzulegen:

- Freitragendes Kegel- oder Kugeldach mit oder ohne Tragkonstruktion oder
- Dach mit Stützen.

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

10.2.2 Die Neigung eines freitragenden Kegeldachs muss 1:5 betragen, sofern es keine anderslautende Festlegung gibt (siehe A.1).

Der Krümmungsradius bei einem Kugeldach muss zwischen dem 0,8- und 1,5fachen des Tankdurchmessers betragen, sofern es keine anderslautende Festlegung gibt (siehe A.1).

Die Neigung eines Daches mit Stützen muss 1:16 betragen, sofern es keine anderslautende Festlegung gibt (siehe A.1).

10.3 Dachbleche mit Tragkonstruktion

10.3.1 Tragkonstruktionen für Kegel- und Kugeldächer (Gespärre) sowie Dächer mit Stützen sind nach ENV 1993-1-1 auszulegen. Die Abstände zwischen den tragenden Elementen 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 Kugeldächern ist in Übereinstimmung mit ENV 1993-4-2 eine Vergrößerung des Abstandes auf 3,25 m zulässig.

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

Die Reißnaht in der Mantel-Dach-Verbindung muss mit Anhang K übereinstimmen.

10.3.3 Die festgelegte Mindestdicke aller Dachbleche darf ausschließlich Korrosionszuschlag nicht weniger betragen als:

5 mm für unlegierte Stähle und

3 mm für nichtrostende Stähle.

10.3.4 Die festgelegte Mindestdicke der für die Konstruktion der tragenden Elemente des Daches verwendeten Werkstoffe darf nicht weniger betragen als:

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 Die Bleche müssen überlappend angeordnet und mit durchlaufender Kehlnaht an der Außenseite verschweißt werden. Die Überlappung muss mindestens 25 mm betragen, sofern nicht anders festgelegt (siehe 18.6 und A.1).

ANMERKUNG Die Bleche sollten so überlappend angeordnet werden, dass das jeweils oberste Blech unter dem darunter liegenden Blech liegt, um das Eindringen von Kondenswasser zu verhindern. Je nach Tankinhalt kann es erforderlich sein, die Überlappungsverbindungen beidseitig zu schweißen oder die Verbindung als Stumpfstoß auszuführen.

10.3.6 Der Schweißnahtfaktor, J , muss entweder

1,0 bei Stumpfnähten;

0,35 bei Überlappverbindungen mit einseitiger Kehlnaht;

0,5 bei Überlappverbindungen mit beidseitiger Kehlnaht

betragen.

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 Werkstoffs angenommen werden.

10.3.7 Alle Tragkonstruktionen des 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 Träger, 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.

10.4.2 Membrandächer sind gegen den Auslegungsüberdruck und gegen Beulen auszulegen.

Gegen Überdruck

$$e_p = \frac{p R_1}{20SJ} \text{ bei kugelförmigen Dächern} \quad (12)$$

$$e_p = \frac{p R_1}{10SJ} \text{ bei kegelförmigen Dächern} \quad (13)$$

gegen Beulen

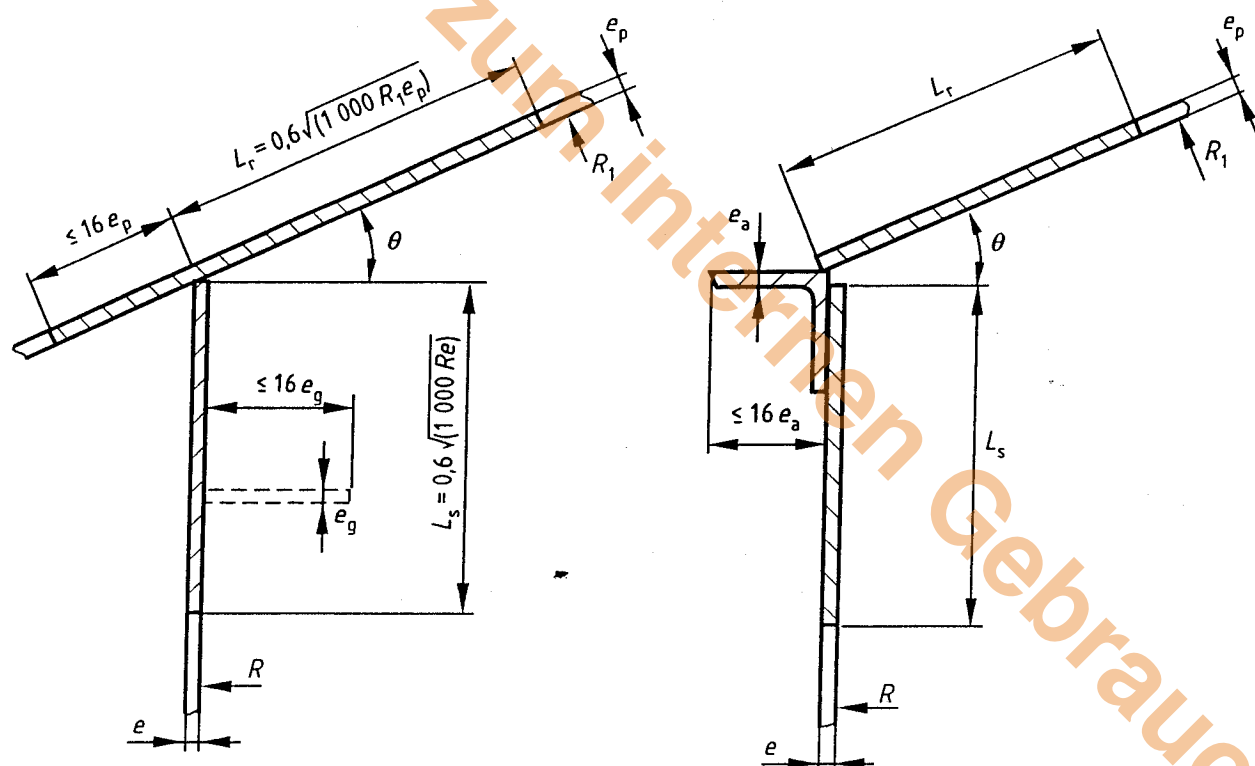
$$e_p = 40 R_1 \sqrt{\frac{10 p_e}{E}} \quad (14)$$

Dabei ist

- e_p Dicke der Dachbleche ohne Korrosionszuschlag, in mm;
- E Elastizitätsmodul, in N/mm^2 ;
- J Schweißnahtfaktor nach 10.3.6;
- P Auslegungsdruck (siehe Tabelle 3), in mbar;
- p_e äußere Belastung plus Eigengewicht der Bleche plus Auslegungsunterdruck, falls zutreffend, in kN/m^2 ;
- R_1 Krümmungsradius des Daches, in m (bei Kegeldächern gilt: $R_1 = R/\sin\theta$) (siehe Bild 8);
- S zulässige Auslegungsspannung (siehe 10.3.6), in N/mm^2 .

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 den Kräften durch den Druck standhalten muss. Die maximalen Abmessungen der druckbeanspruchten Fläche 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 Ringträgers, 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 = $R/\sin \theta$)

Bild 8 — Typische druckbeanspruchte Flächen an der Mantel-Dach-Verbindung

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

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

Dabei ist

- p_c Innendruck, entspricht dem Auslegungsüberdruck p (siehe 5.1) abzüglich dem Druck durch das Gewicht der Dachbleche (in mbar);
- R Radius des Tanks (in m);
- S_c zulässige Druckspannung, die, sofern nicht anders festgelegt, für alle Stähle mit 120 N/mm^2 anzunehmen ist;
- θ Neigung des Dachmeridians an der Mantel-Dach-Verbindung (in $^\circ$) (siehe Bild 8).

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

Eine zusätzliche druckbeanspruchte Fläche ist durch Erhöhung der Dach- oder Mantelblechdicke, durch Hinzufügen eines Profils oder tragenden Elements oder durch Kombination beider Möglichkeiten 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 mittleren Dicke der beiden verbundenen Teile im Schnittpunkt entspricht. (Der sich neu ergebende Schwerpunkt soll damit möglichst nah am Bezugsschwerpunkt liegen.)

10.5.4 Die druckbeanspruchte Fläche ist im Hinblick auf Zugbeanspruchung durch äußere Lasten und/oder Auslegungsunterdruck zu prüfen; die zulässige Auslegungsspannung S nach 9.1.1 darf nicht überschritten werden.

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

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

10.5.6 Festdachtanks müssen eine Mindestfläche A nach Berechnung in 10.5.2 aufweisen und müssen mit einem Dacheckring in Übereinstimmung mit Tabelle 18 versehen sein.

Tabelle 18 — Mindestabmessungen des Dacheckrings

Tankdurchmesser D m	Mindestabmessungen 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 Festdachtanks nach dieser Europäischen Norm gelten die Anforderungen in 10.6.2 bis 10.6.4 oder die festgelegten Anforderungen (siehe A.1).

Ent- bzw. Belüftungssysteme müssen Anhang L entsprechen.

10.6.2 Zweck der Ent- und Belüftung

Das Ent- bzw. Belüftungssystem 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 Sollbruchstelle an der Mantel-Dach-Verbindung zu ermöglichen (siehe Anhang K).

10.6.3 Ent- und Belüftungskapazität

Anzahl und Größe der Ent- bzw. Belüftungseinrichtungen müssen der aus Anhang L zu entnehmenden Ent- bzw. Belüftungskapazität entsprechen. Sie müssen ausreichend sein, um ein Überschreiten der in 10.6.4 festgelegten Akkumulation für Über- und Unterdruck zu verhindern.

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

ANMERKUNG 2 Bei der Auswahl des Werkstoffs von Drahtsieben ist mögliche Korrosion in Betracht zu ziehen, da diese die Ent- bzw. Belüftungskapazität beeinträchtigen könnte.

10.6.4 Akkumulation bei Über- und Unterdruck

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

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

10.7 Schwimmdecken

Auf Anforderung (siehe A.1) sind Tanks mit Schwimmdecken auszustatten (siehe Anhang C).

11 Auslegung von Schwimmdächern

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

12 Tankverankerung

12.1 Allgemeines

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

- a) Abheben eines leeren Tanks durch den inneren Auslegungsdruck, dem das tatsächliche Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der korrodierten Anbauteile entgegenwirkt;
- b) Abheben durch den inneren Auslegungsdruck in Verbindung mit Windlasten, dem das tatsächliche Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der korrodierten Anbauteile zuzüglich des durch das vorgesehene Lagergut wirkenden Gewichtes entgegenwirkt (siehe A.1);
- c) Abheben eines leeren Tanks durch Windlast, dem das tatsächliche Gewicht des korrodierten Dachs, Mantels und der korrodierten Anbauteile entgegenwirkt;
- d) falls es die Bestimmungen in Anhang G erfordern.

ANMERKUNG Die Berechnung des Abhebens durch Windlast sollte auf der Grundlage einer Mindestwindgeschwindigkeit von 45 m/s und eines Formfaktors für den Tankmantel von 0,7 erfolgen.

12.2 Befestigung der Verankerung

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

Die Verankerung darf nicht am Bodenblech allein, sondern muss grundsätzlich am Tankmantel befestigt werden. Bei der Auslegung sind Bewegungen des Tanks aufgrund von Temperaturänderungen und Änderungen des Flüssigkeitsdrucks zu berücksichtigen und im Mantel induzierte Spannungen möglichst gering zu halten.

ANMERKUNG In Anhang M sind typische Ausführungen von Verankerungen dargestellt.

12.3 Ankerschrauben oder -bänder

12.3.1 Zulässige Zugspannung

Unter den gegebenen 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 kleiner ist.

12.3.2 Querschnittsfläche

Ankerschrauben oder -bänder müssen eine Querschnittsfläche von mindestens 500 mm^2 aufweisen. Ist mit Korrosion zu rechnen, ist dafür ein Zuschlag von mindestens 1 mm zuzugeben, 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 am gesamten Umfang verteilt anzuordnen.

ANMERKUNG 3 Es wird empfohlen, keine Vorspannung auf Ankerschrauben oder -bänder aufzubringen, damit diese nur dann wirksam werden, wenn am Tankmantel eine Abhebekraft einwirkt (siehe auch 16.3).

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.

12.4 Widerstand gegen Abheben unter Prüfbedingungen

Die Verankerung muss einem durch Prüflasten am Tank verursachten Abheben standhalten. Die Spannungen in den Ankerschrauben oder -bändern dürfen unter Prüfbedingungen 85 % der festgelegten Mindeststreckgrenze von Schrauben- bzw. Bandwerkstoff nicht überschreiten, wobei eine ggf. vorhandene Anfangsspannung in Schraube oder Band aufgrund von Vorspannungslasten zu berücksichtigen ist.

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 dargestellt. Diese Maße beinhalten einen Nennkorrosionszuschlag von 3 mm.

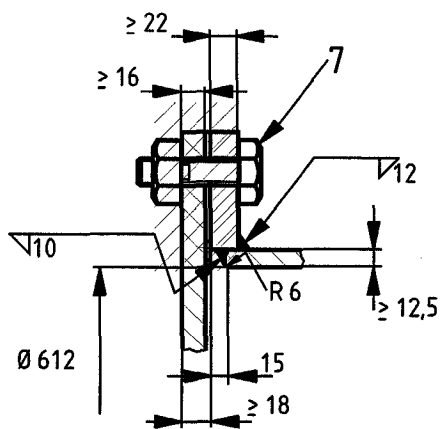
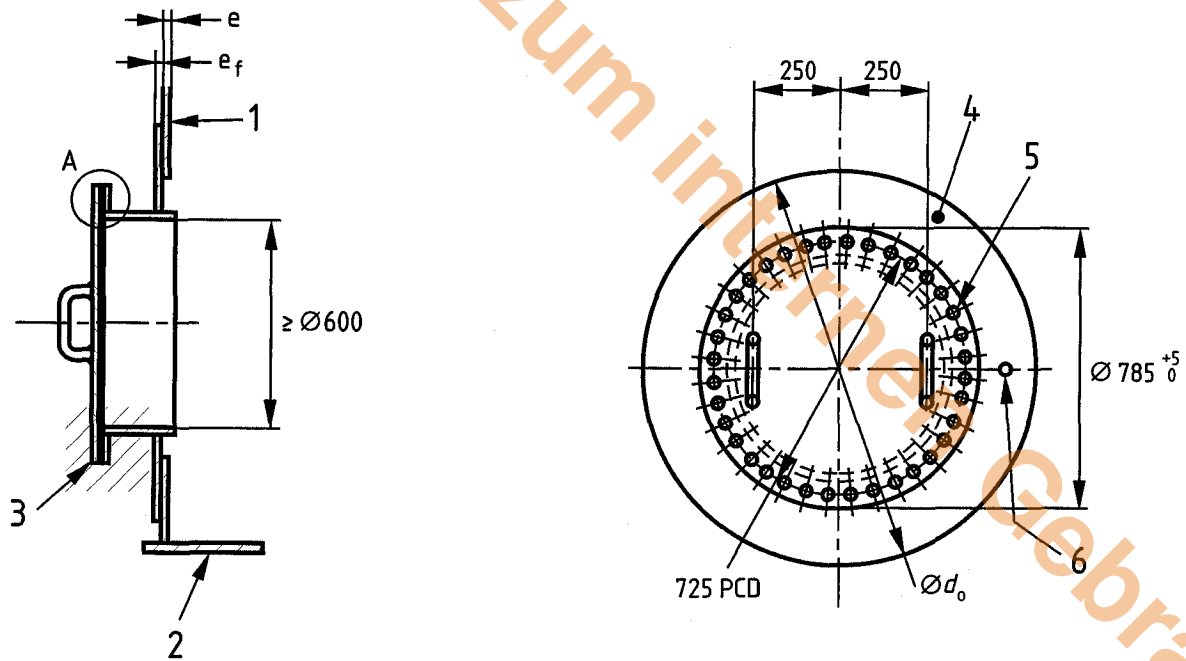
13.1.2 Die Mindeststützenwanddicke darf die in Tabelle 19 angegebenen Werte nicht unterschreiten.

Tabelle 19 — Mindestwanddicke von Mantelstützen

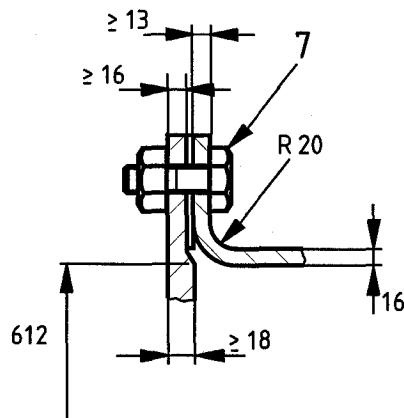
Stützenaußen- durchmesser d_n mm	Mindestwanddicke von Mantelstützen	
	e_n	
	Unlegierte Stähle mm	Nichtrostende Stähle mm
$80 \leq d_n \leq 100$	7,5	6,0
$100 < d_n \leq 150$	8,5	7,0
$150 < d_n \leq 200$	10,5	8,0
$200 < d_n$	12,5	9,0

Flansche sollten prEN 1759-1:2000, Class 150 oder EN 1092-1:1994, PN 25 entsprechen.

13.1.3 Verstärkungen nach 13.1.4 oder 13.1.5 sind vorzusehen.



A



Alternative Ausführung der Flanschverbindung A

Legende

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

Die an den Kehlnähten angegebenen Maße beziehen sich auf die Nahtdicke.

Bild 9 — Typische Ausführung eines Mannlochs im Tankmantel

13.1.4 Die Querschnittsfläche der 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 Durchmesser der in das Mantelblech geschnittenen Öffnung, in mm;

e_1 der größere der Werte von e_c und e_t aus 9.2.2 oder die Nenndicke nach Tabelle 16, in mm.

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

a) Verwendung eines dickeren Manteleinsetzblechs (siehe Bilder 10 und 11) oder eines runden Verstärkungsblechs, für das folgende Einschränkung gilt:

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

Dabei ist

d_r tatsächlicher Durchmesser der Verstärkung, in mm.

Andere als kreisrunde Verstärkungsbleche können verwendet werden, wenn folgende Mindestanforderungen erfüllt werden.

b) Verwendung eines dickeren Stutzens oder Mannlochstutzens. Als Verstärkung darf der Abschnitt des Stutzens innerhalb der Mantelblechdicke und jener bis zu einem Abstand vom Mantelblech, der dem Vierfachen der Stutzendicke entspricht (siehe Bild 12), berücksichtigt werden, sofern nicht die Stutzendicke innerhalb dieses Abstands verringert ist und die Grenze an dem Punkt liegt, an dem die Verringerung beginnt.

c) Verwendung eines dickeren Mantelblechs als nach 9.2.2 erforderlich unter Beachtung der in 9.1.5 festgelegten unteren und in den Tabellen 5 bis 8 festgelegten oberen Grenzwerte. Die Grenze der Verstärkungsfläche entspricht der in a) beschriebenen.

13.1.5 Alternativ zu dem in 13.1.4 beschriebenen Flächenersatzverfahren ist die Verstärkung auch durch einen dickeren Stutzen gegeben, der auf beiden Seiten des Mantelblechs vorsteht (siehe Bild 13).

Die Mindestlänge L des Stutzens als Verstärkung 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 Wanddicke des Stutzens ist unter Bezugnahme auf Bild 14 so zu bestimmen, dass der Spannungserhöhungsfaktor S_{cf} den Wert 2 nicht überschreitet.

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 Mantelblechdicke, in mm;

r_m Mittlerer Stutzenradius, in mm.

e_n Stutzenwanddicke, 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, ist nicht als Bestandteil des Anbauteils zu betrachten.

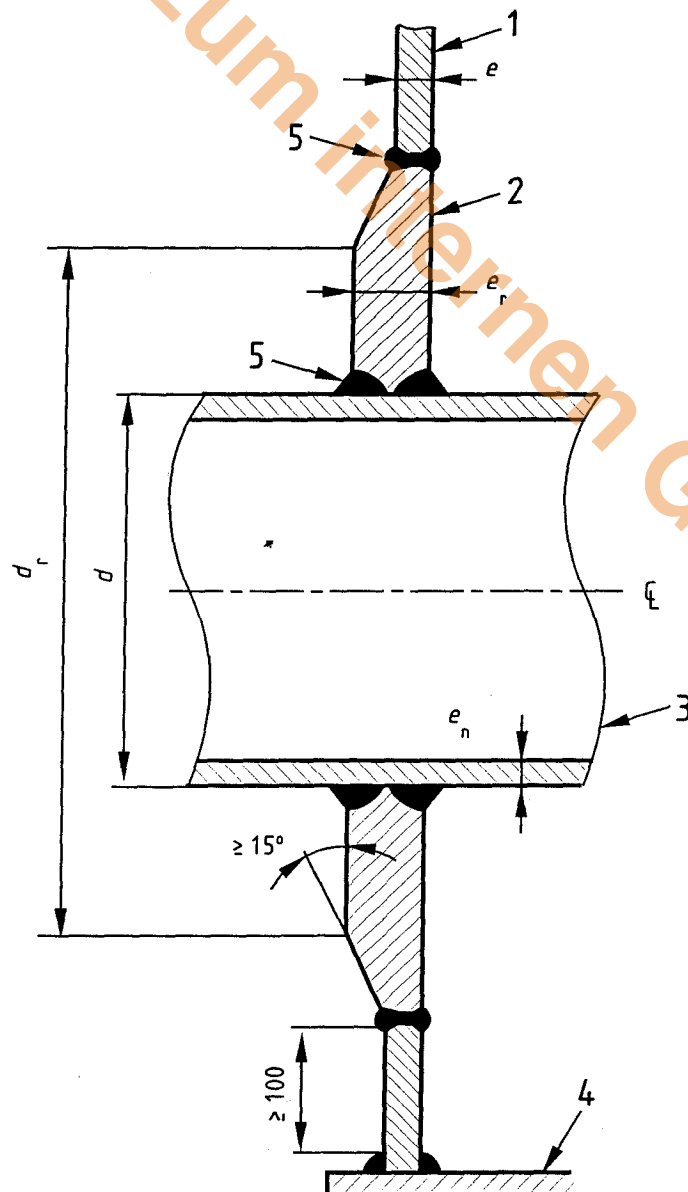
13.1.8 Nachträglich an der Stutzenwand angebrachte Schweißnähte müssen von den wärmebehandelten Stellen der Schweißnaht einen Mindestabstand haben von:

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

Dabei ist

e_n Stutzenwanddicke, in mm;

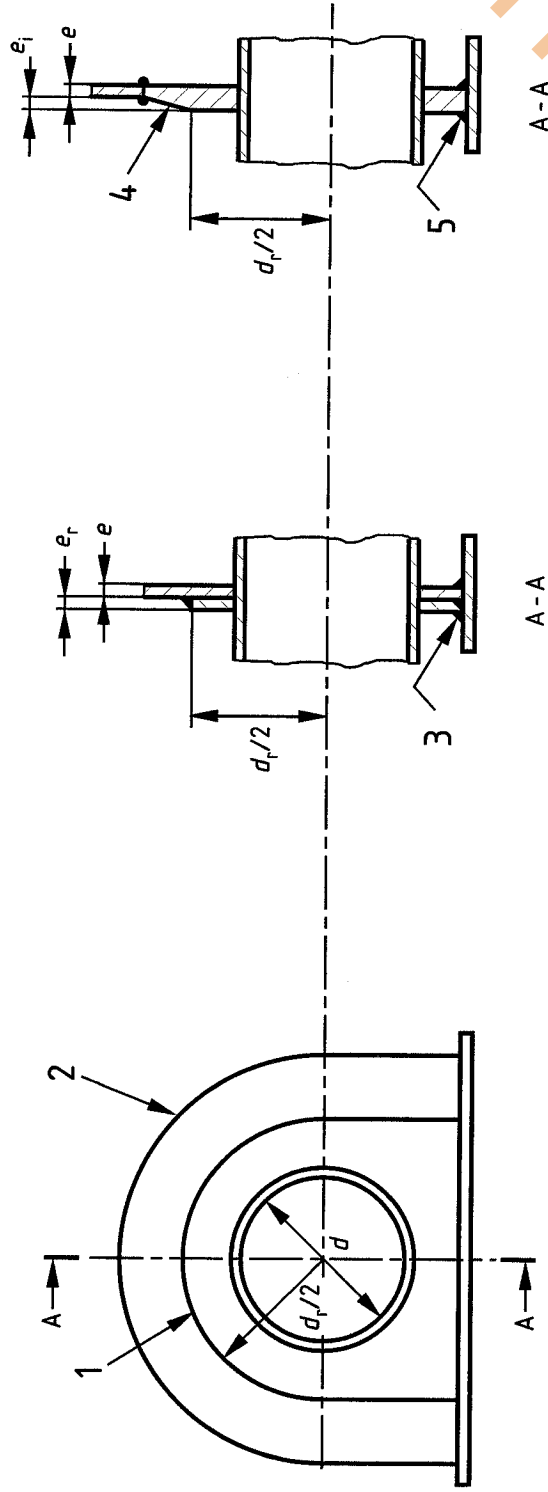
r_i Innenradius des Stutzens, in mm.

**Legende**

- 1 Mantelblech
- 2 Einsetzblech
- 3 Stutzen
- 4 Bodenblech
- 5 Einzelheiten zum Schweißen sind 13.7 zu entnehmen

Bild 10 — Mantel einbaublech als Verstärkung (siehe 13.1.4)

Maße in mm



a) Ansicht

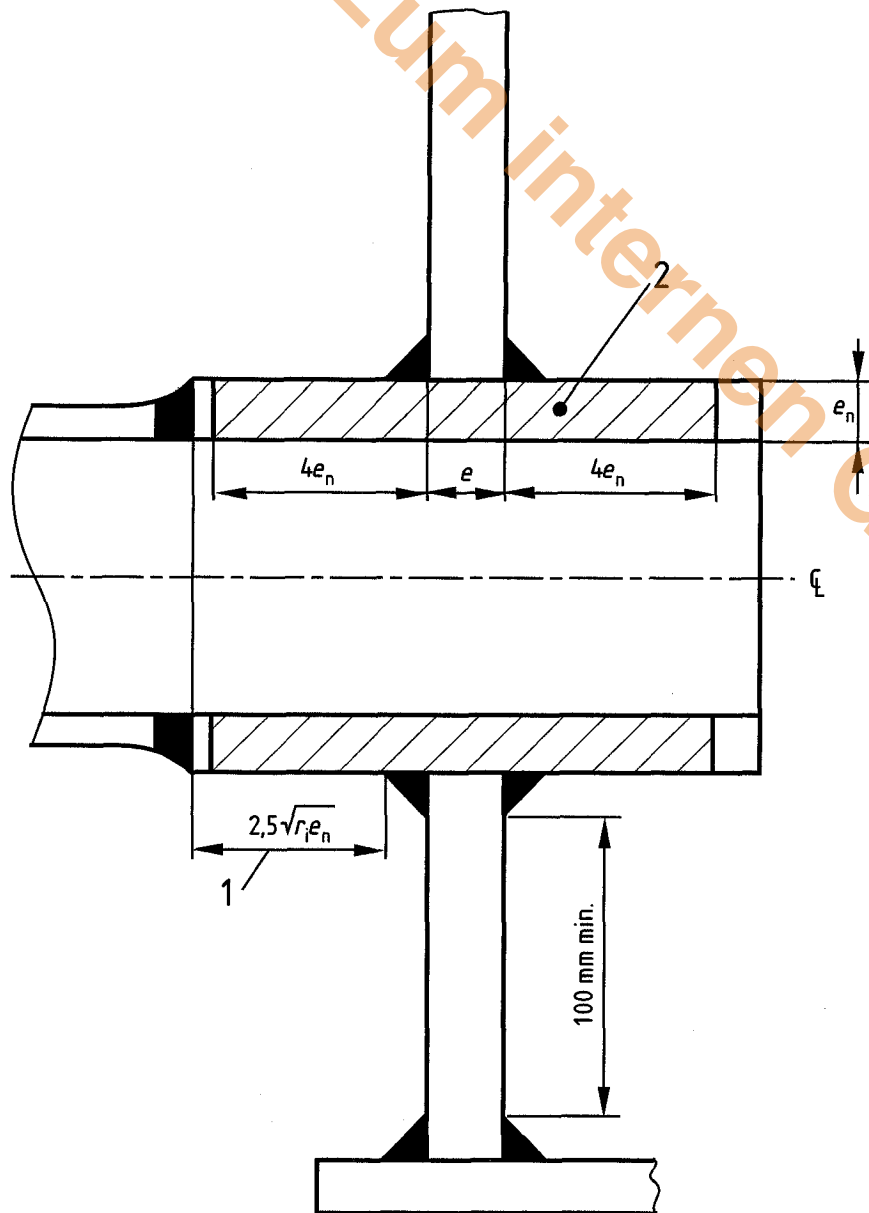
b) Äußeres Verstärkungsblech

c) Eingesetztes Verstärkungsblech

Legende

- 1 Äußeres Verstärkungsblech
- 2 Eingesetztes Verstärkungsblech
- 3 Siehe Einzelheiten d), e) und f)
- 4 1:4 Übergang
- 5 Siehe Einzelheit g)

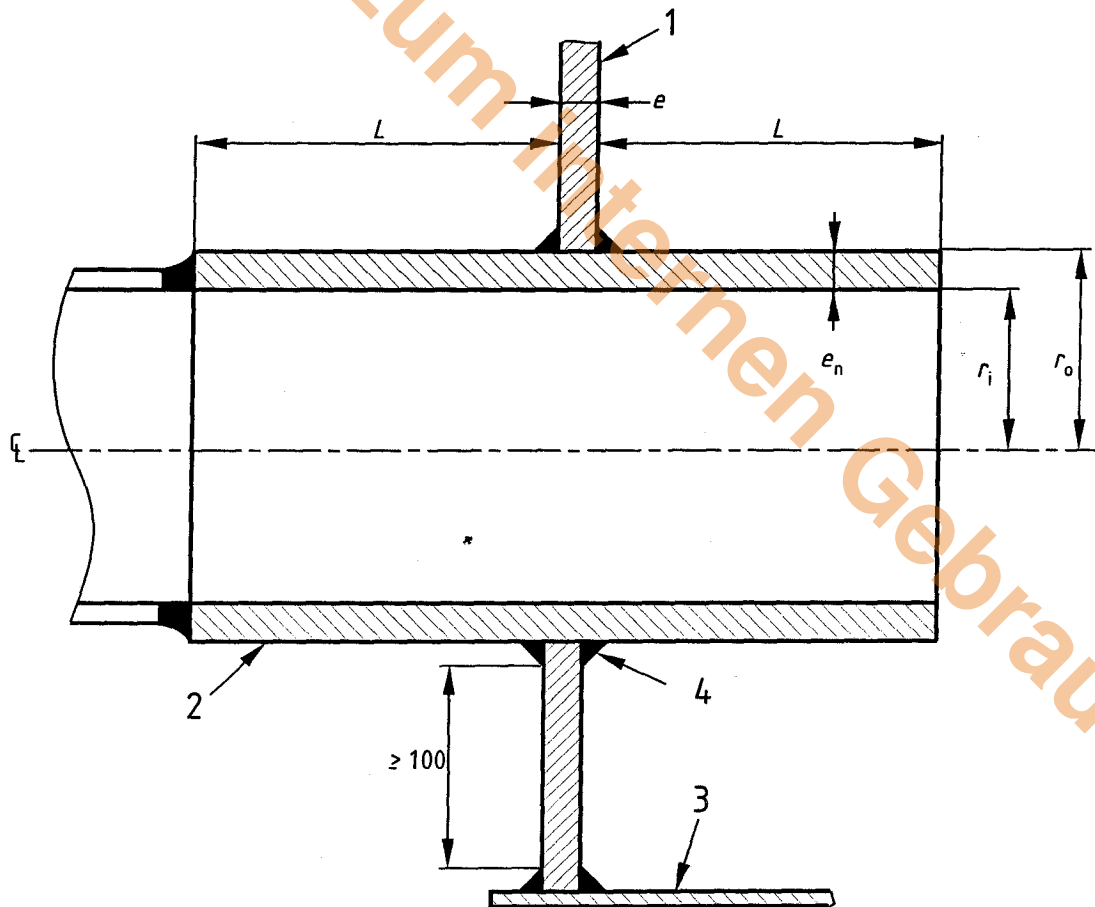
Bild 11 — Verstärkung von bodennahen Stützen



Legende

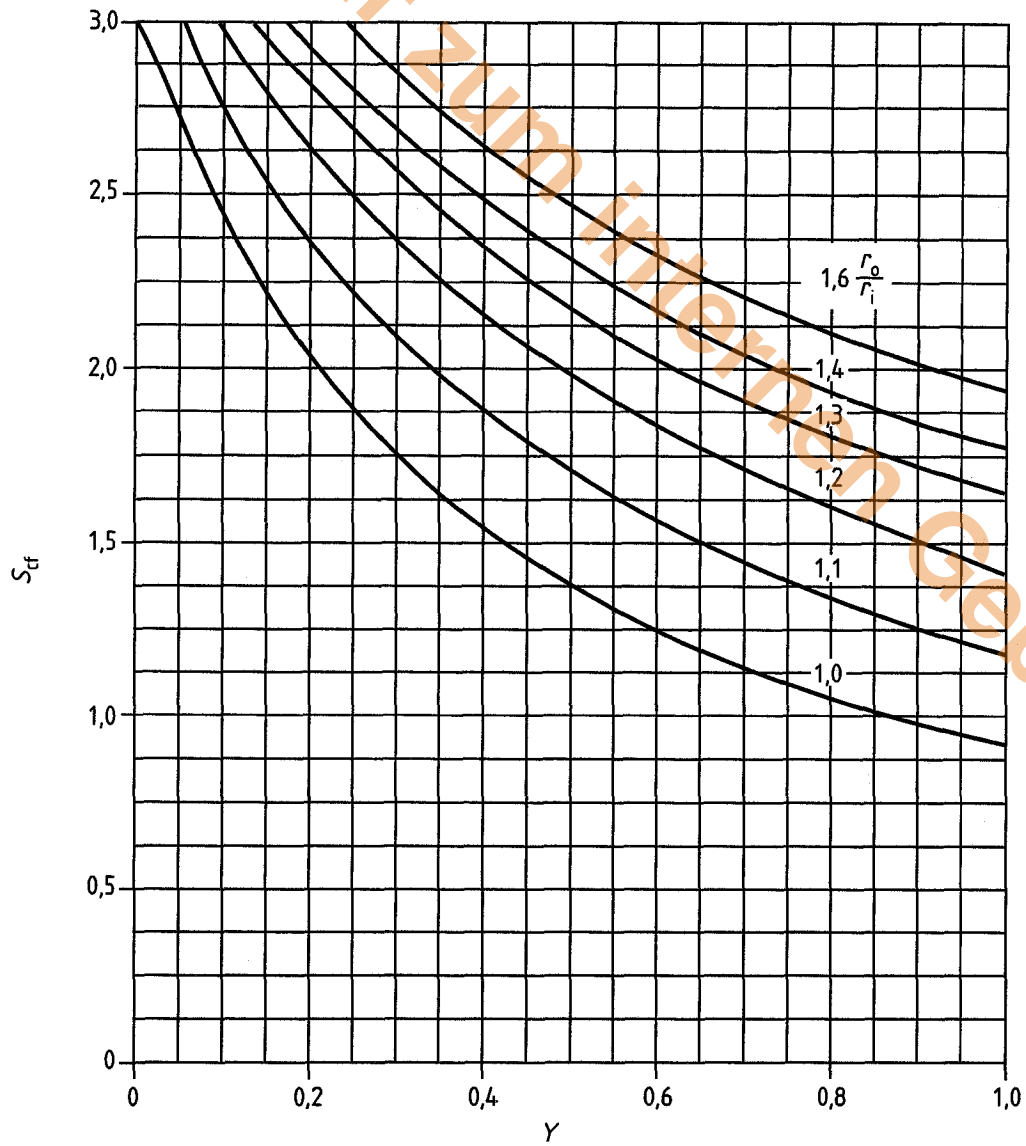
- 1 Mantelblech
- 2 Stutzen

Bild 12 — Dickerer Stutzen als Mantelverstärkung

**Legende**

- 1 Mantelblech
- 2 Stützen
- 3 Bodenblech
- 4 Einzelheiten zum Schweißen sind 13.7 zu entnehmen

Bild 13 — Alternativer Rohrstützen als Verstärkung (siehe 13.1.5)



S_{cf} Spannungserhöhungsfaktor

γ Ersatzfaktor

ANMERKUNG Siehe R.T. Rose, Strength of rim reinforcement for manholes in welded storage tanks [1].

Bild 14 — 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, wenn die Stützenwanddicke die in Tabelle 20 angegebenen Werte nicht unterschreitet.

ANMERKUNG Aufgesetzte Stützen dürfen verwendet werden.

Tabelle 20 — Mindestwanddicke von Mantelstützen

Stützenaußendurchmesser d_n mm	Mindestwanddicke von Mantelstützen e_n	
	Unlegierte Stähle	Nichtrostende Stähle
	mm	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 und so ausgelegt sein, dass sie an das Dachblech angeschweißt werden können. Die Ausführung der Mannlochdeckel ist festzulegen (siehe A.1), oder es sind verschraubte Deckel 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

Maße in Millimeter

Art der Öffnung	Innendurchmesser d_i	Deckeldurchmesser d_c	Schraubenkreisdurchmesser PCD	Anzahl der Schrauben	Dichtungsdurchmesser		Durchmesser des Ausschnitts im Dachblech d_h	Außendurchmesser der Verstärkung d_r
					Innen	Außen		
Mannloch	500	660	600	16	500	660	520	1 060
Rettungsöffnung	600	760	700	20	600	760	625	1 170

13.3.2 Stützen mit Flansch in Festdachtanks mit Auslegungsdrücken ≤ 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.

13.3.3 Dachstützen für Tanks mit sehr hohe Drücken (über 60 mbar) sind nach 13.1 auszulegen und die Stützen und Flansche sind so auszulegen, dass sie dem Auslegungsdruck standhalten.

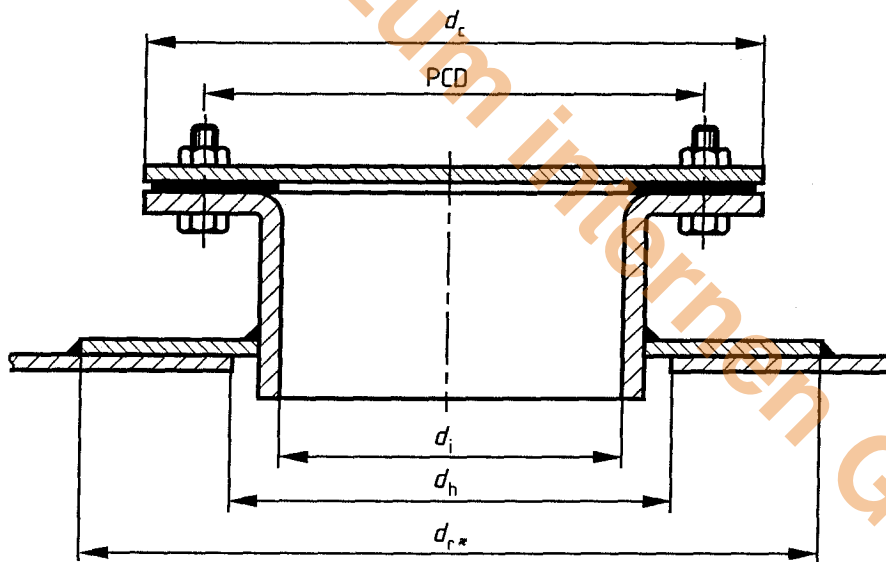
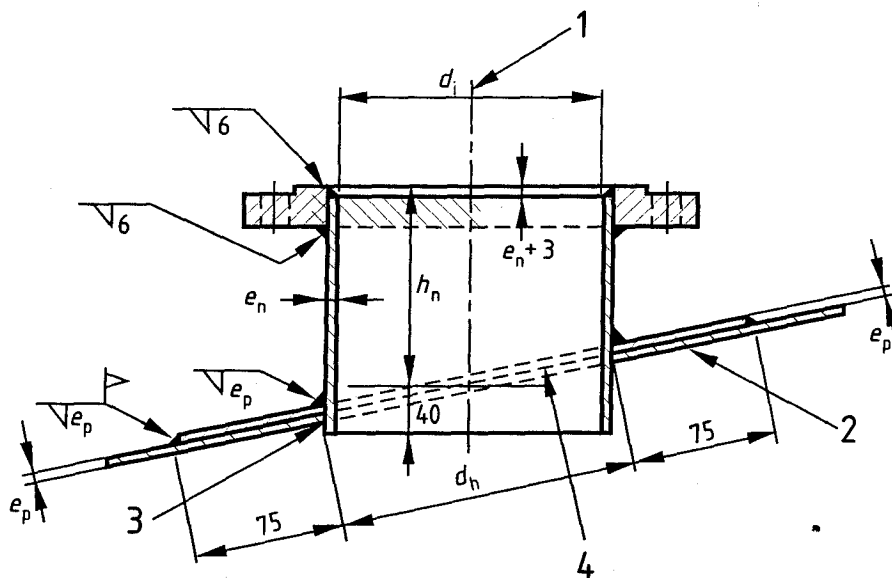


Bild 15 — Mannloch mit verschraubtem Deckel



Legende

- 1 Achse stets senkrecht
- 2 Dachblech
- 3 Je nach Lagergut kann es erforderlich sein, die Naht dichtzuschweißen.
- 4 Bei Verwendung des Dachstützens zur Ent- bzw. Belüftung darf das Stützenrohr mit dem Verstärkungsblech oder der Dachlinie bündig geschnitten werden.

Die an den Kehlnähten angegebenen Maße beziehen sich auf die Nahtdicke.

Bild 16 — Dachstützen mit Flansch (siehe Tabelle 22)

Tabelle 22 — Maße von Dachstützen

Maße in Millimeter

Nenn-durch-messer des Stutzens	Außendurch-messer des Stutzens d_n	Durchmesser des Ausschnitts im Dachblech d_h	Mindest-höhe des Stutzens h_n	Erforderliche Stutzenwanddicke e_n	
				Unlegierte Stähle	Nichtrostende Stähle
25	34	40	150	3,4	2,7
50	60	66	150	3,9	2,7
80	89	95	150	5,5	3,0
100	114	120	150	6,0	3,0
150	168	174	150	7,1	3,4
200	219	230	150	8,2	3,7
250	273	284	200	9,3	4,0
300	324	336	200	9,5	4,5

ANMERKUNG 1 Flansche sollten prEN 1759-1:2000, Class 150, oder EN 1092-1:1994, PN 25 entsprechen.
ANMERKUNG 2 Siehe Bild 16

13.4 Blockflansche mit Stiftschrauben

Blockflansche mit Stiftschrauben für die Aufnahme von Schaugläsern, Instrumenten usw. müssen wie in Bild 49 gezeigt mit Stumpf- oder Kehlnähten am Tankmantel oder Tankdach angeschweißt werden. Überschreitet der Durchmesser des Ausschnitts im Tank- oder Dachblech 80 mm, ist eine entsprechende Verstärkung vorzusehen, die nach 13.1.4 oder 13.1.5 auszulegen ist. Dabei kann die gesamte Querschnittsfläche des Blockflansches als Verstärkung betrachtet werden.

13.5 Stutzenlasten

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

13.6 Bündige Reinigungsöffnungen und Tanksümpfe

13.6.1 Allgemeines

Angesichts der komplizierten Spannungsverteilung sind Bündige Öffnungen und Sümpfe auf ein Minimum zu beschränken. Die Ausführung ist festzulegen (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, 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 50, 51, 52 und 53 dargestellt.

13.6.3 Tanksümpfe

13.6.3.1 Tanksümpfe müssen auf ganzer Fläche von der Gründung unterstützt werden. In Übereinstimmung mit den genehmigten Konstruktionszeichnungen der Gründung sind geeignete Ausschachtungen in der Gründung vorzunehmen.

13.6.3.2 Die untere Kehlnaht zum Boden- bzw. Bodenrandblech muss im ungekrümmten ebenen Bereich geschweißt werden, bevor das Blech endgültig auf die Tankgründung aufgesetzt wird. Dazu ist das Boden- bzw. Bodenrandblech umzudrehen.

Einzelheiten sind in Bild O.5 dargestellt.

13.6.4 Kombierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf

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

Einzelheiten sind in Bild O.6 dargestellt.

13.7 Angaben zum Schweißen von Stutzen

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

ANMERKUNG Einzelheiten zum Schweißen von Stutzen sind in Anhang N enthalten.

13.7.2 Die Vorderkanten von Kehlnähten, mit denen Stutzen oder Verstärkungsbleche am Mantel angeschweißt sind, oder die Mittellinie von Stumpfnähten, mit denen Einsetzbleche am Mantel angeschweißt sind, müssen mindestens 100 mm von der Mittellinie anderer Stumpfnähte am Mantel, vom Beginn der Kehlnahtverbindungen zwischen Mantel und Boden bzw. benachbarter Anbauteile entfernt sein.

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

Wenn es nicht bei allen Stutzen vermieden werden kann, dass sie sich mit Mantelschweißnähten von Tanks mit kleinem Durchmesser und einer Wanddicke ≤ 10 mm kreuzen, dürfen nach Vereinbarung (siehe A.2) die Öffnungen für die Stutzen 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 Abmessungen von Schweißnähten zwischen durchgesteckten Stutzen und Mantel müssen den Angaben in den Bildern 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 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).

13.7.4 Stumpfnähte zwischen Einsetzblechen 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 oder 14 mm betragen, je nachdem, welcher Wert kleiner ist.

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 1759-1:2000, Class 150 oder EN 1092-1:1994, PN 25 hergestellt und gebohrt werden. Die Ausrichtung der Gegenflansche ist auf Übereinstimmung zu prüfen.

13.9 Wärmebehandlung von Stutzen nach dem Schweißen

Der Hersteller/Errichter des Tanks muss für alle in Tabelle 28 enthaltenen Stutzen, in Abhängigkeit von Wanddicke oder Stutzendurchmesser, Vorkehrungen für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT) nach 18.10 treffen.

13.10 Heiz- und Kühlsysteme

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

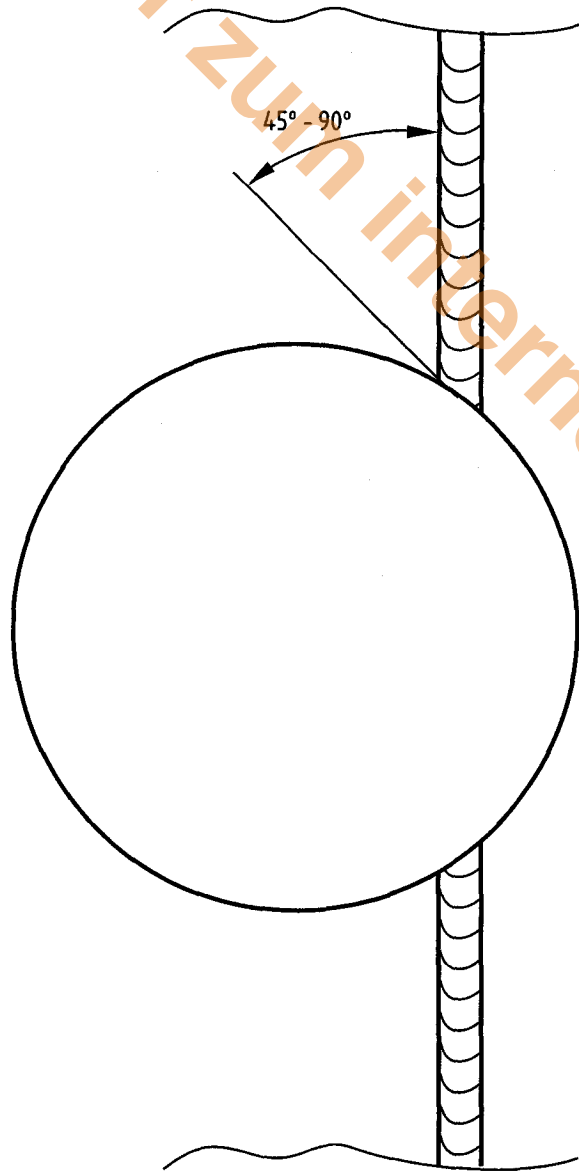
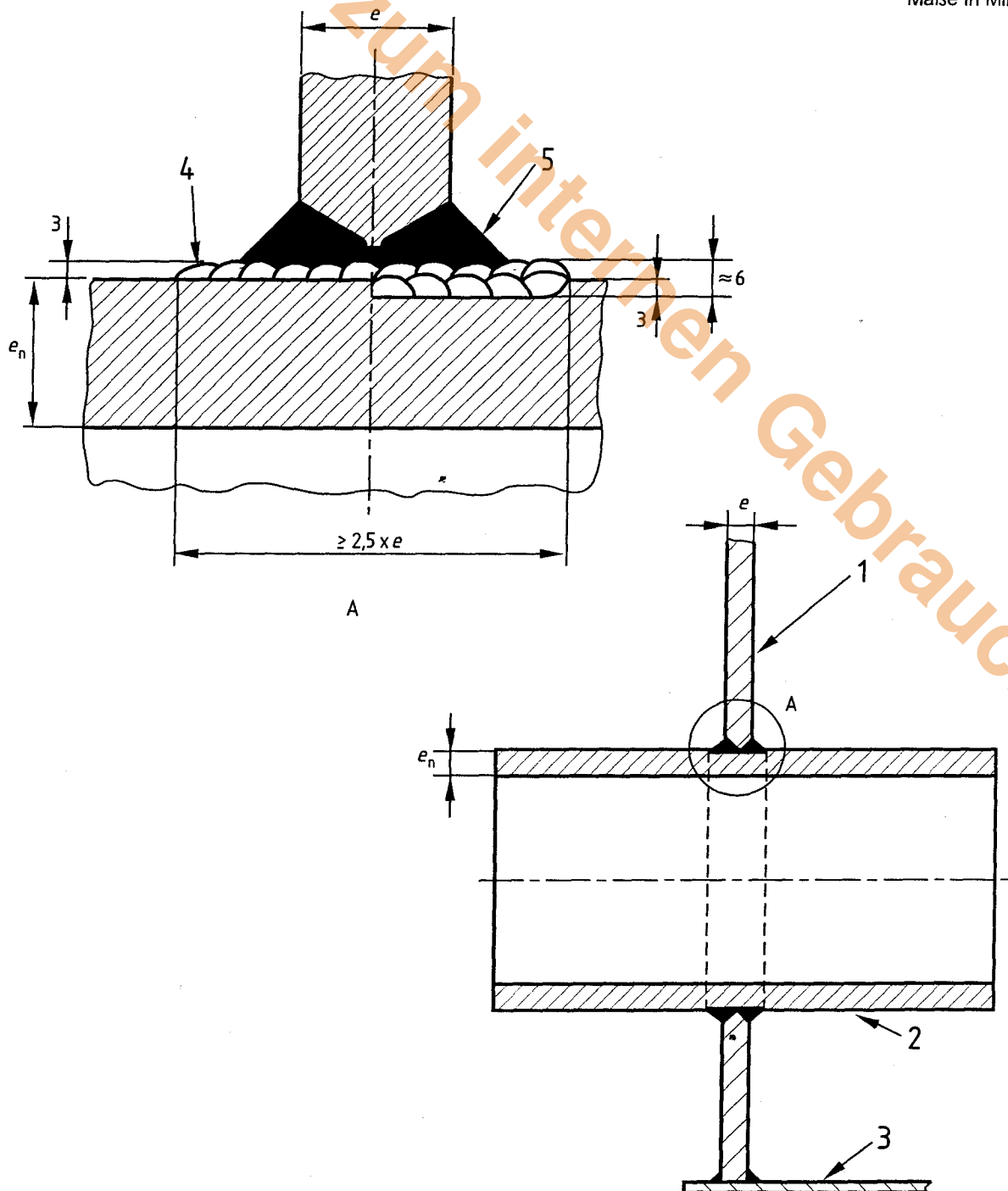


Bild 17 — Öffnungen für Stützen, die Mantelnähte schneiden

**Legende**

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

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

Bild 18 — Auftragsschweißen bei Stutzen

13.11 Treppen und Laufstege

13.11.1 Treppen und Laufstege müssen den Anforderungen der 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 Die Steigung von Treppen sollte 45° nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 Angaben zu Treppen an gedämmten Tanks sind Anhang Q zu entnehmen.

13.11.3 Die Stufen müssen rutschfest sein.

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

ANMERKUNG 2 Auf mögliche regionale 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

a) die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs $< 275 \text{ N/mm}^2$;

b) die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs $> 275 \text{ N/mm}^2$ und die Manteldicke $\leq 12,5 \text{ mm}$.

Wenn die festgelegte Mindeststreckgrenze des Mantelwerkstoffs 275 N/mm^2 und die Wanddicke $12,5 \text{ mm}$ 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 neben den Windlasten, die bei der Mantelauslegung zugrunde gelegt werden, einer gleichmäßigen Nutzlast von mindestens $2,4 \text{ kN/m}^2$ und einer Einzellast von 5 kN an jedem beliebigen Punkt standhalten.

ANMERKUNG Bei Treppen von mehr als 6 m Höhe wird empfohlen, einen oder mehrere Absätze vorzusehen.

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 Stahlprofilen oder -bauteilen und so ausgelegt sein, dass sie Personen und Gegenstände gegen Herabfallen schützen.

ANMERKUNG Geländer sollten einer an jeder beliebigen Stelle und in jeder beliebigen Richtung aufgebracht Einzellast von 1 kN standhalten.

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

13.12.3 Ist bei Tanks mit Durchmessern von mehr als $12,5 \text{ m}$ Zugang zu Anbauteilen im Bereich der Dachmitte gefordert, müssen abgestufte Laufstege mit Geländer vorhanden sein.

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

13.13 Leitern

Fest montierte Stahlleitern müssen mit Rückenschutz und Zwischenplattformen ausgestattet sein.

ANMERKUNG Auf regionale oder nationale Vorschriften wird hingewiesen.

13.14 Erdung

Alle Tanks müssen geerdet sein.

13.15 Permanente Anbauteile

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

ANMERKUNG Falls senkrechte Kehlnähte erforderlich sind, ist wegen ihrer spannungserhöhenden Wirkung besondere Sorgfalt geboten.

13.15.2 Senkrechte Befestigungsnähte müssen zu senkrechten Mantelnähten einen Abstand von mindestens 150 mm haben; waagerechte Nähte 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, ausgenommen Anbauteile für die Montage, gelten in Bezug auf ihre Lage und Ausrichtung sowie die Vorgehensweise die gleichen Anforderungen wie für permanente Anbauteile (siehe 13.15).

14 Dämmung

Permanente Anbauteile, die für die Dämmung eines Lagertanks notwendig sind, müssen den Anforderungen in 13.15 entsprechen.

ANMERKUNG Bei nach diesem Dokument ausgelegten Tanks kann eine Dämmung aus verschiedenen Gründen erforderlich sein, z. B. um die Temperatur des Lagerguts konstant zu halten. Wenn auch die Auslegung derartiger Dämmungen nicht Gegenstand dieses Dokuments ist, sollten die in Anhang Q enthaltenen Empfehlungen berücksichtigt werden.

15 Fertigung von Tankbauteilen im Werk

15.1 Allgemeines

Bei der Planung zur Fertigung des Tanks muss der Hersteller das Lagergut in Betracht ziehen.

15.2 Anlieferung und Identifizierung der Materialien

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

Sämtliche Bleche, gewalzte 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, dass die Verpackung der Schweißzusätze in gutem Zustand ist und dass ihre Kennzeichnung den Anforderungen der Bestellung und der Produktnorm entspricht.

15.3 Handhabung und Lagerung der 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 nach den Anforderungen der entsprechenden Normen und/oder den Empfehlungen des Lieferanten 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 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 mit Prüfbescheinigungen mit Anforderungen 2.3 nach EN 10204:2004 und 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 Wasserdruckprüfung des Tanks lesbar sein.

Ist nach der Werkstoffspezifikation eine Markierung oder Kennzeichnung auf dem Blech nicht zulässig, 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 des fertigen Tanks zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 16).

Bei Blechen für überlappend geschweißte Böden und Dächer müssen die in der Stahlnorm festgelegten üblichen Walztoleranzen 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) muss ± 2 mm betragen. Schleifen ist, falls erforderlich, zulässig.

Die Bleche, aus denen der Mantel errichtet wird, müssen rechtwinklig sein und die Längen der Diagonalen dürfen nicht mehr als 3 mm voneinander abweichen.

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 nicht anders vereinbart (siehe A.2), muss der Abstand zwischen Ausschnitt und nächster Blechkante den Anforderungen in 13.7.2 entsprechen.

Die Mindestlänge eines Mantelblechs muss 1 m betragen (siehe Bild 4).

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, falls keine andere Vereinbarung besteht (siehe A.2).

15.7 Umformen von Blechen und zulässige Maßabweichungen

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

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

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 geprüft 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 Besichtigungsöffnung

Beim Anschweißen des Rahmens an den Tank ist so vorzugehen, dass die Verformung der bearbeiteten Flächen für die Aufnahme des Schauglases auf ein Minimum 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 Reinigungsöffnung

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. Wie bei Rührwerken sind die Art des Zusammenbaus, die Güte der Schweißnähte und ihre Herstellung 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 Mantelblech, an das sie geschweißt werden.

Alle Stutzenverstärkungsbleche müssen mindestens eine Gewindebohrung für Prüfzwecke aufweisen.

15.8.6 Einsetzbleche

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

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

15.9 Schweißen

Alle Schweißarbeiten an werksgefertigten Bauteilen sind nach geeigneten zulässigen Verfahren 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 oder Meißeln so abzutragen, dass kein 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 prüfen.

Aufsteckflansche müssen beidseitig geschweißt werden.

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 zugeprüft) 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 den Anforderungen in 13.7.2 entsprechen.

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

15.10 Oberflächenzustand

Sämtliche Schweißnähte sind zu reinigen und zu bürsten, 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 in Anhang R erfüllen.

15.11 Kennzeichnung für die Errichtung

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

Werden mehrere identische Teile zusammen geliefert, 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 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 Flansche sollten in Kisten oder auf Paletten transportiert werden.

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

Dichtungen 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 in 15.11 gefordert;
- erforderliche Ausführungstoleranzen;
- detaillierte Beschreibung der Schweißverfahren;
- Dokumentation über bereits durchgeführte Prüfungen;
- Werkstoffprüfbescheinigungen;
- Spezifikationen zu Oberflächenbehandlung, Dämmung und Anstrich, falls zutreffend.

16.1.2 Alle auf der Baustelle angelieferten Teile müssen geprüft 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 in Übereinstimmung mit C.4 oder D.6 eingebaut und montiert werden.

16.1.5 Falls verlangt, müssen die Montageverfahren 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).

16.1.6 Bei Auslegungsunterdrücken $\leq 5,0$ mbar müssen die Ausführungstoleranzen mit Abschnitt 16 übereinstimmen.

16.1.7 Bei inneren Auslegungsunterdrücken $> 5,0$ mbar sind Auslegungsverfahren und zugehörige Fertigungstoleranzen zu vereinbaren (siehe A.2).

16.2 Gründungen

16.2.1 Allgemeines

Auslegung und Ausführung der Tankgründungen sind für die Stabilität eines Tanks von wesentlicher Bedeutung, sind jedoch nur informativer Bestandteil dieses 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 den Anforderungen in 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).

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten über den Umfang der Gründung darf 24 mm nicht überschreiten.

Der Höhenunterschied zwischen zwei beliebigen 5 m voneinander entfernten Punkten am Rand des Tanks darf 5 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.

16.2.3 Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche

Die zulässigen Abweichungen der Oberfläche, ausgenommen der Bereich unter dem Tankmantel, müssen wie folgt sein:

- Der Durchhang der fertigen Oberfläche darf gemessen mit einer 3 m langen Messlatte 10 mm nicht überschreiten;
- die Differenz zwischen vorgesehener und fertiger Ebene darf die Werte in Tabelle 23 nicht überschreiten.

Tabelle 23 — Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche

Tankdurchmesser D m	Zulässige Abweichung mm
$D \leq 10$	10
$10 < D \leq 50$	$D/1\ 000$
$50 < D$	50

16.3 Verankerungen

Ist der Tank in der Gründung zu verankern, müssen genaue Angaben des Verankerungssystems zur Verfügung gestellt werden (siehe A.3), um sicherzustellen, dass bei der Auslegung der Gründung die erforderlichen Verankerungen vorgesehen und die damit verbundenen Lasten berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 12).

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

Der Hersteller/Errichter muss für das Einsetzen der Ankerstäbe verantwortlich sein. Um etwaige Schäden zu vermeiden, hat dies vorzugsweise nach der Errichtung des Tanks zu erfolgen. Sind die Verankerungen jedoch in die Gründung eingegossen, hat der Hersteller/Errichter sicherzustellen, 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.

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 Anforderungen in 15.3 und 15.12.

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 ist festzulegen (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.

Es ist durch eine Prüfung sicherzustellen, dass die Überlappung von Bodenblechen bis zum Rand und Bodenrandblechen ≥ 60 mm ist.

Es ist durch eine Prüfung sicherzustellen, dass die Überlappung der Bleche mindestens das Fünffache der Blechdicke beträgt.

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

Örtlich begrenztes Abheben der Bodenbleche von der Gründungsoberfläche ist durch kontrollierte Schweißfolge auf ein Minimum zu begrenzen. In jedem Fall darf das Abheben nicht mehr als 0,25 % des Tankdurchmessers und höchstens 100 mm betragen. Das Abheben muss bei Umgebungstemperatur ohne Sonneneinwirkung gemessen werden.

Wenn ein Bodenrand erforderlich ist, sind die Bodenrandbleche stumpf aneinander zu fügen und voll durchzuschweißen, bevor die angrenzenden Bodenbleche bzw. 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

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

Sind keine Bodenrandbleche erforderlich, 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 angewandten Montageverfahren die in dieser Europäischen Norm festgelegten zulässigen Abweichungen eingehalten werden.

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

Nach Montage und Anschweißen des ersten Mantelschusses an den Boden,

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

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, 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 fertig gestellten 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 e mm	Versatz mm
$e \leq 8$	18 % von e
$8 < e \leq 15$	1,5
$15 < e \leq 30$	10 % von e
$30 < e$	3

16.7.4.2 Waagerechte Verbindungen

Ist in der Zeichnung eine Flucht zwischen den neutralen Achsen der Bleche angegeben, darf der Versatz zwischen den neutralen Achsen 20 % der Dicke des oberen Blechs, maximal 3 mm, nicht überschreiten.

In allen Fällen muss der Innendurchmesser des oberen Schusses größer/gleich dem Innendurchmesser des unteren Schusses sein.

Ist in der Zeichnung eine Flucht an der Innenseite der Mantelbleche angegeben, darf der Oberflächenversatz 20 % der Dicke des oberen Blechs, maximal 3 mm, nicht überschreiten.

16.7.5 Zulässige Abweichungen der Konturen im Bereich der Schweißverbindung

Die Konturen von Schweißverbindungen sind mit einer Schablone zu prüfen.

Waagerechte Verbindungen sind mit einem 1 m langen Lineal mit einem Ausschnitt für die Naht auf örtliche Formabweichungen zu prüfen.

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 prüfen.

Die zulässigen Abweichungen der tatsächlichen Kontur von der Auslegungskontur dürfen die in Tabelle 27 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 27 — Zulässige Abweichungen der Konturen im Bereich der Schweißverbindung

Blechdicke e 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 sind zusammenzusetzen und mit durchgeschweißten Stumpfnähten zu verbinden.

Werden Verstärkungsbleche oder zusätzliche Elemente zur Verstärkung von Ausschnitten verwendet (siehe Bild 7), sind diese mit durchlaufenden 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 bleibende Verformungen hervorrufen.

Unabhängig vom einzubauenden Dachtyp muss während der Errichtung die Standsicherheit stets gewährleistet sein.

16.8.2 Fachwerkgespärre

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. Dies gilt nicht für vorgestrichene Bleche, bei denen der Schutzüberzug bei der Schweißverfahrensprüfung berücksichtigt wurde.

Um das Eindringen von Kondenswasser zu verhindern, ist, sofern nicht anders festgelegt (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 Dach-Mantel-Verbindung bei Kegeldächern ohne Eckring (siehe Bild 6a)) ist als Stumpfnahnt auszuführen und muss den gleichen Prüfungen unterzogen werden wie die Mantelnähte.

Die Dach-Mantel-Verbindung bei Kegeldächern mit Eckring (siehe Bild 6b)) ist wie in der Zeichnung angegeben zu verstärken und als überlappte Naht oder mit Kantenabschrägung auszuführen.

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 Dächer mit Reißnaht 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 angewandten Schweißverfahren entsprechen.

Alle Verstärkungsbleche müssen mindestens eine Gewindebohrung für Prüfzwecke aufweisen.

16.10 Anbauteile an der Tankaußenseite

Treppen, Leitern und Laufstege an Tanks müssen den Anforderungen in 13.11 entsprechen.

Alle Kehlnähte müssen durchlaufend 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 konstruiert sein, dass eine Beeinträchtigung des Lagerguts vermieden wird.

Wenn Verstärkungsbleche am Boden angebracht werden, sind sie mit durchlaufenden Kehlnähten an den Bodenblechen anzuschweißen.

16.12 Temporäre Anbauteile

16.12.1 Falls erforderlich, sind während der Errichtung des Tanks temporäre Zugangsmöglichkeiten einzurichten.

Die Anzahl der Montageösen ist auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Temporäre Anbauteile sind nach demselben Verfahren zu schweißen, das für die Werkstoffe, an die sie angeschweißt werden, verwendet wird (siehe 18.7).

16.12.2 Beim Entfernen von temporären Anbauteilen vom Mantelblech ist das Teil entweder 3 bis 6 mm außerhalb des Mantelblechs thermisch zu trennen, oder die Befestigungsnäht ist durch Schleifen oder Meißeln ohne Beschädigung des Mantelblechs zu schwächen, sodass das Anbauteil abgeschlagen werden kann. Bei Blechen aus unlegierten Stählen mit einer Streckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$ sind beim Abtrennen von temporären Anbauteilen besondere Vorsichtsmaßnahmen erforderlich (siehe 18.7 und Tabelle 29).

16.12.3 Die Befestigungsstelle am Mantelblech ist anschließend glatt zu schleifen. Dabei darf keine Vertiefung in der Manteloberfläche entstehen.

ANMERKUNG Nach dem Schleifen sollte die Fläche auf Risse untersucht werden; dies gilt besonders für Mantelbleche mit einer festgelegten Mindeststreckgrenze von mehr als 275 N/mm^2 und Dicken von 20 mm und mehr. Ist durch das Schleifen eine Vertiefung entstanden, sollte für eine mögliche Reparatur EN 10163 herangezogen 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 Schutzanstrich, der vor dem Schweißen nicht entfernt wird, ist die Schweißverfahrensprüfung an Blechen mit diesem Anstrich durchzuführen.

Die folgenden Begriffe sind nach EN ISO 15607:2003, Abschnitt 3 zu verwenden:

- Vorläufige Schweißanweisung (pWPS),
- Schweißanweisung (WPS),
- Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (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 288-2 erstellen.

Art und Abmessungen der Prüfstücke für die Verfahrensprüfung müssen EN ISO 15614-1:2004, Abschnitt 6, entsprechen.

17.2.2 Schweißen der Prüfstücke

Die Prüfstücke sind nach EN ISO 15614-1:2004, 6.3, anzufertigen.

17.2.3 Prüfung der Prüfstücke

17.2.3.1 Hinsichtlich des Prüfumfangs, Prüfbereichs und der zerstörungsfreien Prüfungen gilt EN ISO 15614-1:2004, 7.1 bis 7.3.

17.2.3.2 Die zerstörenden Prüfungen sind nach EN ISO 15614-1:2004, 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.

Es sind je drei Prüfstücke aus der Naht und aus der Wärmeeinflusszone zu entnehmen. Die Mindestwerte der Kerbschlagarbeit müssen

27 J im Mittel, mit nur einem Wert unter 27 J, dieser jedoch nicht kleiner als 19 J

betragen.

17.2.3.3 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.

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 15614-1:2004, Abschnitt 9, auszustellen.

ANMERKUNG Andere WPAR können jedoch vom Besteller akzeptiert werden, wenn die Prüfungen nach einer anderen Norm durchgeführt wurden und ihr Umfang mit 17.2, 17.3 und 17.4 dieses Dokuments übereinstimmt.

17.3.2 Geltungsbereich

Der Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren muss für den in EN ISO 15614-1:2004, 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 287-1 erfolgen.

Die Prüfung von Benutzern von Schweißeinrichtungen muss nach EN 1418 erfolgen.

17.5 Arbeitsproben

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, ist je Tank eine Arbeitsprobe zu fertigen.

Diese Arbeitsprobe ist beim Schweißen des unteren Mantelschusses V1 anzufertigen und muss mindestens 300 mm breit und so groß sein, dass ihre mechanischen Eigenschaften nicht durch Wärmeeinwirkung beeinflusst werden.

Ist es aufgrund des Errichtungsverfahrens nicht möglich, die Arbeitsprobe am Ende einer vertikalen Naht anzuordnen, ist sie an einer nahe gelegenen Unterlage zu schweißen.

17.5.2.2 Folgende Prüfungen sind an jeder Arbeitsprobe durchzuführen:

- Zerstörungsfreie Prüfung zur Feststellung innerer Schweißnahtfehler;
- die mechanischen Probekörper müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 15614-1:2004, 7.2, und 17.2.3 dieses Dokuments aus einem schweißfehlerfreien Bereich entnommen werden und die in der Schweißanweisung festgelegten Werte müssen erzielt 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 Anforderungen in Abschnitt 17 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 Verzug und Schrumpfung auf ein Minimum begrenzt werden.

18.3 Schweißen von Tankböden

18.3.1 Entfernen von Beschichtungen

Ist die Unterseite der Bodenbleche mit einer Beschichtung versehen, 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 Badsicherungen verwendet werden, müssen diese nicht entfernt werden.

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 Verwendung von Badsicherungen zu vereinbaren.

18.4 Schweißverbindung zwischen Mantel und Boden

Die Ränder von Kehlnähten dürfen keine unzulässigen Einbrandkerben aufweisen und die Nahtform muss den Anforderungen in Tabelle 32 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.

Bei Tanks mit Schwimmdach oder Schwimmdecke ist die Schweißnahtüberhöhung an der Tankinnenseite möglichst gering zu halten.

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 Einbrandkerbe 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 einem zugelassenen Schweißverfahren ausgeführt werden (siehe 17.1.2).

Die Schweißzusätze müssen den Angaben im zugelassenen Schweißverfahren entsprechen.

Das für das zugelassene Schweißverfahren vorgeschriebene und angewandte Vorwärmen ist auch bei temporären Schweißnähten anzuwenden.

18.8 Witterungsbedingungen

Wird bei feuchtem Wetter geschweißt, 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, 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 größer ist.

Jeder Schweißer bzw. 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 und 13.9 (siehe Tabelle 28) eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT) erforderlich, sind dafür die in 18.10.2 bis 18.10.8 festgelegten Verfahren anzuwenden.

Tabelle 28 — Anforderungen für die Wärmebehandlung nach dem Schweißen bei Stutzen

Werkstoffgüte	Mantelblechdicke	Stutzendurchmesser
	e mm	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 sein und müssen mit den an den Teilen befestigten Thermoelementen gemessen werden, sofern nicht nachgewiesen werden kann, dass der verwendete Ofentyp stets den Anforderungen in 18.10 entspricht.

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 Teils 400 °C nicht überschreiten.

18.10.4 Die Erwärmungsgeschwindigkeit T_h auf über 400 °C (in °C/h) muss wie folgt bestimmt werden:

$$T_h \leq \frac{5500}{e}, \text{ maximal } 220 \text{ °C/h} \quad (23)$$

Dabei ist

e die größte Mantelblechdicke, in mm.

18.10.5 In der Erwärmungsphase dürfen im wärmebehandelten Teil keine Temperaturschwankungen > 150 °C je 4 500 mm Länge auftreten. Nach Erreichen der Haltetemperatur muss die Werkstofftemperatur über das gesamte Teil 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 Teil einwirken.

18.10.7 Wenn das Teil gleichmäßig auf die in 18.10.5 festgelegte Temperatur erwärmt ist, muss die Temperatur über einen Zeitraum in Minuten konstant gehalten werden, der der Dicke des dicksten Blechs in Millimeter e entspricht, mindestens aber über 30 Minuten.

18.10.8 Das Teil muss im Ofen auf 400 °C mit einer Abkühlungsgeschwindigkeit T_c (in °C/h) abgekühlt werden, die wie folgt zu bestimmen ist:

$$T_c \leq \frac{5500}{e}, \text{ maximal } 220 \text{ °C/h} \quad (24)$$

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 Schleifen oder Meißeln einer oder beider Seiten der Nahtverbindung, wie erforderlich, beseitigt werden und unter Anwendung des 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 welchem Fall die Schweißnahtprüfung im ursprünglich festgelegten Umfang durchgeführt werden muss.

19 Prüfung und Inspektion

19.1 Allgemeines

Für alle in dieser Europäischen Norm geforderten zerstörungsfreien Prüfungen (ZfP) müssen Hersteller oder Errichter verantwortlich sein. Sie sind von einer von der Fertigungsabteilung des Herstellers oder Errichters unabhängigen Prüfstelle oder -organisation nach Definition in 3.1 durchzuführen.

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 Prüfungen und der Einhaltung der Anweisungen für Herstellung und Errichtung überzeugen können. Diese Inspektionen sind 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 zugehörige Zertifizierung muss nach EN 473 erfolgen.

Der Hersteller/Errichter oder sein Unterauftragnehmer müssen die Gültigkeit der Qualifizierung von ZfP-Personal nachweisen.

Wird mit der zerstörungsfreien Prüfung ein Unterauftragnehmer betraut, 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 Dokument muss folgende Angaben enthalten:

- a) Umfang des Prüfverfahrens
- b) Durchführungsbedingungen:
 - Verwendete Ausrüstung;
 - Art und Eigenschaften der verbrauchten Materialien;
 - Prüfparameter (Dauer, Temperatur usw.);
 - Bedingungen für das Ablesen der Ergebnisse (Licht usw.);
 - geltende Sicherheitsbestimmungen.

19.4 Art der Inspektionen und Prüfungen

19.4.1 Überprüfung der Werkstoffe

Der Hersteller-/Errichter muss sicherstellen, dass die Werkstoffe in Übereinstimmung mit den Werkstoffnormen und allen anderen festgelegten Anforderungen überprüft wurden und dass die Ergebnisse den Anforderungen dieses 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 Prüfungen der Schweißkanten und der Vorbereitungen für die Montage

Alle Schweißkanten und Vorbereitungen für die Montage sind einer Sichtprüfung nach EN 970 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 beinhalten. Die zu prüfenden Bereiche umfassen Boden, Boden-Mantel-Verbindung, Mantelbleche, Dach-Mantel-Verbindung, Dach, Stützen, Dachrahmen, Versteifungsringe (Windverband) und Versteifungselemente.

Wenn Mantelstützen aus Blechen aus unlegierten Stählen mit einer Dicke ≥ 25 mm hergestellt werden, sind sie einer Ultraschallprüfung auf Doppelungen im Stützenblech in einem Bereich der Stützen-Mantel-Verbindung zu unterziehen, der das Zweieinhalbfache der Dicke des Mantelblechs umfasst, in das der Stützen eingeschweißt wird. Falls Schmiedestücke für die Stützen verwendet werden, ist diese Prüfung nicht erforderlich.

19.4.3 Sichtprüfung

Eine Sichtprüfung nach EN 970 ist durchzuführen, um Schweißraupen, Form und Abmessungen zu überprüfen und vorhandene Oberflächenfehler sowohl an den Schweißnähten als auch an Blechen, Stützen und sämtlichen bei der Herstellung und Errichtung des Tanks angeschweißten Anbauteilen festzustellen.

Diese Prüfung ist vor jeder anderen zerstörungsfreien Prüfung durchzuführen.

19.4.4 Art und Umfang von Schweißnahtprüfungen

Art und Umfang der Prüfungen der Schweißnähte müssen von der Art der Verbindung, ihrer Lage und den verwendeten Werkstoffen abhängen und Tabelle 29, ergänzt durch Tabellen 30 und 31, entsprechen.

Die Prüfbereiche sind vom Abnahmebeauftragten auszuwählen.

Tabelle 29 — Art und Umfang von Schweißnahtprüfungen für unlegierte Stähle und nichtrostende Stähle

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung	Unterdruckprüfung mit Saugglocke	Eindringprüfung	Magnetpulverprüfung	Nekalprüfung	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung (19.10)
		(19.4) %	(19.5) %	(19.6) %	(19.7) %	(19.8) %	(19.10) %
Bodenbleche	Stumpfnah	100	100	100 ^a oder 100 ^a			
	Kehlnah ^b	100	100	100 ^a oder 100 ^a			
Bodenrandbleche	Radiale Stumpfnah	100	100 oder 100	oder 100	oder 100		^c und ^d
Boden-Mantel-Verbindung	Kehlnah	100 ^e	100 ^f oder 100 ^e	oder 100 ^e	oder 100 ^e	oder 100 ^g	
Mantel	Stumpfnah	100					Tabellen 30 und 31
Dach-Mantel-Verbindung	Kehlnah	100		100 ^h oder 100 ^h	oder 100 ^h	oder 100 ^h	
	Stumpfnah	100		100 ^h oder 100 ^h	oder 100 ^h	oder 100 ^h	
Dach	Kehlnah ^b	100		100 ^h oder 100 ^h	oder 100 ^h	oder 100 ^h	
	Stumpfnah	100		100 ^h oder 100 ^h	oder 100 ^h	oder 100 ^h	

a Für den Fall, dass die Unterdruckprüfung mit der Saugglocke nicht durchführbar ist.

b Kehlnähte schließen Nähte zur Verbindung überlappender Bleche ein.

^c Durchstrahlungsprüfung mit einem Film von 400 mm Gesamtlänge vom Außenrand des Bodenrandblechs oder Ultraschallprüfung über die Gesamtlänge, eine von vier Nähten.

^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.

^e Auf beiden Seiten.

^f Bei Stahl mit Streckgrenze $< 355 \text{ N/mm}^2$ und Dicke $\leq 30 \text{ mm}$, nur auf der Innenseite.

^g Bei Mantelblech $> 30 \text{ mm}$.

^h Eine Seite.

Tabelle 29 (fortgesetzt)

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung	Unterdruckprüfung mit Saugglocke	Eindringprüfung	Magnetpulverprüfung	Nekalprüfung	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung
		(19.4) %	(19.5) %	(19.6) %	(19.7) %	(19.8) %	(19.10) %
Stutzen in Mantel oder Boden und Stutzen im Dach bei Auslegungsdruck > 60 mbar	Längsnaht	100 ⁱ					100
	Vorschweißflansch mit Rohr $d_n \geq 100$ mm	100 ⁱ					10
	Vorschweißflansch mit Rohr $d_n < 100$ mm	100 ^{h i}		100 ^h oder 100 ^h			
	Kehlnaht Überschiebflansch an Rohr	100 ⁱ		100 oder 100			
Stutzen und Mantel oder Einbaublech und Stutzen mit Verstärkungsblech	Stutzen an Mantel oder Einbaublech	100 ⁱ		100 oder 100			
	Stutzen an Verstärkungsblech	100 ⁱ		100 oder 100			
	Verstärkungsblech an Mantel	100 ⁱ				100	
	Einbaublech an Mantel	100					100
^h Eine Seite. ⁱ Nach der Wärmebehandlung der vorgefertigten Teile, falls erforderlich.							

Tabelle 29 (fortgesetzt)

Teil des Tanks	Art der Verbindung	Sichtprüfung	Unterdruckprüfung mit Saugglocke	Eindringprüfung	Magnetpulverprüfung	Nekalprüfung	Durchstrahlungsprüfung (19.9) oder Ultraschallprüfung (19.10)
		(19.4) %	(19.5) %	(19.6) %	(19.7) %	(19.8) %	
Stutzen der Reinigungsöffnung bündig mit Bodenblech	Stumpfnah am Boden	100 ⁱ					100
	Alles außer Verstärkungen	100 ⁱ		100 ⁱ	100 ^j		
Stutzen im Dach Auslegungsdruck ≤ 60 mbar	Längsnaht des Stutzenrohrs	100				100	
	Stumpfnah Vorschweißflansch an Rohr	100				100	
	Kehlnah Überschiebflansch an Rohr	100				100	
	Kehlnah Stutzen an Dach	100		100 oder 100			
Temporäre Anbauteile	Nach Entfernen der Anbauteile	100		100 ^k oder 100 ^k			
Permanente Anbauteile und Zwischenbleche	Kehlnah	100		100 ^k oder 100 ^k			
Versteifungsringe (Windverband)	Hauptstumpfnähte in Versteifungsringen	100					
	Kehlnähte an Mantel	100		100 ^k oder 100 ^k			

ⁱ Nach der Wärmebehandlung der vorgefertigten Teile, falls erforderlich.

^j Nach der ersten Lage.

^k Bei Stahl mit Streckgrenze ≥ 355 N/mm².

Tabelle 30 — Umfang von Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus unlegierten Stählen

Blech		Art der Prüfung	Schweißnaht			
Streckgrenze N/mm ²	Dicke <i>e</i> mm		V1 ^a %	Vr ^b %	T-Stoß % ^c	Horizontal %
< 355	≤ 13	Durchstrahlung	5	1	25	1
	> 13 bis 30	Durchstrahlung oder Ultraschall ^d	10	5	50	2
	> 30	Durchstrahlung oder Ultraschall ^d	20	10	100	2
≥ 355	≤ 13	Durchstrahlung	10	5	25	1
	> 13 bis 30	Durchstrahlung oder Ultraschall ^d	20	10	50	2
	> 30	Ultraschall ^d	50	20	100	5

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu diesen Prüfungen ist mindestens eine der nachstehenden Prüfungen 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.

^a V1 ist die senkrechte Naht im ersten (unteren) Mantelschuss.

^b Vr sind die senkrechten Nähte in den übrigen Mantelschüssen.

^c 50 % davon mit waagrecht liegendem 400-mm-Film und 50 % mit senkrecht liegendem Film.

^d Ultraschallprüfung ist für halbautomatisches Schweißen bei Dicken über 20 mm vorgeschrieben.

Tabelle 31 — Umfang von Durchstrahlungs- und Eindringprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus nichtrostendem Stahl

Blechdicke <i>e</i> Mm	Art der Prüfung	Schweißnaht			
		V1 ^a %	Vr ^b %	T-Stoß % ^c	Horizontal %
≤ 8	Durchstrahlung	1	1	1	1
> 8 to 13	Durchstrahlung	5	1	5	1
> 13	Durchstrahlung	5	2	10	2
Alle Dicken	Eindringprüfung	10	10	10	10

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu diesen Prüfungen ist mindestens eine der nachstehenden Prüfungen 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.

^a V1 ist die senkrechte Naht im ersten (unteren) Mantelschuss.
^b Vr sind die senkrechten Nähte in den übrigen Mantelschüssen.
^c 50 % davon mit waagrecht liegendem 400-mm-Film und 50 % mit senkrecht liegendem Film.

19.4.5 Zusätzliche Prüfungen an fehlerhaften Schweißnähten

19.4.5.1 Allgemeines

Werden über das zulässige Maß hinaus Fehler festgestellt, sind weitere Prüfungen durchzuführen.

19.4.5.2 Automatisches Schweißen

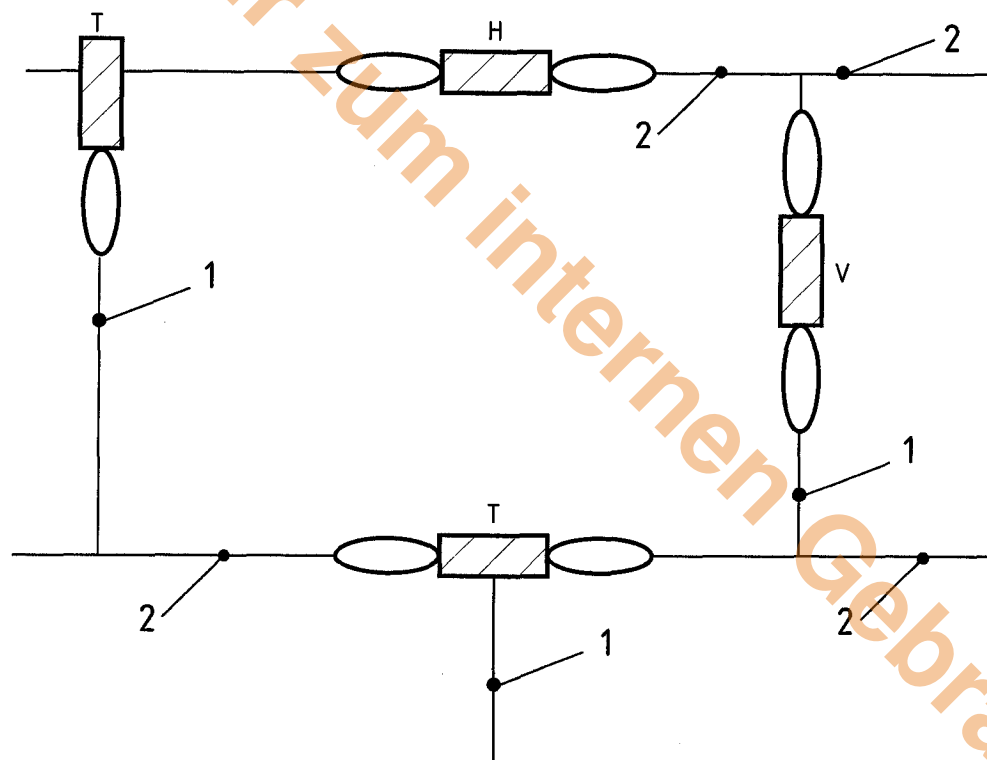
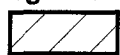
Ein weiterer Film ist aufzunehmen, oder es ist eine Ultraschallprüfung jeweils 1 m auf beiden Seiten des ursprünglichen Prüfbereichs durchzuführen (siehe Bild 19).

Falls eine dieser zusätzlichen Film- oder Ultraschallprüfungen mit Fehlern ausscheidet, ist die gesamte mit der betreffenden Maschine gefertigte Tagesarbeit einer 100%igen Prüfung zu unterziehen.

19.4.5.3 Manuelles Schweißen

Ein weiterer Film ist aufzunehmen, oder es ist eine Ultraschallprüfung jeweils 1 m 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 100%igen Prüfung zu unterziehen.

**Legende**

zu prüfende Naht



zusätzliche Prüfungen

1 senkrechte Naht

2 horizontale Naht

Bild 19 — Zusätzliche Prüfungen 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 aufweisen:

- hohe Benetzungsfähigkeit,
- niedrige Viskosität,
- geringe Oberflächenspannung,
- hohes Schaumvermögen.

19.6 Eindringprüfung

Die Eindringprüfung ist nach EN 571-1 durchzuführen.

Alle bei einer Prüfung verwendeten Prüfmittel müssen miteinander kompatibel 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 vom Hersteller 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 1290 durchzuführen.

Zur Magnetisierung darf kein Verfahren angewandt 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.

Das in der Prüfung angewandte Verfahren und Gerät sowie die Verfahren zur Feststellung und zum Ausschluss von Fehlern sind in einem Dokument festzulegen, das dem Besteller oder dem Abnahmebeauftragten vorgelegt wird.

Die erforderliche Oberflächengüte ist im angewandten Verfahren anzugeben, damit die Ergebnisse richtig beurteilt werden können.

ANMERKUNG Trockenpulver sollte auf unbearbeiteten Flächen nicht verwendet werden.

19.8 Nekalprüfung mit Innendruck

19.8.1 Verstärkungsbleche

Nach dem Benetzen der Schweißnähte am Verstärkungsblech mit Seifenwasser nach 19.5 ist Luft mit einem Überdruck von 300 mbar (30 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 und Dach-Mantel-Verbindungen

Bei der Gasdruckprüfung des Daches 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 Druck ist während der Prüfung aufrechtzuerhalten.

Das Seifenwasser nach 19.5 ist mit einem Pinsel oder durch Sprühen auf die Nähte aufzutragen.

Nach der Prüfung ist die Gewindebohrung dicht zu verschließen.

19.9 Durchstrahlungsprüfung

19.9.1 Allgemeines

Die Durchstrahlungsprüfung ist nach EN 1435 durchzuführen.

Der Hersteller/Errichter und das entsprechend qualifizierte Personal müssen bei Durchstrahlungsprüfungen im Werk oder am Errichtungsort die geltenden Sicherheitsbestimmungen einhalten.

Die Art der verwendeten Strahlungsquelle ist zu vereinbaren (siehe A.2); sie muss von der Werkstoffdicke und der Geometrie der zu prüfenden Bereiche abhängig sein.

Für das Durchstrahlungsverfahren bei Schweißnähten an unlegierten Stählen gilt EN 444.

Für unlegierte Stähle mit einer Streckgrenze $< 355 \text{ N/mm}^2$ gilt Prüfklasse A.

Für unlegierte Stähle mit einer Streckgrenze $\geq 355 \text{ N/mm}^2$ gilt Prüfklasse 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 462-1 oder EN 462-2 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 gelagert werden.

19.10 Ultraschallprüfung

Die Ultraschallprüfung ist nach EN 1714 durchzuführen.

19.11 Zulässigkeitskriterien

19.11.1 Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten

Die Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten für die verschiedenen Teile des Tanks müssen Tabelle 19.11.1 entsprechen.

Die Bezeichnungen der Unregelmäßigkeiten müssen EN ISO 6520-1 entsprechen.

Bereiche, die außerhalb dieser Grenzwerte (Mindestanforderungen) liegen, müssen in Übereinstimmung mit 18.11 repariert werden.

Tabelle 32 — Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten

Referenznummer nach EN ISO 6520-1	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Art der Verbindung	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
100 101 102	Riss Längsriss Querriss	Alle	Nicht zulässig
104	Endkrateriss	Alle	Nicht zulässig
2011 2012	Pore Gleichmäßig verteilte Porosität	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Verbindung Stutzennähte in Mantel und Boden	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 1\%$ Einzelporen – Stumpfnah $d \leq 0,3 s$ Einzelporen – Kehlnah $d \leq 0,3 a$ mit d max. 3 mm
		Dach und Gespärre Dachstutzen	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 2\%$ Einzelporen – Stumpfnah $d \leq 0,4 s$ Einzelporen – Kehlnah $d \leq 0,4 a$ mit d max. 4 mm
2013	Porennest	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Verbindung Stutzennähte in Mantel und Boden	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 4\%$ Einzelporen – Stumpfnah $d \leq 0,3 s$ Einzelporen – Kehlnah $d \leq 0,3 a$ mit d max. 2 mm
		Dach und Gespärre Dachstutzen	\bar{z} Bereich mit Poren $\leq 8\%$ Einzelporen – Stumpfnah $d \leq 0,4 s$ Einzelporen – Kehlnah $d \leq 0,4 a$ mit d max. 3 mm
2015 2016	Gaskanal Schlauchpore	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Verbindung Stutzennähte in Mantel und Boden	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnah $h \leq 0,3 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnah $h \leq 0,3 a$ mit h max. 2 mm
		Dach und Gespärre Dachstutzen	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnah $h \leq 0,4 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnah $h \leq 0,4 a$ Mit h max. 3 mm
2017	Oberflächenpore	Alle	Einzelporen – Stumpfnah $d \leq 0,3 s$ Einzelporen – Kehlnah $d \leq 0,3 a$ mit d max. 3 mm

Tabelle 32 (fortgesetzt)

Referenznummer nach EN ISO 6520-1	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Art der Verbindung	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
2024	Endkraterlunker	Alle	Nicht zulässig
300	Fester Einschluss	Mantelstumpfnähte Mantel-Boden-Verbindung Stutzennähte in Mantel und Boden	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnah $h \leq 0,3 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnah $h \leq 0,3 a$ mit h max. 2 mm
		Dach und Gespärre Dachstützen	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig Kurze Unregelmäßigkeiten – Stumpfnah $h \leq 0,4 s$ Kurze Unregelmäßigkeiten – Kehlnah $h \leq 0,4 a$ mit h max. 3 mm
3041 3042	Wolframeinschluss Kupfereinschluss	Alle	Nicht zulässig
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	Durchlaufende Einbrandkerbe	Alle	Nicht zulässig
5012 5013	Nicht durchlaufende Einbrandkerbe Wurzelkerbe	Alle	10 % von e , max. 0,5 mm bei senkrechten Nähten 10 % von e , max. 1 mm bei waagerechten Nähten; sanfter Übergang erforderlich
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

Tabelle 32 (fortgesetzt)

Referenznummer nach EN ISO 6520-1	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Art der Verbindung	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
503	Zu große Nahtüberhöhung	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
	Unterschreitung der Kehlnahthöhe	Mantel-Stützen-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 Stützen	$h \leq 0,5 e$, max. 2 mm
		Stahltragwerk	$h \leq 0,15 e$, max. 4 mm
509	Verlaufenes Schweißgut	Alle	Lange Unregelmäßigkeiten nicht zulässig
511	Decklagenunterwölbung		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

Tabelle 32 (fortgesetzt)

Referenznummer nach EN ISO 6520-1	Bezeichnung der Unregelmäßigkeit	Art der Verbindung	Maximal zulässige Unregelmäßigkeit
605	Meißelkerbe		Siehe 19.11.2
606	Unterschleifung		Siehe 19.11.2
<p><i>a</i>: Nennwert der Kehlnahthöhe <i>b</i>: Breite der Nahtverstärkung <i>d</i>: Porendurchmesser <i>e</i>: Dicke des Grundwerkstoffs <i>h</i>: Abmessung (Breite oder Tiefe) der Unregelmäßigkeit <i>l</i>: Länge der Unregelmäßigkeit <i>s</i>: Nennwert der Stumpfnahthöhe bzw. bei teilweiser Durchschweißung, vorgeschriebene Einbrandtiefe \bar{z}: Summe der projizierten Fläche</p> <p>Lange Unregelmäßigkeit: Eine oder mehrere Unregelmäßigkeiten mit einer Gesamtlänge von über 25 mm auf eine Schweißnahtlänge von 100 mm oder von mindestens 25 % der Schweißnahtlänge bei Nähten unter 100 mm.</p> <p>Kurze Unregelmäßigkeit: 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.</p> <p>Unterbrochene Einbrandkerben: Eine Gesamtlänge der Kerben von höchstens 200 mm an einer Kante auf eine Schweißnahtlänge von 2 m.</p>			

19.11.2 Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen

Sofern Schleifen zulässig ist, ist die Unregelmäßigkeit vollständig zu entfernen und die Oberfläche einer weiteren Prüfung zu unterziehen.

Eine Reduzierung der Dicke unter den in 9.2.2 festgelegten Wert ist nicht zulässig. Örtliche Dickenunterschreitung ist jedoch zulässig, sofern die nachstehenden zwei Bedingungen erfüllt sind:

- Die endgültige Blechdicke muss in einem Bereich von $6e$ mal $6e$ mindestens 95 % der nach 9.2 ermittelten Dicke betragen, und muss in die nicht betroffene Oberfläche übergehen.
- Der Abstand zwischen zwei Bereichen mit Dickenunterschreitung muss mindestens dem Durchmesser des Kreises um den größten Bereich entsprechen.

19.12 Prüfung der Abmessungen

Zusätzlich zu den im Werk durchgeführten Prüfungen der Innenabmessungen vorgefertigter Teile und den in 16.6, 16.7 und 16.8 geforderten Prüfungen müssen Errichter oder Abnahmebeauftragter mindestens die nachstehenden Parameter prüfen:

- allgemeine Ausrichtung des Tanks;
- wesentliche Abmessungen 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;
- Rundung der Wand und das Nichtvorhandensein von Flachstellen.

19.13 Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen

19.13.1 Allgemeines

Sämtliche Tanks sind einer Flüssigkeitsdruckprüfung zu unterziehen.

Abgesehen von Ausnahmefällen, die zu vereinbaren sind (siehe A.2), ist als Prüfflüssigkeit Wasser zu verwenden.

Die Flüssigkeitsdruckprüfung ist erst dann durchzuführen, wenn alle Schweißarbeiten abgeschlossen und alle geschweißten Anbauteile an Mantel und Boden angebracht sind.

Falls nicht anders vereinbart (siehe A.2), muss die Prüfung vor dem Anstrich durchgeführt werden.

19.13.2 Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung

Der Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung muss bei allen Tanks gleich dem Auslegungsfüllstand nach 9.1.3 und 9.2.1 sein.

19.13.3 Gasdruckprüfung

Bei Festdachtanks muss der Druck in dem Dampfraum über der Flüssigkeit während der Prüfung dem in 9.2.2 angegebenen Wert von p_t entsprechen.

Dies gilt nicht für Tanks mit freier Ent- und Belüftung.

19.13.4 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 Hilfsmittel oder temporäre Einbauteile zu entfernen.

Für die Prüfungen muss der Errichter am Dach oder an einem der Dachstützen ein Sicherheitssystem ausreichender Kapazität installieren, damit Über- und Unterdruckwerte die berechneten und in der Auslegung 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, ist anderes Wasser nur nach Vereinbarung mit Zustimmung des Bestellers zu verwenden (siehe A.2).

ANMERKUNG Die Verwendung von Korrosionshemmern ist zulässig.

Die Verwendung von Brackwasser oder Seewasser muss auf ein Mindestmaß beschränkt werden, und es sind Vorkehrungen dafür zu treffen, dass der Tank nach der Prüfung mit sauberem Wasser gespült wird.

Bei Tanks aus nichtrostendem Stahl oder mit Teilen aus nichtrostendem Stahl (z. B. Schwimmdecke) ist die Wasserqualität zu prüfen. Der Gehalt an Chlorionen (Cl-) darf 0,0025 % nicht überschreiten.

Bei Umgebungstemperaturen von 0 °C oder darunter muss der Errichter durch geeignete Maßnahmen ein Gefrieren des Wassers verhindern.

19.13.5 Prüfung während der Befüllung

19.13.5.1 Setzungsmessung am Tankumfang

Der Errichter muss vor Beginn der Füllung nachstehend aufgeführte Messmarken an der Tankaußenseite anbringen, anhand derer eine mögliche Setzung oder Bewegung der Gründung während der Prüfung festgestellt werden kann, und zwar

- vier Markierungen bei Tanks mit Durchmesser ≤ 10 m,
- acht Markierungen bei Tanks mit größerem Durchmesser.

Ist die Setzung der Gründung nicht bekannt, muss der Errichter Messmarken verwenden, die auch nach einem Anstrich des Tanks sichtbar bleiben.

Die Höhe dieser Messmarken bezogen auf eine Bezugshöhe ist vor dem Füllen und danach so oft wie erforderlich, mindestens aber bei halber und drei viertel Füllung sowie bei vollem Tank zu dokumentieren.

19.13.5.2 Kontrolle des Bodendurchhangs

Vor dem Füllen muss der Errichter die Kontur des Tankbodens vermessen und aufzeichnen, um eine mögliche Verformung durch das Gewicht des Wassers zu ermitteln. Die Messwerte 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 Radian bei 0° , 120° und 240° , bei einem Drittel und zwei Dritteln der Radian und im Mittelpunkt,
- bei Tanks mit einem Durchmesser > 10 m an 6 Radian bei 0° , 60° , 120° , 180° , 240° und 300° , bei einem Drittel und zwei Dritteln der Radian und im Mittelpunkt.

19.13.6 Füllen

Die Geschwindigkeit des Füllvorgangs ist zu vereinbaren (siehe A.2); dabei sind die Tankabmessungen, 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, 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.

19.13.7 Prüfung des Dachs (Überdruck)

Die folgende Prüfung ist während der Flüssigkeitsdruckprüfung des Tanks durchzuführen.

Alle Nähte am Mantel und Dach oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche sind zu prüfen.

Alle Öffnungen sind zu verschließen und die Sicherheitsventile sind nur für diese Prüfung auf den höchstzulässigen Berechnungsdruck einzustellen.

ANMERKUNG 1 Es kann erforderlich sein, geeignete Sicherheitsventile für die Prüfung vorzusehen.

Der Luftdruck ist auf den in 19.13.3 angegebenen Prüfdruck einzustellen; für auf Stützen ruhende Dächer 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 Minuten nach Erreichen des Überdrucks beginnen darf.

Bei Tanks mit einem Auslegungsdruck über 10 mbar muss der Prüfdruck 15 Minuten 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 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 einer Unterdruckprüfung mit Saugglocke nach 19.5 zu unterziehen.

Können Tanks nicht zur Feststellung von Undichtheiten mit Druck beaufschlagt werden, sind die Schweißnähte durch eine Unterdruckprüfung mit Saugglocke nach 19.5 auf Dichtheit zu prüfen.

ANMERKUNG 2 Bei dieser Prüfung sind die Drücke sorgfältig zu regeln und zu überwachen. Klimatische Veränderungen können starke Schwankungen des Prüfdrucks bewirken. Durch geeignete Vorkehrungen ist für sicheren Druckausgleich im Fall derartiger Schwankungen zu sorgen.

19.13.8 Prüfung der Tankstabilität bei Unterdruck

Nach Absenken des Flüssigkeitsstands auf eine Höhe von einem Meter über der Oberkante des Ablaufstutzens ist der Tank auf Stabilität bei Unterdruck zu prüfen.

Alle Öffnungen mit Ausnahme des Unterdrucksicherheitsventils (Druck/Unterdruck) sind zu verschließen, und der Flüssigkeitsstand ist auf den nach 5.1 erforderlichen Wert zu senken.

19.14 Prüfungen bei leerem Tank

Nach Abschluss aller Prüfungen ist der Tank zu entleeren, zu reinigen und gegebenenfalls 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, muss der Errichter nach dem Trocknen des Tanks die Schweißnaht zwischen Ablaufrohrstutzen und Bodenblechen einer 100 %igen Sichtprüfung und zusätzlich einer 100%igen Eindringprüfung oder einer Magnetpulverprüfung unterziehen.

19.15 Anbauteile

19.15.1 Anbauteile an der Tankaußenseite

Die Prüfung der Anbauteile (siehe 13.10 bis 13.15) muss die Güte der Schweißnähte behandeln.

Geschweißte Stützen sind darauf zu prüfen, ob sichergestellt ist, dass die Nähte durchlaufend geschweißt sind.

Die Güte und Festigkeit von Schraubverbindungen sind darauf zu prüfen, dass die freie Beweglichkeit von Laufstegen zwischen benachbarten Tanks gegeben ist.

Erdungen sind darauf zu prüfen, dass die Anschlüsse festgezogen und geschützt sind.

19.15.2 Anbauteile im Tankinnern

Neben der Prüfung der Anordnung der Anbauteile (Rohre, Stützen, Verstärkungen usw.), ist die Güte der Schweißnähte (keine Einbrandkerbe, kein Unterschreiten der erforderlichen Nahthöhe usw.) zu prüfen.

Durch Einbau und Anschweißen der Anbauteile dürfen keine Stellen entstehen, an denen Lagergutreste zurückbleiben.

20 Dokumentation und Fabrikschild

20.1 Dokumentation

Anhand der Zusammenstellung in Tabelle 33 muss der Besteller angeben, welche Unterlagen erforderlich oder zu prüfen sind.

ANMERKUNG: Der Begriff „Dokumentation“ umfasst sämtliche Unterlagen, die erstellt werden von:

- Besteller;
- Hersteller;
- Errichter;
- Prüforganisation.

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 — Zusammenstellung der Unterlagen

Unterlagen	Gefordert	Geprüft	Bemerkungen
Auslegungsberechnungen			
Zeichnungen „As built“			
Übersichtszeichnung			
Lageplan			
Detailzeichnungen			
Dach, Mantel, Boden:			
Stützen und Anbauteile			
Festdach:			
Gespärre			
Schwimmdach:			
Stützen, Eckbleche, Laufstege			
Treppen und Geländer			
Schwimmdecke			
Abdichtung			
Prüfbescheinigungen der Lieferanten einschließlich Werkstoffbescheinigungen			
Bleche			
Rohre			
Flansche			
Schweißzusätze			
Sonstiges			
Schweißen – Dokumente			
Vorläufige Schweißanweisung (pWPS)			
Schweißanweisung (WPAR)			
Schweißerprüfbescheinigung			
Wärmebehandlung nach dem Schweißen (PWHT)			
Schweiß- und Schweißer-Bezugszeichnung			
Prüfdokumente			
Zulassung von ZfP-Personal			
Prüfverfahren			
Bericht über Sicht- und Maßprüfung			
Durchmesser			
Senkrechtstellung			
Bericht über Eindringprüfung			
Bericht über Magnetpulverprüfung			

Tabelle 33 (fortgesetzt)

Unterlagen	Gefordert	Geprüft	Bemerkungen
Auslegungsberechnungen Bericht über Durchstrahlungsprüfung Lageplan Bericht über Ultraschallprüfung Lageplan Bericht über Dichtheitsprüfung der Bodenschweißnähte Bericht über Gasdruckprüfung der Verstärkungen Bericht über Bodenhöhenmessung Bericht über Mantelhöhenmessung Bericht über die Untersuchung der Wasserqualität (für Tanks aus nichtrostendem Stahl) Bericht über Wasserdruckprüfung Bericht zur Vermessung der Gründung			
Heiz- oder Kühlsystem – Dokumente Konstruktionsberechnungen Zeichnungen Werkstoffbescheinigungen Bericht über Wasserdruckprüfung			
Sicherheitssysteme – Dokumente			

20.2 Fabrikschild

An jedem Tank ist an der dafür vorgesehenen Stelle ein Fabrikschild mit folgenden Angaben anzubringen:

- Name und Adresse der Herstellerfirma;
- Fabriknummer;
- Auslegungsnorm (EN 14015:2004);
- Herstellungsjahr;
- Tankkennzeichen;
- Durchmesser, in m;
- Auslegungsdichte, in kg/l;
- Auslegungsüberdruck in mbar;
- Auslegungsunterdruck in mbar;
- Auslegungswandtemperatur, in °C;
- höchster Auslegungsfüllstand, in m;
- Fassungsvermögen, 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 enthält:

- Name und Adresse der Herstellerfirma;
- Fabriknummer;
- Auslegungsnorm;
- Heizfläche in m²;
- Volumen, in m³;
- Art des Wärmeübertragungsmittels;
- Auslegungsüberdruck, in bar;
- Auslegungswandtemperatur, in °C.

Nur zum internen Gebrauch

Anhang A (normativ)

Angaben und Anforderungen, die zu dokumentieren sind

A.1 Angaben des Bestellers

Der Besteller muss nachstehende Angaben in vollem Umfang dokumentieren:

- Auslegungsdruck und innerer Auslegungsunterdruck (siehe 5.1 und Tabelle 3);
- die Stahlsorte der nichtrostenden Stähle (siehe 6.2.1.2);
- Anforderungen an die Oberflächenausführung bei nichtrostenden Stählen (siehe 6.2.1.4);
- falls gefordert, Wert der seismischen Last einschließlich vertikaler und horizontaler Beschleunigungen für die Auslegung (siehe 7.2.11);
- Bodentyp, sofern nicht Einzelboden (siehe 8.1.1);
- Gefälle des Bodens (siehe 8.1.1);
- Stumpfschweißen der Bodenbleche, falls diese nicht überlappend verschweißt sind (siehe 8.4.1);
- durchlaufende oder unterbrochene Schweißnähte an der Unterseite der Versteifungsringe (siehe 9.3.1.11);
- die Neigung eines freitragenden Kegeldachs, der Krümmungsradius eines Kugeldachs und die Neigung eines Daches mit Stützen, falls sie sich von den Festlegungen in 10.2.2 unterscheiden;
- verschweißte Seite des Dachs und Größe der Überlappung (siehe 10.3.5);
- Anforderungen an das Ent- und Belüftungssystem (siehe 10.6.1);
- Ausschluss der Notentlüftung (siehe 10.6.2);
- Einbau von Schwimmdecken (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);
- Verschweißen der Dachbleche mit dem Gespärre (siehe 16.8.4);

- besondere Eigenschaften des Lagerguts in Tanks mit Schwimmdecken (siehe C.3.2.1);
- Höchstwerte für den Durchsatz beim Füllen und Entleeren (siehe C.3.3.3);
- Nichterfordernis von Drahtsieben (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);
- andere Schwimmdachentwässerung als über Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme (siehe D.3.8.1);
- Ausrüstung von Doppeldeckschwimmdächern mit offenen Dachentwässerungen (siehe D.3.8.1);
- maximale Durchsätze beim Füllen und Entleeren und besondere Anforderungen an die Ent- und Belüftungseinrichtungen (siehe D.3.11);
- Stützhöhe für die Betriebs- und Reinigungsstellung (siehe D.3.13);
- Füllstandspeileinrichtung (siehe D.3.14);
- Nichterfordernis einer Rollleiter (siehe D.3.15);
- Erfordernis einer Probemontage und Prüfung im Werk des Schwimmdachs (siehe D.4);
- Erfordernis von Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer (siehe E.1);
- Nichterfordernis von Witterungsschutzblechen (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);
- Notentlüftungskapazität für andere mögliche Fälle (siehe L.4.4);
- Unterdrucknotbelüftung (siehe L.5);
- Betriebstemperaturbereich (siehe Q.2.4);
- Verfahrens-, Eignungs- und Annahmeprüfungen für Klebstoffe (siehe Q.3.3.1);
- Dicke der Dämmung oder Anforderungen bezüglich 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);
- Anstrichsystem (siehe R.2.2).

A.2 Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer

Folgende Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer sind zu dokumentieren:

- Zusätzliche Anforderungen an Dachbleche und Stützenverstärkung (siehe Tabelle 3);
- Auslegungsverfahren und Fertigungstoleranzen für Auslegungsunterdrücke größer als 5,0 mbar (siehe Tabelle 3);
- Verwendung anderer als in den Tabellen 5 bis 7 enthaltener 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);
- Einzellasten (siehe 7.2.7);
- Windlast bei Windgeschwindigkeiten über 45 m/s (siehe 7.2.10);
- erwartete Lasten infolge von Setzung (siehe 7.2.13);
- Sonderlasten (siehe 7.2.14);
- Gefälle des Bodens über 1:100 (siehe 8.1.1);
- garantierte Restfüllmenge gegen Abheben des Bodens (siehe 8.2.3);
- Alternativprüfung bei maximaler Auslegungsdichte des Lagerguts von mehr als 1,0 kg/l (siehe 9.1.3);
- Mantelwanddicke bei Tanks aus nichtrostenden Stählen mit einem Durchmesser > 45 m (siehe Tabelle 16);
- Auslegungsverfahren für innere Unterdrücke > 5,0 mbar (siehe 9.3.3.8);
- Auslegungsverfahren für Lastkombinationen (siehe 9.3.3.9);
- Schweißnahtfaktor, falls abweichend von den 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 5,0 mbar (siehe 16.1.7);

- Reparaturverfahren für beschädigte Teile (siehe 16.5);
- Verwendung von Badsicherungen (siehe 18.3.3);
- Strahlungsquelle (siehe 19.9.1);
- Verwendung von anderen Flüssigkeiten als Wasser bei der Wasserdruckprüfung (siehe 19.13.1);
- falls der Tank vor der Prüfung zu streichen ist (siehe 19.13.1);
- Verwendung von anderem Wasser (siehe 19.13.4);
- Füllgeschwindigkeit (siehe 19.13.6);
- andere als Standardausführungen von Schwimmdächern (siehe D.2);
- andere als Standard-Schwimmdächer (siehe D.3.1);
- spezifische Anforderung an ein Schwimmdach (siehe D.3.2.4);
- Alternativwerte für die Nutzlast bei abgesetztem Schwimmdach (siehe D.3.3 b));
- Verwendung alternativer Werkstoffe (siehe F.1);
- Unterdruck und Zeitraum (siehe H.4);
- Verfahren zur Bewertung des Reißverhaltens (siehe K.2);
- Sicherheitsbeiwert bei Dächern mit Reißnaht (siehe K.4);
- Einzelheiten der Tankverankerung (siehe M.1);
- komplettes Dämmsystem (siehe Q.1);
- Grundlage für die Windlastberechnungen (siehe Q.2.3).

A.3 Angaben des Tankherstellers

Die folgenden vom Hersteller zu liefernden Angaben sind vollständig zu dokumentieren:

- falls verlangt, die Montageverfahren einschließlich der Verfahren, um Bleche in der richtigen Lage für das Schweißen zu halten, die Reihenfolge bei Montage und Schweißen, Zugang zu den Schweißstellen und 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);
- Werkstoffprüfbescheinigungen (siehe 19.4.1).

A.4 Angaben des Stahlherstellers

Der Stahlhersteller muss nachstehende Angaben vollständig dokumentieren:

- Werte der Streckgrenze des Stahls bei erhöhter Temperatur bei Auslegungswandtemperaturen höher als 100 °C und für Stähle, die nicht mit Tabelle 8 übereinstimmen (siehe 6.1.1.2).

A.5 Vereinbarungen zwischen Stahlhersteller und Tankhersteller

Die folgenden Vereinbarungen zwischen Stahlhersteller und Tankhersteller sind vollständig zu dokumentieren:

- 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);
- Nachweisverfahren für die Auswirkung der Alterung (siehe F.4.3).

A.6 Vereinbarung zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant

Folgende Vereinbarungen zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant sind vollständig zu dokumentieren:

- 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 Vereinbarungen zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant

Folgende zwischen Tankhersteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbarende Angaben sind in vollem Umfang zu dokumentieren:

- Vorkehrungen für die Einhaltung eines ausreichenden Abstands, Toleranzen, Anordnung der Tanktreppe, Einbau einer Schwimmersauganlage, Einbau von festen Dachbe- und Dachentlüftungseinrichtungen und Einbau eines Einlassdiffusors.

A.8 Angaben des Schwimmdeckenlieferanten

Folgende Angaben des Schwimmdeckenlieferanten sind in vollem Umfang zu dokumentieren:

- Nachweis, dass die Schwimmdecke und ihre Abdichtung den festgelegten Luftreinhaltungsbestimmungen entsprechen (siehe C.3.1.5);
- vollständige Werkstoffspezifikation (siehe C.3.2.1);
- Betriebsanweisungen (siehe C.5).

Anhang B (informativ)

Überlegungen zu Betrieb und Sicherheit von Lagertanks und Lagereinrichtungen

B.1 Allgemeines

Zweck dieses Anhanges ist es, den Bestellern von Lagertanks zusätzliche Informationen zu einigen weiteren Punkten zu geben, die in Betracht zu ziehen sind, und Angaben zu machen, die bei der Erstellung detaillierter Anforderungen hilfreich sein können.

ANMERKUNG Auf mögliche regionale oder nationale Vorschriften wird hingewiesen.

B.2 Tanktyp

B.2.1 Lagergut

Art und Eigenschaften des Lagerguts sind die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl des jeweiligen Tanktyps, d. h. Fest- oder Schwimmdachtank oder Festdachtank mit Schwimmdecke. Für flüssige Kohlenwasserstoffprodukte bestehen Richtlinien für den Betrieb (Codes of Practice) wie IP Refinery Safety Code [2], European Model Code of Safe Practice [3] und NFPA 30, in denen detaillierte Anforderungen anhand von Klassifizierungssystemen für die Lagergüter auf Grundlage ihres Flammpunkts in geschlossenen Systemen erstellt werden. Zwischen diesen Klassifizierungssystemen bestehen jedoch Unterschiede, sodass die Angabe des jeweils verwendeten Systems wichtig ist, wenn ein bestimmtes Lagergut der Klasse I oder II gelagert werden soll.

ANMERKUNG Auf mögliche regionale oder nationale Vorschriften wird hingewiesen.

B.2.2 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 Schwimmdächern ausschließen und Festdächer mit oder ohne Schwimmdecken erforderlich machen.

Weitere wichtige Faktoren, die die Auswahl sowohl der Ausführungsart 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. Andere Tankausführungen sind bei gleichmäßiger Setzung weniger anfällig, bei Setzungsunterschieden können jedoch Verformung des Mantels und Versagen des Tankbodens eintreten.

An Schwimmdächern mit Ringponten wurden bei bestimmten Windbedingungen Ermüdungsrisse festgestellt, die Versteifungen oder sogar die Verwendung von Doppeldeckschwimmdächern erforderlich machen können.

B.3 Gefahren für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt

B.3.1 Auffangvorrichtungen

Viele in Tanks gelagerte Produkte sind leicht entflammbar, andere sind korrosiv oder gesundheitsgefährdend. 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 Explosions- oder Brandgefahr bestehen. Bei der Auslegung des Gesamtsystems ist deshalb der Umfang der Sicherheitsvorkehrungen zu berücksichtigen, mit dem das Risiko von Undichtheiten minimiert und eine Ausbreitung des Lagerguts im Fall von Undichtheiten begrenzt werden kann.

Anforderungen für Tankwälle und Abstände zwischen den Tanks sowie grundlegende Ausführungen hierzu sind in einer Reihe von Bestimmungen zu den verschiedenen Lagergütern enthalten. IP Refinery Safety Code und NFPA 30 werden häufig herangezogen, um die Abstände von Öllagertanks zur Umzäunung der Anlage und zu anderen Tanks sowie die Anzahl der Tanks, die durch einen einzigen Wall geschützt werden können, und ähnliche Parameter festzulegen.

B.3.2 Brandschutz

Während grundlegende Überlegungen zur Tankauslegung und Anlagenplanung darauf gerichtet sind, das Risiko, dass Lagertanks in Brand geraten, auszuschließen, können Tankbrände nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sollten Wasserkühlsysteme und Brandschutzeinrichtungen bei der Auslegung von Tanks von Beginn an berücksichtigt werden. 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 deshalb unerlässlich, dass zur Bewertung der Brandbekämpfungsverfahren 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, müssen geeignete Freiflächen um den Tank in Betracht gezogen werden, die für das einzusetzende Feuerlöschgerät ausreichende Abstände zum Tank ermöglichen.

Der Schutz benachbarter Tanks und Verarbeitungsanlagen sowie der Umgebung im Falle eines Tankbrandes muss ebenfalls von Beginn an berücksichtigt werden, da dies Einfluss auf die Abstände und die Errichtung von Tankwällen hat.

B.4 Anbauteile an Tanks für die Befestigung von 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 geliefert. Müssen diese Einrichtungen am Tank selbst angebracht werden, so sollte dies durch Schraubverbindungen erfolgen. Ist ein Anschweißen unmittelbar an den Tank unumgänglich, müssen dazu vom Errichter vor der Wasserdruckprüfung des Tanks entsprechende Bleche oder Träger am Tank angeschweißt werden, deren genaue Auslegung, Schweißung und Prüfung die entsprechenden Anforderungen dieses Dokuments erfüllen müssen.

Anhang C (normativ)

Anforderungen an Schwimmdecken

C.1 Allgemeines

Dieser Anhang legt die Mindestanforderungen an Werkstoffe, konstruktive Gestaltung, Herstellung, Prüfung und Betrieb für Schwimmdecken von Tanks zur Lagerung flüchtiger Stoffe fest. Darüber hinaus enthält er Auslegungsanforderungen für zugehörige Einbau- und Zubehörteile. Die Regeln gelten für Schwimmdecken sowohl für neue als auch für bereits bestehende Tanks.

Dieser Anhang legt die Anforderungen für eine Reihe verschiedener Ausführungsarten von Schwimmdecken fest, die nachstehend näher beschrieben sind. Grundsätzlich lassen sich Schwimmdecken in zwei Gruppen einteilen: vollflächig auf der Flüssigkeit aufliegende Schwimmdecken (Kontaktdecken) und Schwimmdecken mit Gasraum zwischen Flüssigkeit und Deckenmembran.

Schwimmdecken, ebenso bekannt als Innenschwimmdecken oder Innenmembranen, dürfen nicht mit Schwimmdächern (siehe Anhang D) verwechselt werden.

Schwimmdecken befinden sich im Innern von Festdachtanks und sind gegen Witterungseinflüsse geschützt.

Schwimmdecken können aus einem der folgenden Gründe eingebaut werden:

- a) Reduzierung der Dampfemissionen, z. B. Atmungs- und Befüllungsverluste und
- b) damit verbundene Luftverschmutzung,
- c) Reduzierung des Eintritts von Verunreinigungen aus der Luft, z. B. Regenwasser, Sand und andere Feststoffe, in das Lagergut,
- d) Minimierung der Geruchsbelästigung,
- e) Reduzierung der Risiken durch elektrostatische Aufladungen, hervorgerufen durch hochaufgeladene Lagergüter,
- f) 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.

Schwimmdecken werden auch für Tanks zur Lagerung anderer Güter wie Chemikalien, entmineralisiertes Wasser, Trinkwasser und Abwasser verwendet. Auch hier bestehen wiederum besondere Anforderungen, die in diesem Anhang nicht berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Schwimmdecken werden bei Tanks mit Durchmessern unter 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 von unter 1,5. Obergrenzen des Tankdurchmessers für den Einbau einer Schwimmdecke gibt es nicht. Dieser Anhang legt daher Anforderungen für den Einbau von Schwimmdecken in Tanks mit Durchmessern ab 6 m fest.

ANMERKUNG 3 Bei Heißenarbeiten im entleerten Tank sollten Vorsichtsmaßnahmen zur Sicherstellung der Gasfreiheit des Tanks getroffen werden.

C.2 Ausführungsarten von Schwimmdecken

Der Ringraum zwischen dem Rand der Schwimmdecke und dem Tankmantel ist durch eine flexible, an der Schwimmdecke befestigte Dichtung zu verschließen, die dicht an der Manteloberfläche anliegt.

ANMERKUNG Bild C.1 zeigt eine typische Schwimmdecke in einem Festdachtank.

Eine der folgende Ausführungsarten ist als Schwimmdecke einzusetzen:

a) **Typ 1** - Leichtmetallschwimmdecke (nicht aufliegend)

Dieser Typ besteht üblicherweise aus dünnen Blechen einer Aluminiumlegierung, die über einem Gitterrahmen aus demselben Werkstoff befestigt sind. Die Decke wird von röhrenförmigen Schwimmern getragen.

ANMERKUNG Wenn die Schwimmdecke auf dem Lagergut schwimmt, bildet sich ein Dampfraum zwischen der Flüssigkeit und der Unterseite der Deckenbleche.

b) **Typ 2** - Sandwich-Schwimmdecke aus Hartschaumkern und Deckblechen (vollflächig aufliegend)

Dieser Typ besteht aus einem Hartschaumkern (z. B. aus Polyurethan), der beidseitig mit Aluminiumblechen verklebt ist. Die plattenförmigen Elemente sind in ein Gitter aus U-Profilen eingesetzt.

ANMERKUNG 1 Diese Decke schwimmt direkt auf dem Lagergut, und es gibt keinen Dampfraum unterhalb der Decke. Zusätzliche Schwimmzellen sind nicht erforderlich.

ANMERKUNG 2 Abhängig von Ausführung und Werkstoffen der Decke sowie vom Lagergut kann es zu Delaminierungen zwischen Schaumstoff und Deckblechen und zur Produktaufnahme im Schaumstoff kommen.

c) **Typ 3** - Sandwich-Schwimmdecke aus Deckblechen und Wabenkern (vollflächig aufliegend)

Dieser Typ entspricht Typ 2; der Kern besteht jedoch aus wabenförmigen Aluminiumelementen zwischen zwei dünnen Aluminiumblechen.

d) **Typ 4** - Aus GFK-Platten zusammengesetzte Schwimmdecke (vollflächig aufliegend)

Dieser Typ besteht aus glasfaserverstärkten Polyesterplatten (oder ähnlichem Kunststoff), zwischen denen Schaumstoff eingeschlossen ist. Die Platten sind miteinander verriegelt oder verschraubt, sodass eine durchgehende Decke entsteht, die auf dem Flüssigkeitsspiegel schwimmt.

e) **Typ 5** - Metall-Pfannenkonstruktion (vollflächig aufliegend)

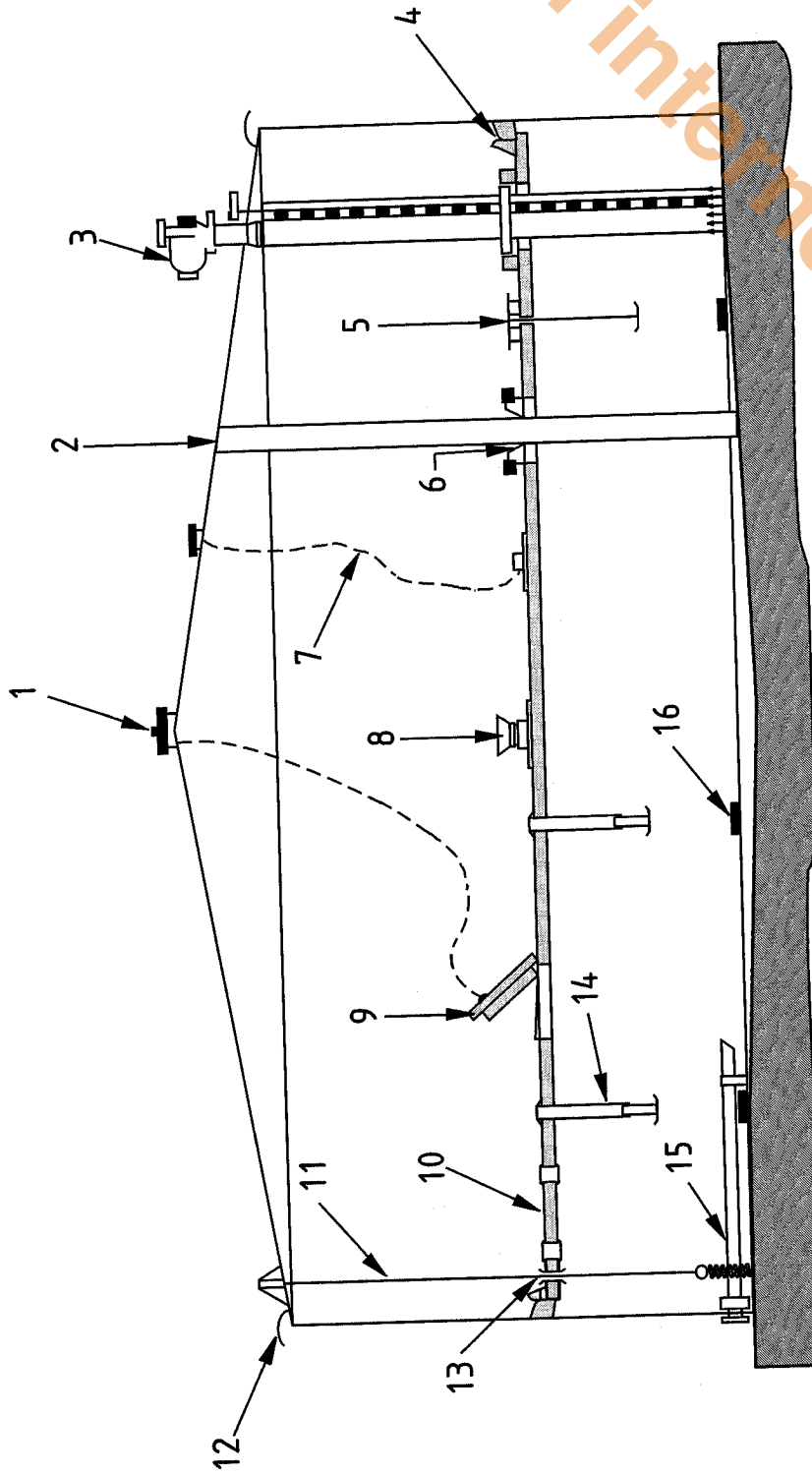
Dieser Typ besteht aus einer ebenen Mittelmembran und einem ausgesteiften, senkrechten Randblech.

ANMERKUNG Die Schwimmdecke ist aus Stahl oder Aluminium hergestellt und üblicherweise eine Schweißkonstruktion.

f) **Typ 6** - Metall-Pfannenkonstruktion mit Ringponton (vollflächig aufliegend)

Dieser Typ entspricht Typ 5, verfügt jedoch über einen äußeren Pontonring bzw. Schwimmzellen und ist üblicherweise eine Stahl-Schweißkonstruktion.

ANMERKUNG Beispiele für verschiedene Schwimmdeckentypen sind in Bild C.2 dargestellt.



Legende

- 1 Mannloch mit Peilluke
- 2 Dachstütze
- 3 Füllstandanzeiger
- 4 Randabdichtung

- 5 Entlüfter
- 6 Dachstützendichtung
- 7 Erdungskabel
- 8 Peiltrichter

- 9 Mannloch
- 10 Schwimmdecke
- 11 Verdrehsicherung
- 12 Entlüftungshaube

- 13 Seildurchführung
- 14 Deckenstützen
- 15 Eintrittsrohr/-diffusor
- 16 Bodenverstärkungsbleche

Bild C.1 — Typische Schwimmdecke in einem Festdach-Lagertank

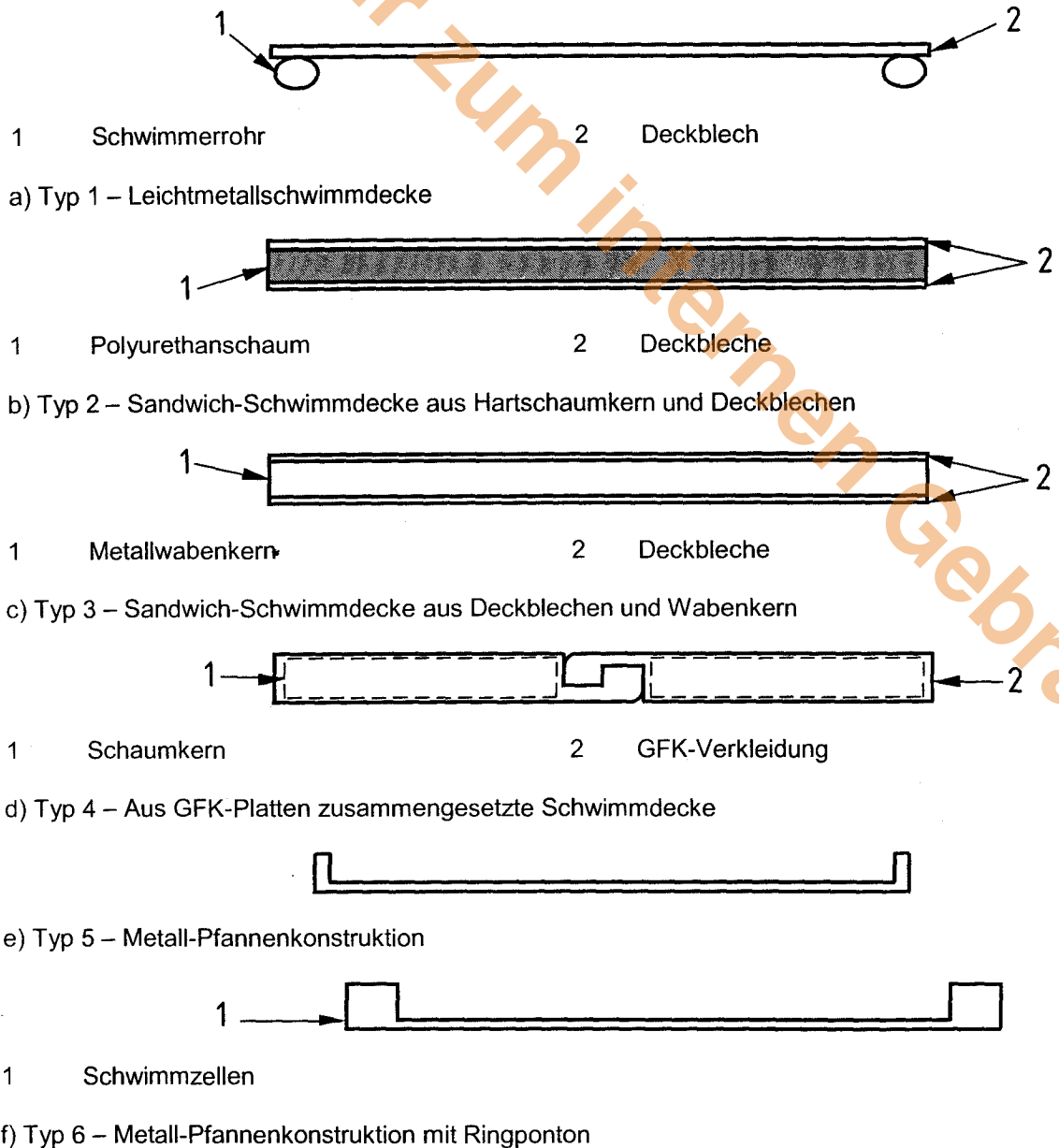


Bild C.2 — Ausführungsarten von Schwimmdecken

C.3 Konstruktionsanforderungen und Werkstoffe

C.3.1 Konstruktive Gestaltung

C.3.1.1 Allgemeines

Die Schwimmdecke muss so beschaffen sein, dass sie für den Lagertank, in den sie eingebaut wird, sowie für das Lagergut und die Häufigkeit des Füllens und Entleerens geeignet ist.

Die Schwimmdecke muss so ausgelegt und konstruiert sein, dass sie waagrecht schwimmt und unter normalen Betriebsbedingungen kein Lagergut auf die Oberseite der Schwimmdecke gelangen kann.

Die maximale Betriebsstellung muss so eingestellt sein, dass kein Teil der Schwimmdecke an das Tankdach oder das Dachgespärre anstoßen oder Ent- und Entlüftungsöffnungen oder Überlauföffnungen im oberen Teil des Schwimmdeckenhubes verschließen kann.

Die Schwimmdecke muss so ausgelegt sein, dass sie an jedem Punkt ihrer Oberfläche eine Last von mindestens 1 kN/m^2 oder 3 kN auf einer Fläche von 3 m^2 ohne bleibende Verformung oder Schäden tragen kann, und zwar sowohl auf Wasser schwimmend als auch auf ihren Stützen ruhend.

Die Höchstlast, die die Decke tragen kann, ist in der Berechnung als Sicherheitsfaktor auf die Last von $3 \text{ kN je } 3 \text{ m}^2$ festzulegen.

Folgende Einzelheiten sind zu vereinbaren (siehe A.7):

- a) Vorkehrungen für die Einhaltung eines ausreichenden Abstands zwischen der Schwimmdecke in ihrer höchsten Stellung und dem Dachgespärre bzw. vorhandenen Überlauföffnungen,
- b) Toleranzen für die erwartete Gründungssetzung, den Ringspalt und die Art der Dichtung,
- c) Anordnung der Tanktreppe am Mantel und der Anbauteile im Tankinnern,
- d) Einbau einer Schwimmersauganlage, falls gefordert,
- e) Einbau von festen Dachentlüftungen,
- f) Einbau eines Einlassdiffusors.

C.3.1.2 Schwimmfähigkeit

C.3.1.2.1 Leichtmetallschwimmdecke (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 ausreichen. Die Schwimmdecke muss auf einer Flüssigkeit mit einer niedrigsten Dichte von $0,7$ schwimmfähig sein, und das auch bei einem Verlust der Schwimmfähigkeit von 15 % des Gesamtwertes.

Am Rand der Schwimmdecke sowie um alle vertikalen Durchdringungen und Öffnungen, ausgenommen Entlüftungsöffnungen, ist ein Randprofil (Bord) vorzusehen, das mindestens 150 mm in das Lagergut eintaucht.

Aluminium und Aluminiumlegierungen dürfen bei alkalischem Lagergut, d. h., wenn die Gefahr besteht, dass der pH-Wert über 8 steigt, nur verwendet werden, wenn die Oberfläche mit einem entsprechenden Schutzüberzug versehen ist.

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 und einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

C.3.1.2.2 Sandwich-Schwimmdecken aus Hartschaumkern und Deckblechen oder Wabenkern und Deckblechen und GFK-Schwimmdecken (Typen 2,3 und 4)

Bei der Schwimmfähigkeit muss eine Sicherheitsreserve von mindestens 100 % nach C.3.1.2.1 vorhanden sein.

Bei der Herstellung verwendete Kleber müssen gegen Eindringen von Dämpfen/Flüssigkeiten völlig resistent sein. Die Eigenschaften der Kleber und die mechanische Festigkeit der Verbindungen dürfen durch Kontakt mit dem Lagergut nicht beeinträchtigt werden.

C.3.1.2.3 Metall-Pfannenkonstruktion mit und ohne Ringponton (Typen 5 und 6)

Metall-Pfannenkonstruktionen mit Ringponton (Typ 6) müssen bei der Schwimmfähigkeit eine Sicherheitsreserve von mindestens 100 % nach C.3.1.2.1 aufweisen.

Herstellung und Einbau von Schwimmdecken in Pfannenkonstruktion aus Flusstahl müssen in Übereinstimmung mit den Abschnitten 6, 16, 17, 18 und 19 erfolgen.

C.3.1.3 Mindestabstände in eingebautem Zustand

Die Schwimmdecke muss so dimensioniert, hergestellt und eingebaut werden, dass sie ohne Schäden an der Decke selbst, am Tank oder an ggf. vorhandenen Einbauteilen auf die Auslegungshubhöhe gehoben oder aus dieser Höhe abgesenkt werden kann.

ANMERKUNG Bei Festdachtanks mit festem Dachgespärre kann es erforderlich sein, die höchste Hubhöhe der Schwimmdecke zu reduzieren.

Die Schwimmdecke darf an keinem Punkt ihres Auslegungshubs Tankanbauten, Rührwerke, Rohrleitungen, Schutzrohre von Anzeigegeräten oder Stützen berühren oder behindern.

C.3.1.4 Werkstoffeignung

Die Werkstoffe aller Bauteile, einschließlich verwendeter Klebstoffe, müssen für das jeweilige Lagergut geeignet sein.

ANMERKUNG 1 Es sollten Werkstoffe verwendet werden, die ausreichende Beständigkeit gegen folgende Arten der Korrosion aufweisen:

- a) Eisenoxidentkorrosion — durch Abblättern von Rostbelag vom Tankmantel auf die Deckenoberfläche,
- b) elektrolytische Korrosion — durch Feuchtigkeit an der Oberfläche,
- c) Salzwasserkorrosion — durch im Lagergut enthaltenes Salzwasser.

ANMERKUNG 2 Ist mit Angriff durch Mikroorganismen zu rechnen, ist dies bei Werkstoffauswahl und Anwendung besonders zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 3 Bei Verwendung von Leichtmetallen und Leichtmetalllegierungen sind besondere Maßnahmen zur Vermeidung thermischer Reaktionen (d. h. exotherme Reaktion zwischen Eisenoxid und Aluminium) zu treffen.

ANMERKUNG 4 Bei der Lagerung von Kraftstoffen ist besonders darauf zu achten, dass die verwendeten Werkstoffe auch gegen Oxygenierungsstoffe resistent sind.

Alle nichtmetallischen Teile sind so auszuwählen und zu gestalten, dass eine übermäßige Absorption von Lagergut oder Lagerguldämpfen verhindert wird. Der Schwimmdeckenlieferant muss Unterlagen vorlegen, aus denen hervorgeht, dass durch Lagergutabsorption die Werkstoffgüte, Festigkeit und Schwimmfähigkeit der Schwimmdecke nicht beeinträchtigt werden.

Sämtliche Nähte und andere Verbindungen an Schwimmdecken der Typen 1, 5 und 6, die flüssigkeits- oder dampfdicht sein müssen, sind auf Dichtheit zu prüfen. Verfahren und Annahmekriterien für diese Prüfung sind zwischen Besteller und Schwimmdeckenlieferant zu vereinbaren.

C.3.1.5 Dampfückhaltevermögen

Es muss nachgewiesen werden, dass die Schwimmdecke und ihre Abdichtung den in der Bestellung angegebenen Luftreinhaltungsbestimmungen entsprechen (siehe A.8).

C.3.1.6 Elektrischer Widerstand

Der mit einem anerkannten Verfahren gemessene elektrische Widerstand zwischen Tankmantel und jedem Teil der Schwimmdecke darf 100 M Ω nicht überschreiten.

C.3.1.7 Brandschutz

Die Art der Brandschutzeinrichtungen ist abhängig von Schwimmdeckentyp und Lagergut auszuwählen.

C.3.2 Werkstoffe

C.3.2.1 Allgemeines

Es müssen Angaben zum Lagergut gemacht werden, aus denen besondere Eigenschaften zu ersehen sind, die die Werkstoffe beeinträchtigen können (siehe A.1). Alle Werkstoffe der Schwimmdecke müssen gegen das jeweilige Lagergut beständig sein. Werden für die Schwimmdecke verschiedenartige Werkstoffe verwendet, ist die Möglichkeit der Korrosion durch kathodische Reaktion zu berücksichtigen.

Dem Betreiber muss eine umfassende Werkstoffspezifikation für die Schwimmdecke zur Genehmigung vorgelegt werden (siehe A.8).

C.3.2.2 Bleche für Schwimmdecken

C.3.2.2.1 Stahl

Stahl muss den Anforderungen in EN 10025 entsprechen.

C.3.2.2.2 Aluminium

Aluminium muss den Anforderungen in EN 485, EN 754 bzw. EN 755 entsprechen.

C.3.2.2.3 Nichtrostender Stahl

Nichtrostender Stahl muss den Anforderungen in EN 10088 entsprechen.

C.3.2.3 Randabdichtung

Sofern nicht anders vereinbart, ist eine der drei folgenden Dichtungsarten oder eine Dichtung nach Anhang E zu verwenden (siehe A.6).

a) Lippendichtung (siehe Bild C.3 a))

- Lippendichtungen werden aus Kunststoffplatten, z. B. Polyurethan, hergestellt und an die Schwimmdecke angenietet oder geschraubt. Lippendichtungen ändern den Anstellwinkel zur Tankwand bei Änderung der Bewegungsrichtung der Schwimmdecke.

ANMERKUNG 1 Ist eine erhöhte Dichtwirkung gefordert, kann entweder eine Lippendichtung zusätzlich über einer Dichtung eines anderen Typs angebracht oder eine Dichtung mit doppelten Lippen verwendet werden.

Anordnung und Befestigung der Lippendichtung an der Schwimmdecke müssen so sein, dass die Dichtung in jeder Lage der Schwimmdecke über dem Flüssigkeitsspiegel liegt.

b) Schlauchdichtung (siehe Bild C.3 b))

- Schlauchdichtungen werden aus Polyurethan- oder Nylonschichten hergestellt, die zu einem Schlauch geformt und mit der Schwimmdecke verschraubt werden.

ANMERKUNG 2 Schlauchdichtungen sind gewöhnlich nicht mit einem Füllstoff ausgestattet.

c) Profildichtung (siehe Bild C.3 c))

— Profildichtungen bestehen aus einem mit weichelastischem Schaum gefüllten flüssigkeitsdichten Mantel, z. B. Polyurethanschaum umgeben von urethanbeschichtetem Nylongewebe. Sie haben üblicherweise einen runden, viereckigen oder fünfeckigen Querschnitt.

ANMERKUNG 3 Diese Dichtung liegt auf größerer Fläche an, was bei stark deformierten Tankwänden von Vorteil ist.

ANMERKUNG 4 Für besondere Anwendungszwecke können andere Werkstoffe wie PTFE oder kohlefaserhaltige Kunststoffe verwendet werden.

Die Dichtung ist aus Werkstoffen mit geringer Absorptionsfähigkeit herzustellen und muss gegenüber dem jeweiligen Lagergut resistent sein.

Der Werkstoff der Dichtung (oder der Verkleidung) muss nachweislich eine hohe Abriebfestigkeit und Haltbarkeit unter allen Betriebsbedingungen aufweisen.

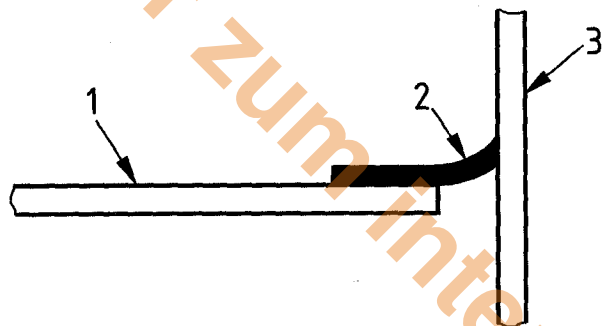
Die Randabdichtung muss so dimensioniert sein, dass sie auch bei Unrundheit des Tanks wirksam ist.

Bei Einbau der Schwimmdecke ist der Ringspalt zwischen Schwimmdecke und Tankwand zu messen, sodass die Wirksamkeit der Dichtung auch bei Rundheitsabweichungen des Tankmantels gegeben ist.

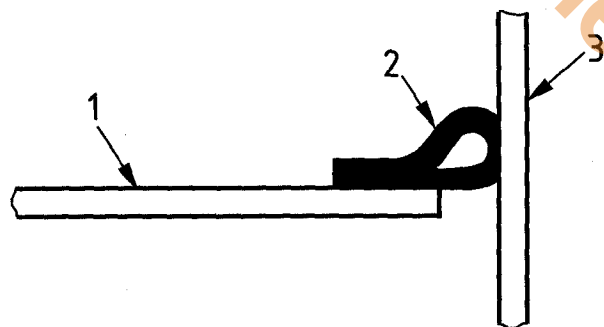
Die Dichtung muss so montiert sein, dass sie gut am Tankmantel anliegt und an der Befestigung keine Dämpfe austreten können. Die Dichtwirkung muss über den gesamten Hub der Schwimmdecke und an allen Punkten der Tankmantelfläche gegeben sein. Die Dichtung ist in möglichst geringer Höhe über der Schwimmdeckenoberseite anzubringen, damit das Fassungsvermögen des Tanks maximal genutzt werden kann.

Umfangsnähte an Schlauchdichtungen und Profildichtungen müssen flüssigkeitsdicht sein. Werden die Nähte erst beim Einbau hergestellt, muss die Überlappung mindestens 75 mm betragen.

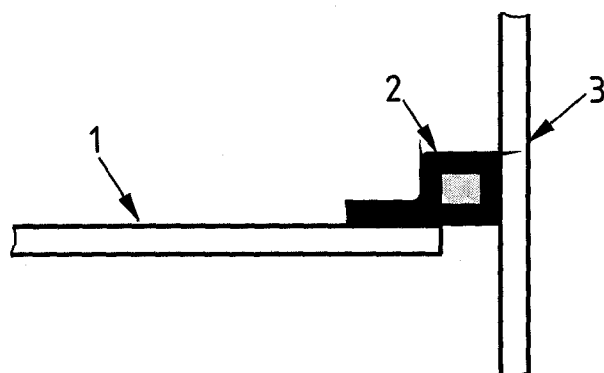
Durch Dimensionierung und korrekte Montage der Dichtung ist die ungehinderte Bewegung der Schwimmdecke über den gesamten Auslegungshub sicherzustellen.



a) Lippendichtung



b) Schlauchdichtung



c) Profildichtung

Legende

- 1 Schwimmdecke
- 2 Dichtung
- 3 Tankmantel

Bild C.3 — Beispiele für Randabdichtungen

C.3.2.4 Material-Verbindungen

Einseitig geschweißte Stumpfnähte ohne Unterlage sind an Schwimmdecken zulässig, wenn eine Seite nicht zugänglich ist.

Kehlnähte an weniger als 5 mm dicken Elementen müssen mindestens die gleiche Dicke aufweisen wie das Element der Verbindung mit der geringsten Dicke.

Schraub-, Gewinde- und Nietverbindungen sind mit Zustimmung des Betreibers zulässig.

Verbindungen nichtmetallischer Teile (aus Kunststoff/GFK), einschließlich Klebeverbindungen, müssen geeignet sein für die verbundenen Teile, eine akzeptable Lebensdauer haben und die erforderliche Dimensionierung und Festigkeit aufweisen, um die Nennlast der Schwimmdecke ohne Ausfall oder Undichtheit zu tragen. Das Verfahren zur Herstellung der Verbindung ist zusammen mit den Prüfergebnissen zum Nachweis dieser Merkmale umfassend zu dokumentieren und dem Betreiber zur Verfügung zu stellen.

Alle Verbindestellen, 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 geprüft werden. An Verbindungen verwendetes Dichtmittel muss 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 der Schwimmdecke verwendeten Werkstoffe zu berücksichtigen.

C.3.3 Ausrüstungsteile der Decke

C.3.3.1 Mannlöcher

Bei Schwimmdecken mit einem Durchmesser bis einschließlich 15 m ist mindestens ein Mannloch als Zugangsmöglichkeit und für Belüftungszwecke für den Zweck vorzusehen, dass die Schwimmdecke auf den Stützen ruht und der Tank leer ist. Das Mannloch muss von der Unterseite zu öffnen sein. Bei Schwimmdecken mit einem Durchmesser über 15 m sind für eine ausreichende Belüftung weitere Mannlöcher vorzusehen, wenn der Besteller dies festlegt.

Runde Mannlöcher müssen ungehinderten Zugang von Wartungspersonal ermöglichen und müssen einen Mindestdurchmesser von 600 mm haben.

ANMERKUNG Viereckige Mannlöcher mit einer Mindestabmessung von 600 mm × 400 mm sind zulässig.

C.3.3.2 Stützen

Schwimmdecken müssen mit Stützen ausgerüstet sein, auf denen die Decke bei leerem Tank ruht (siehe Bild C.4 a)).

Die Stützhöhe der Schwimmdecke ist vom Betreiber festzulegen. Mannlöcher im Tankmantel dürfen durch die Schwimmdecke nicht verdeckt werden. Kontrollen und Arbeiten unter der Schwimmdecke müssen möglich sein. Zu Einbauteilen wie seitlich angebrachten Rührwerken, innenliegenden Rohren sowie Ein- und Auslassstutzen müssen ausreichende Abstände eingehalten werden, wenn die Schwimmdecke auf ihren Stützen auf dem Tankboden ruht.

Beim Einbau muss die Schwimmdecke waagrecht liegen. Mögliche Höhenunterschiede des Tankbodens müssen durch Einstellung der Stützhöhe ausgeglichen werden. Die Höhe der Schwimmdecke ist fest einzustellen; es können aber auch Möglichkeiten vorgesehen werden, die Höhe der Stützen zu einem späteren Zeitpunkt zu verändern.

Die durch die Stützen im Tankboden induzierten Lasten sind durch geeignete Vorkehrungen, z. B. Verstärkungsbleche, zu verteilen. Diese Bleche sind durchgehend mit den Bodenblechen zu verschweißen. Stehen die Bleche über Kehlnähte einer Überlappverbindung von Bodenblechen über, müssen Unterschiede in der Bodenhöhe durch vollständig verschweißte Ausgleichsbleche ausgeglichen werden.

Bei hohlen Stützen muss am unteren Ende eine Ablauföffnung zwecks Drainage vorhanden sein.

Eine Befestigung der Stützen an der Schwimmdecke ist der am Tankboden vorzuziehen. Stützen, Befestigungen und Tankboden müssen für das Gewicht der Schwimmdecke (siehe 8.3.4) plus einer gleichmäßig verteilten Last von 1 kN/m^2 ausgelegt sein. Die Befestigung der Stützen an der Schwimmdecke ist mit ausreichender Festigkeit auszulegen, damit es beim Betrieb an dieser Stelle nicht zum Versagen kommt.

C.3.3.3 Ent- und Belüftungseinrichtungen

Schwimmdecken müssen mit Ent- und Belüftungseinrichtungen versehen sein, damit die Luft unter der Decke bei der Erstbefüllung des Tanks entweichen kann und Luft und Dampf beim Entleeren des Tanks durch die auf ihren Stützen feststehende Schwimmdecke strömen können. Im zweiten Fall ist es äußerst wichtig, dass die Ent- und Belüftungseinrichtungen ganz geöffnet sind, wenn die Decke auf ihren Stützen abgesetzt wird.

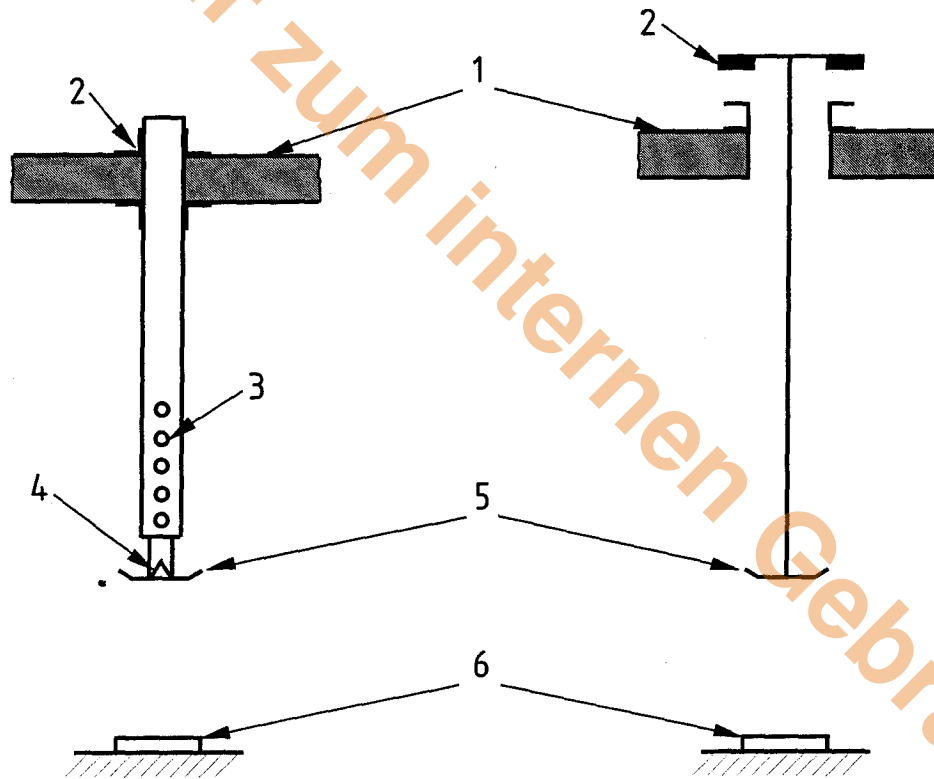
ANMERKUNG Eine effektive Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, die Entlüftungseinrichtungen mechanisch durch entsprechend konfigurierte Stützen zwangsweise zu öffnen (siehe Bild C.4 b)). Alternativ können sie als einfache Klappen ausgelegt werden.

Die Höchstwerte für den Durchsatz beim Füllen und Entleeren müssen festgelegt werden (siehe A.1), damit die Ent- und Belüftungseinrichtungen korrekt bemessen werden können. Es muss durch Berechnungen bestätigt werden, dass die Kapazität der Ent- und Belüftungseinrichtungen in beiden Fällen ausreicht und eine Überbelastung von Schwimmdecke oder Randabdichtung durch die Ent- und Belüftung ausgeschlossen ist.

C.3.3.4 Ablaufeinrichtungen

Die Schwimmdecke muss zwar so ausgelegt sein, dass kein Lagergut an Randabdichtung und Schwimmdecke vorbei gedrückt wird (siehe C.3.1), dennoch kann sich durch Kondensation, Überlaufen oder andere Ursachen Flüssigkeit auf der Oberseite der Schwimmdecke sammeln. Für diesen Fall müssen ausreichende Ablaufeinrichtungen vorgesehen werden, damit die Flüssigkeit rasch in das Lagergut unter der Schwimmdecke zurückgeleitet werden kann. Die Beeinträchtigung der Dampfdichtheit der Schwimmdecke muss durch entsprechende Auslegung der Ablaufeinrichtungen möglichst gering gehalten werden.

Bei Pfannenschwimmdecken vom Typ 5 und Typ 6 sind Ablaufeinrichtungen dieser Art nicht möglich. Alternativ sind bereits bei der Auslegung festeingebaute Ablaufeinrichtungen zu berücksichtigen, oder es ist ein geeignetes Verfahren zu entwickeln, angesammelte Flüssigkeit im Betrieb abzuleiten. Die Schwimmfähigkeit dieser Decken darf durch festinstallierte Ablaufeinrichtungen nicht beeinträchtigt werden.



a) Stütze (feststehend)

b) Ent- und Belüftungseinrichtung (geöffnet)

Legende

- 1 Schwimmdecke
- 2 Dichtung
- 3 Bohrungen für Höheneinstellung
- 4 Ablauföffnung
- 5 Fußplatte
- 6 Verstärkungsblech

Bild C.4 — Typische Ausführungen einer Stütze und einer Ent- und Belüftungseinrichtung**C.3.3.5 Ableitung statischer Aufladung**

Schwimmdecken müssen elektrisch leitfähig bzw. bei Nichtmetallen antistatisch sein und den Anforderungen in C.3.1.6 entsprechen. Zusätzlich müssen Schwimmdecke und Tankmantel über mehradrige Kabel elektrisch miteinander verbunden werden, damit statische Ladung abgeleitet werden kann (siehe Bild C.1).

Bei Tanks mit Durchmessern bis 20 m sind mindestens zwei, bei größeren Tanks 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 von der Oberseite der Schwimmdecke zum Tankdach befestigt werden und sind so anzubringen, dass sie andere Einrichtungen nicht behindern.

Über der Schwimmdecke dürfen keine Teile vorhanden sein, die diese Kabel bei Auf- und Abbewegungen der Schwimmdecke behindern. Andernfalls müssen vorgespannte Kabelrollen verwendet werden, die die Kabel ständig gespannt halten.

C.3.3.6 Antirotations-Vorrichtung

Die Schwimmdecke darf keine Rotationsbewegungen ausführen.

ANMERKUNG 1 Ein Führungsrohr oder ein außermittig zwischen dem Tankdach und Tankboden gespanntes mehradriges Stahlseil kann hierfür verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Das Stahlseil sollte durch Federunterstützung gespannt werden. Das Führungsrohr sollte passend dimensioniert und aus verträglichem Werkstoff sein.

ANMERKUNG 3 Bei großen Tanks mit freitragendem Dach kann es erforderlich sein, mehrere Antirotations-Vorrichtungen anzubringen, um die erforderliche Schwimmdeckenstabilität zu erreichen.

ANMERKUNG 4 Alternativ können außermittig angeordnete Tankdachstützen für diesen Zweck verwendet werden.

C.3.3.7 Füllstandanzeige und Probeentnahme

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Schwimmdecke so ausgelegt sein, dass Füllstandanzeiger über den gesamten Hub der Schwimmdecke nicht behindert werden und funktionsfähig bleiben. Alternativ ist ein integriertes Anzeigesystem in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Bestellers in die Schwimmdecke einzubauen.

In der Schwimmdecke sind Probeentnahmeöffnungen vorzusehen, die mit entsprechenden Peilluken im Tankdach fluchten, sodass Füllstandmessungen und Probeentnahmen ohne Behinderungen möglich sind (siehe Bild C.1).

ANMERKUNG Probeentnahmeöffnungen sind mit geeigneten Mitteln zu verschließen. Dazu eignen sich z. B. geschlitzte Dichtungen, die sowohl den Dampfverlust reduzieren als auch eine Füllstandmessung und Probeentnahme ermöglichen.

C.3.3.8 Schwimmdeckendurchführungen

Durchführungen für Tankdachstützen oder andere Einbauten durch die Schwimmdecke sind mit Dichtungen zu versehen, damit der Dampfverlust bei horizontalen und vertikalen Bewegungen der Schwimmdecke möglichst gering bleibt. Die Dichtungen müssen gut passen und eine horizontale Verlagerung von ± 125 mm der Schwimmdecke gestatten. Drainagerohre sowie Ent- und Belüftungseinrichtungen sind nicht mit Dichtungen zu versehen.

Durchführungen für Probeentnahmerohre und Niveaupeilung sind trichterförmig zu gestalten, um das Probeentnahmegesetz oder Peilgerät zu führen.

Mit Ausnahme von Ent- und Belüftungsöffnungen sind alle Durchführungen an nicht aufliegenden Leichtmetallschwimmdecken (Typ 1) mit einem Bord zu versehen, der mindestens 150 mm in das Lagergut hineinragt.

C.3.3.9 Füllstandwarneinrichtungen

Sofern nicht anders festgelegt, sind automatische Füllstandwarneinrichtungen einzubauen, die das Bedienpersonal warnen, wenn der Füllstand eine bestimmte Höhe übersteigt.

C.3.3.10 Schwimmsauganlagen

Bei bestimmten Tanks, bei denen die Reinheit des Lagerguts von Bedeutung ist (z. B. Flugbenzin, demineralisiertes Wasser usw.), gehören Schwimmsauganlagen zur Standardausstattung. Auch bei derartigen Tanks können Schwimmdecken eingebaut werden, sie müssen jedoch zur Aufnahme der Schwimmsauganlage angepasst werden.

ANMERKUNG Dafür kann eine zusätzliche Führungsbahn an der Deckenunterseite erforderlich sein, die die Schwimmfähigkeit der Decke verändern und ihre Stabilität beeinträchtigen kann.

Der Lieferant muss sicherstellen, dass die Schwimmfähigkeit durch den Einbau einer Schwimmsauganlage nicht unter die in C.3.1 festgelegten Werte sinkt und die Stabilität der Schwimmdecke nicht beeinträchtigt wird.

Bei der Wasserdruckprüfung ist der Schwimmsauganlage durch eine Korrektur der Schwimmfähigkeit Rechnung zu tragen.

Es muss nachgewiesen werden, dass eine Schwimmdecke mit Führungsbahn für eine Schwimmsauganlage über den gesamten Hub im Tank gehoben und gesenkt werden kann, ohne dass es in Verbindung mit der Schwimmsauganlage zu mechanischen Behinderungen kommt.

C.3.4 Ausrüstungsteile des Tanks

C.3.4.1 Ent- und Belüftungseinrichtungen (Lüfter) am Tankdach

C.3.4.1.1 Allgemeines

Wenn in einem Tank mit Schwimmdecke bestimmte Produkte, z. B. Benzine, gelagert sind, können sich Dämpfe oberhalb der Schwimmdecke in einem solchen Umfang bilden, dass eine mögliche explosive Atmosphäre vorhanden ist. Um dies zu verhindern, müssen Ent- und Belüftungseinrichtungen am Tankdach in Übereinstimmung mit C.3.4.1.2 oder C.3.4.1.3 vorgesehen werden.

Lüfterhauben dürfen nicht eingesetzt werden,

- a) wenn der Gasraum gespült oder mit Inertgas überlagert ist;
- b) wenn die Wahrscheinlichkeit extremer Windverhältnisse gegeben ist, die bei konventionellen Lüftungsöffnungen erhebliche Verdampfungsverluste hervorrufen;
- c) wenn offene Ent- und Belüftungseinrichtungen (Lüfter) durch örtliche Vorschriften verboten sind.

In der höchsten Arbeitsstellung der Schwimmdecke darf die Dichtung die Funktion der Lüfter nicht beeinträchtigen.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt (siehe A.1), sollten alle Lüfter mit Drahtsieben in Übereinstimmung mit 10.6.3, Anmerkungen 1 und 2, versehen werden.

C.3.4.1.2 Lüfterhauben

Diese erlauben eine freie Ent- und Belüftung des Gasraumes. Eine typische Ausführung ist in Bild C.5 dargestellt.

Offene Lüfter müssen jeweils zum einen in der Mitte des Tanks und zum anderen am Dachrand angebracht werden. Der zentrale Dachlüfter muss so nahe wie möglich an der höchsten Stelle des Tankdaches vorgesehen werden. Dieser muss mindestens eine freie Fläche von 0,03 m² aufweisen.

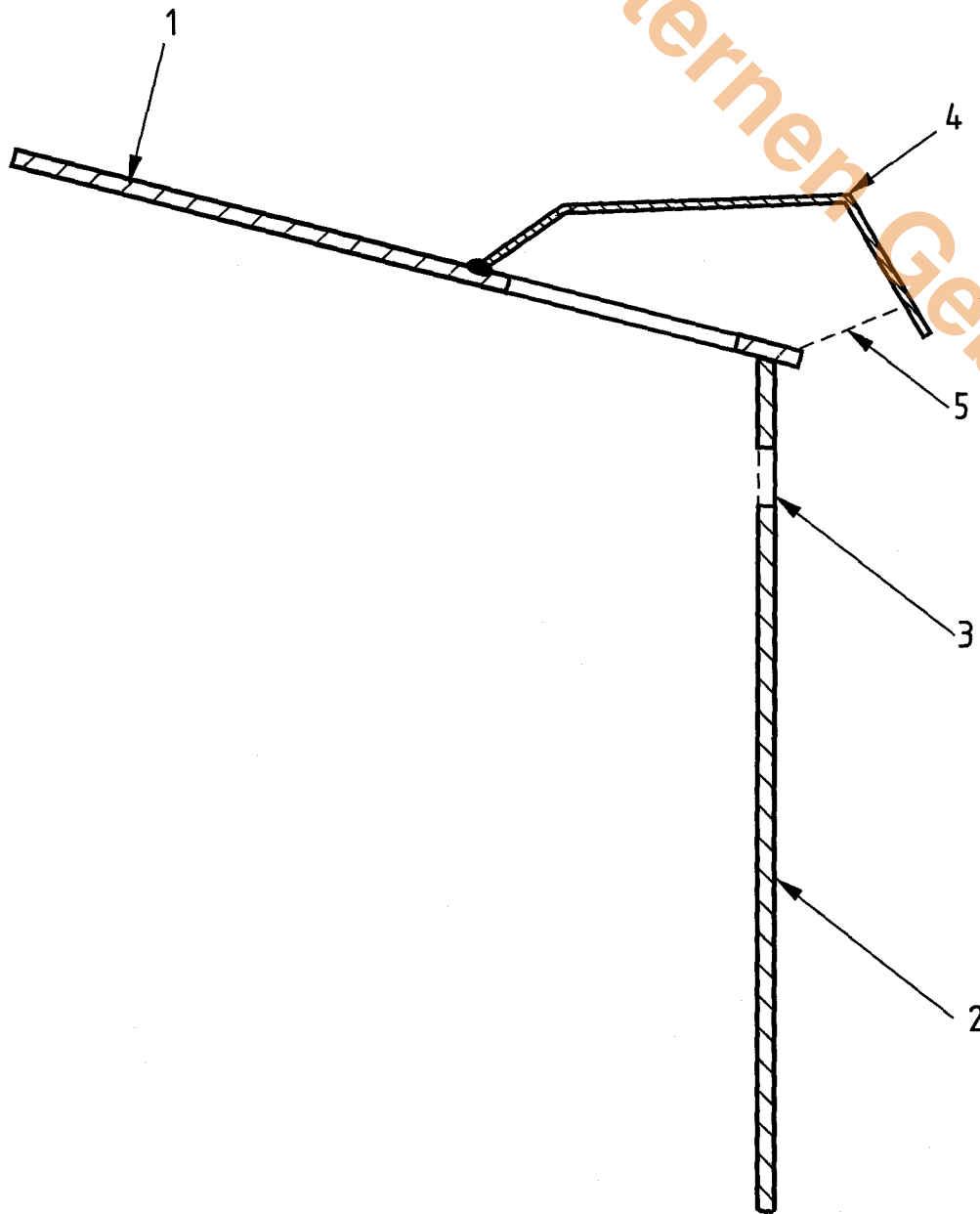
Die Dachrandlüfter müssen eine schaufelförmige Haube aufweisen (siehe Bild C.5) und müssen so nahe wie möglich an der Kante des Tankdaches angeordnet werden. Es muss mindestens ein Lüfter je 10 m des Tankumfangs vorgesehen werden, aber in keinem Fall dürfen weniger als 4 gleich dimensionierte Lüfter vorhanden sein. Die effektive freie Gesamtfläche dieser Lüfter darf nicht weniger als 0,06 m² je Meter Tankdurchmesser aufweisen.

ANMERKUNG Diese sind Mindestabmessungen und sie sind abhängig von der Verdampfungsfähigkeit des Produktes. Ein größerer Querschnitt kann vom Besteller vorgeschrieben werden.

C.3.4.1.3 Gesteuerte Ent- und Belüftungseinrichtungen

Überdruck-/Unterdruckventile müssen an Tanks installiert werden, die nicht frei ent- und belüftet sind. 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 dem Anhang L entsprechen.



Legende

- 1 Tankdach
- 2 Tankmantel
- 3 Notüberlauföffnung mit Sieb
- 4 Ent- und Belüftungsöffnung am Dachrand
- 5 Fremdkörpersieb

Bild C.5 — Typische Ausführung einer Ent- und Belüftungsöffnung im Tankdach

C.3.4.2 Überlauföffnungen

An einem Tank vorhandene Überlauföffnungen dürfen in der höchsten Hubhöhe der Schwimmdecke nicht durch die Randabdichtung verschlossen werden.

C.3.4.3 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.3.4.4 Mannlöcher und Inspektionsöffnungen

Im Festdach des Tanks ist mindestens ein Mannloch vorzusehen (siehe 13.3.1), durch das das Tankinnere zugänglich ist.

C.4 Einbau

C.4.1 Prüfung des Tanks

Vor Einbau der Schwimmdecke müssen Schwimmdeckenhersteller und Tankerrichter eine Gesamtprüfung des Tanks durchführen, die mindestens die folgenden Merkmale betrifft:

- a) Vertikalität des Tankmantels;
- b) Unrundheit des Tankmantels nach einem geeigneten und anerkannten Verfahren (dabei sind alle zugänglichen Bereiche des Tanks zu prüfen);
- c) Größe und Lage des Mannlochs im Tankmantel;
- d) Vorhandensein einer Schwimmsauganlage;
- e) Höhe des tiefsten Teils des Dachgespärres, einschließlich des Abstands von Überlauföffnungen, falls vorhanden, zur Ermittlung der zulässigen Schwimmdeckenhubhöhe;
- f) Mindestabstände der Schwimmdecke von allen Einbauteilen über den gesamten Hub der Schwimmdecke;
- g) Größe, Lage und senkrechte Stellung von Tankdachstützen;
- h) Zugangsmöglichkeiten für die Einbringung von Teilen der Schwimmdecke;
- i) Bereiche unzulässiger Unebenheiten an Tankmantelschweißnähten und -oberflächen;
- j) Einzelheiten zu innenliegenden Ausrüstungsteilen wie Rührwerken oder Heiz-/Kühlschlangen (siehe Anhang P).

C.4.2 Prüfung und Einbau der Schwimmdecke

Am Einbauort muss der Schwimmdeckenlieferant eine Prüfung der Schwimmdeckenteile auf Lager- und Transportschäden durchführen. Festgestellte Schäden sind vom Schwimmdeckenlieferanten zur Zufriedenheit des Bestellers vor dem Einbau zu beseitigen.

Schwimmdeckenlieferant oder -auftragnehmer müssen dem Besteller eine Beschreibung des Einbauverfahrens zur Zustimmung vorlegen, sofern diese Zustimmung noch nicht schriftlich erteilt worden ist.

Der Schwimmdeckenlieferant hat die Verantwortung dafür, dass alle Teile der Schwimmdecke ohne Probleme in den Tank eingebracht werden können.

Die Schwimmdecke muss in horizontaler Lage eingebaut werden. Besondere Sorgfalt ist erforderlich, damit Verformungen oder Abweichungen von der Kreisform durch Schweißarbeiten oder aufgrund anderer Ursachen auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Der Abstand zwischen dem Rand der Schwimmdecke und dem Tankmantel muss gleichmäßig sein und den Anforderungen für die Ringraumabdichtung entsprechen (siehe C.3.2.3).

ANMERKUNG Beim Auflegen der Dachhaut bei Leichtmetallschwimmdecken sollte Wellenbildung vermieden werden.

Zugangsmöglichkeiten für Prüf- und Wartungsarbeiten müssen durch Mannlöcher im Tankmantel und Zugangsöffnungen in der Schwimmdecke gegeben sein.

C.4.3 Prüfungen

C.4.3.1 Prüfung des Tankbodens nach Einbau der Schwimmdecke

Nach dem Einbau der Schwimmdecke ist eine Sichtprüfung des Tankbodens durchzuführen.

C.4.3.2 Prüfung der Schwimmfähigkeit und Funktion

Nach dem Einbau ist eine Prüfung auf Schwimmfähigkeit und Funktion der Schwimmdecke über ihren gesamten Hubbereich durchzuführen.

ANMERKUNG Diese Prüfung kann zusammen mit der Flüssigkeitsdruckprüfung (siehe 19.13) durchgeführt werden.

Der Tank ist zu befüllen, wobei darauf zu achten ist, dass sich Schwimmdecke und Dichtungen ohne Klemmen, Verkanten und Behinderungen über die Auslegungshöhe der Schwimmdecke bewegen. Die Schwimmdecke darf keine sichtbaren Undichtheiten aufweisen. Bei der Prüfung festgestellte Undichtheiten sind zur Zufriedenheit des Bestellers zu beseitigen.

Die Möglichkeit von Korrosionsschäden aufgrund der Unverträglichkeit zwischen Schwimmdeckenwerkstoff, Prüfflüssigkeit und Tankmantelwerkstoff ist in Betracht zu ziehen.

C.4.3.3 Prüfung des elektrischen Widerstands

Der elektrische Widerstand zwischen Tank und Schwimmdecke 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 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 dem flüssigen Lagergut im offenen Tank schwimmen. Sie liegen mit ihrer gesamten Fläche auf dem Flüssigkeitsspiegel auf.

D.2 Ausführungsarten von Schwimmdächern

Die folgenden drei Ausführungsarten von Schwimmdächern werden in diesem Anhang betrachtet:

- a) **Schwimmdach mit Ringponton:** Dieses Schwimmdach besteht aus einer auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegenden Stahlmembran und einem umlaufenden Ringponton, der durch Schottwände in flüssigkeitsdichte Zellen unterteilt ist.
- b) **Doppeldeckschwimmdach:** Dieses Schwimmdach besteht aus einem oberen und einem unteren Deck. Das untere Deck liegt auf dem Flüssigkeitsspiegel auf und Deckenrandbleche und Schottwände zwischen den beiden Decks bilden flüssigkeitsdichte Pontonzellen.
- c) **Schwimmdach mit Ring- und Mittelpontons:** Dieses Schwimmdach besteht aus einer auf dem Flüssigkeitsspiegel aufliegenden Stahlmembran, an der zusätzliche Schwimmzellen angebracht sind, und einem durchgehenden Ringponton, der durch Schottwände in flüssigkeitsdichte Zellen unterteilt ist.

ANMERKUNG Typische Beispiele sind in Bild D.1 angegeben.

Anforderungen für anderen Ausführungsarten sind jeweils zu vereinbaren (siehe A.2).

D.3 Konstruktive Gestaltung

D.3.1 Allgemeine Anforderungen

Bei der Auslegung von Schwimmdächern müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- klimatische Bedingungen, Temperaturen, Regen, Schnee, Wind usw.;
- Tankabmessungen;
- Toleranzen für die erwartete Gründungssetzung, den Ringspalt und die Art der Ringspaltabdichtung;
- Art und Eigenschaften der Lagerflüssigkeit (Dichte, Temperatur 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 Rolllleiter;
- Kabel zur Ableitung statischer Ladungen.

Sofern nicht anders vereinbart (siehe A.1), bleibt das Dach auslegungsgemäß im Schwimmzustand. Es wird nur für Wartungs- und Prüfzwecke auf seine Stützen abgesetzt.

Sofern nicht anders vereinbart (siehe A.2), müssen Schwimmdach und Ausrüstungsteile so ausgelegt und konstruiert sein, dass das Schwimmdach ohne Schaden an der Stahlkonstruktion bis zur Überfüllhöhe des Tanks aufsteigen kann und nachfolgend in eine normale Schwimmlage zurückkommen kann. Diese Vereinbarung gilt sowohl unter Betriebsbedingungen als auch unter den Bedingungen der Wasserdruckprüfung.

Bei Verwendung einer Windschürze oder eines Tankmantelaufsatzes zur Abstützung der Ringspaltabdichtung bei höchster Dachstellung sind im oberen Teil des Tankmantels, oberhalb der nominalen Füllhöhe des Tanks, Überlauföffnungen vorzusehen.

Die Blechstärke aller Schwimmdachteile muss mindestens 5 mm betragen.

D.3.2 Schwimmfähigkeit

D.3.2.1 Schwimmdach mit Ringponton

Das Mindestvolumen des Pontons muss ausreichen, um die Schwimmfähigkeit des Daches auf einer Flüssigkeit der Dichte 0,7 unter folgenden Bedingungen zu gewährleisten:

- a) zwei benachbarte Pontonzellen und die Mittelmembran sind undicht und die Schwimmdachentwässerung ist außer Funktion, oder
- b) auf dem Dach steht Regenwasser in einer Höhe von 250 mm, bezogen auf die gesamte Fläche des Daches, wobei die Last auf die Mittelmembran konzentriert ist, sämtliche Pontonzellen und die Mittelmembran intakt sind und die Schwimmdachentwässerung außer Funktion ist.

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 zu gewährleisten:

- a) zwei benachbarte Pontonzellen sind undicht und die Schwimmdachentwässerung ist außer Funktion;
- b) auf der gesamten Fläche des Daches steht Regenwasser in einer Höhe von 250 mm und die Schwimmdachentwässerung ist außer Funktion.
- c) Als Alternative ist es zulässig, das Schwimmdach für eine geringere Last als in Fall b) auszulegen. Voraussetzung dafür sind jedoch Notentwässerungseinrichtungen (siehe D.3.9), durch die übermäßige Regenwassermengen direkt in das Lagergut abgeleitet werden.



a) Schwimmdach mit Ringponton



b) Doppeldeckschwimmdach



c) Schwimmdach mit Ring- und Mittelponton

Bild D.1 — Typische Beispiele für Schwimmdächer

D.3.2.3 Schwimmdach mit Ring- und Mittelpontons

Das kombinierte Mindestvolumen der Pontons (d. h. die Summe der Volumina von Ringpontons und den zusätzlichen Schwimmzellen) muss ausreichen, um die Schwimmfähigkeit des Daches auf einer Flüssigkeit der Dichte 0,7 unter folgenden Bedingungen zu gewährleisten:

- a) Die Mittelmembran ist undicht und
 - zwei benachbarte Schwimmzellen der Mittelmembran sind undicht;
 - zwei benachbarte Zellen des Ringpontons sind undicht;
 - eine Zelle des Ringpontons und eine benachbarte Schwimmzelle sind undicht, und die Schwimmdachentwässerung ist außer Funktion.
- b) Auf dem Dach steht Regenwasser in einer Höhe von 250 mm, bezogen auf die gesamte Fläche des Daches, wobei die Last auf die Mittelmembran konzentriert ist, sämtliche Zellen des Ringpontons und die zusätzlichen Schwimmzellen intakt sind und die Hauptentwässerung ausgefallen ist.

D.3.2.4 Alternativer Lastfall

Falls das Schwimmdach für eine bestimmte Dichte, ein bestimmtes Lagergut oder eine von den Anforderungen in D.3.2.1 bis D.3.2.3 abweichende Regenmenge auszulegen ist, ist dies speziell zu vereinbaren (siehe A.2).

D.3.3 Tragfähigkeit

Das Schwimmdach muss so ausgelegt werden, dass es den folgenden Belastungen standhält:

- a) allen in D.3.2 festgelegten Anforderungen an die Schwimmfähigkeit;
- b) bei abgesetztem Schwimmdach 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 kann aber höher angesetzt werden, um voraussehbare höhere Lasten zu berücksichtigen.

D.3.4 Stabilität des Daches unter Windlast

Müssen Tanks in einem Gebiet errichtet werden, in dem die Windverhältnisse zu Ermüdung der Schweißnähte an der Mittelmembran führen können, sind Auslegung und Ausführungsart des Daches für Tanks mit einem Durchmesser ≥ 50 m durch den Besteller festzulegen (siehe A.1). In anderen Fällen muss die vom Wind verursachte Ermüdungsbeanspruchung nicht berücksichtigt werden.

D.3.5 Mannlöcher in Pontons

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 werden und unter den zugrunde gelegten Windbedingungen nicht weggerissen werden.

Die Oberkante der Mannlochstützen muss so hoch liegen, dass unter den in D.3.2 festgelegten Bedingungen kein Wasser in die Schwimmzellen eindringen kann.

D.3.6 Schwimmdach-Mannlöcher

Als Zugang zum Tankinneren und zur Ent- und Belüftung bei leerem Tank muss mindestens ein Mannloch am Schwimmdach vorhanden sein. Der Einbau zusätzlicher Mannlöcher bedarf weiterer Spezifizierung (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 Zentrier- und Verdrehsicherung

Eine Zentrier- und Verdrehsicherung ist einzubauen, um das Schwimmdach zu zentrieren und ein Verdrehen zu verhindern.

Diese Vorrichtung muss den Seitenkräften standhalten, die von der Dachleiter, ungleichmäßig verteilten Schneelasten, Windlasten usw. verursacht werden.

D.3.8 Schwimmdachentwässerung

D.3.8.1 Allgemeines

Sofern nicht anders festgelegt (siehe A.1), sind für die Schwimmdachentwässerung Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme zu verwenden. Die Entwässerungseinrichtungen müssen unter allen Betriebsbedingungen des Schwimmdaches funktionsfähig sein. Eine Drainage durch Syphon ist für Schwimmdächer mit Ringponton nicht zulässig.

Der Durchsatz der Schwimmdachentwässerung ist als Funktion der spezifizierten maximalen Niederschlagsmenge und bei tiefster Schwimmdachstellung zu berechnen.

Der Minstdurchmesser der Schwimmdachentwässerung für alle Arten von Schwimmdächern muss folgende Werte aufweisen:

- 75 mm bei Dachdurchmessern unter 30 m;
- 100 mm bei Dachdurchmessern zwischen 30 m und 60 m;
- 150 mm bei Dachdurchmessern über 60 m.

Schlauch- oder Gelenkrohrsysteme an Membrandächern 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 muss auch den Einbau aller für ihre Funktion und gegebenenfalls den Austausch erforderlichen Armaturen umfassen.

Falls gefordert, sind Doppeldeckschwimmdächer mit offenen Dachentwässerungen auszurüsten (siehe A.1).

D.3.8.2 Entwässerungsschläuche

Durch geeignete Maßnahmen ist zu verhindern, dass Entwässerungsschläuche geknickt oder unter den Dachstützen eingeklemmt werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die Entwässerungsschläuche so einzubauen, dass ein Austausch auch ohne Begehung des Tankraumes möglich ist.

D.3.8.3 Entwässerungsgelenkrohre

Die Drehgelenke des Gelenkrohrsystems müssen auf Dichtheit ausgelegt sein, damit kein Wasser in das Lagergut und kein Lagergut in das Wasser gelangen kann.

D.3.9 Notentwässerungseinrichtungen

An Schwimmdächern mit Ringpontons dürfen keine Notentwässerungseinrichtungen eingebaut werden, da das Lagergut im Tank stets höher steht als das Regenwasser auf der Mittelmembran.

Bei Doppeldeckdächern sind Notentwässerungseinrichtungen am tiefsten Punkt des oberen Decks einzubauen, damit das Regenwasser direkt in das Lagergut abgeleitet wird (siehe D.3.2.2). Diese Art der Notentwässerungseinrichtung ist so auszulegen, dass das Lagergut nicht auf das Dach strömen kann.

D.3.10 Ablauföffnung

In der Nähe des Dachmittelpunktes ist eine verschließbare Ablauföffnung anzubringen, damit bei abgesetztem Dach Regenwasser in den Tank abgelassen werden kann. Die Größe der Öffnung hängt von der spezifizierten Niederschlagsmenge ab (siehe D.3.1).

Vor Inbetriebnahme des Daches muss die Ablauföffnung verschlossen und gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert werden.

D.3.11 Ent- und Belüftungseinrichtungen

Sowohl die maximale Füll- und Entleerrate als auch jegliche speziellen Anforderungen an die Ent- und Belüftungseinrichtungen müssen angegeben werden (siehe A.1).

Wenn mit einer Überbeanspruchung der Schwimmdecke oder der Schwimmdachabdichtung zu rechnen ist, müssen Vorkehrungen zum Einbau von Ent- und Belüftungseinrichtungen an der Schwimmdachmembran und, falls erforderlich, am Schwimmdachrandblech vorgesehen werden.

Diese Lüfter oder Lüftungsventile müssen das Abströmen der Luft und der Gase ermöglichen, die sich unter dem Dach und der Randabdichtung bei der ersten Füllung angesammelt haben und das Einströmen von Luft beim Abpumpen vom Produkt bei abgesetztem Dach gewährleisten. Ferner muss die Entlüftung jeglicher Dampfüberschüsse, die ggfs. während des Betriebes im Ringraum vorhanden sind, gewährleistet sein.

Der Öffnungsmechanismus der Lüfter muss einstellbar sein, damit er den unterschiedlichen Dachstützenhöhen entsprechend angepasst werden kann.

D.3.12 Dichtungen

Dichtungen für Schwimmdächer müssen den Anforderungen in Anhang E entsprechen.

D.3.13 Dachstützen

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.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.3.1).

Die Stützen müssen so ausgelegt sein, dass kein Lagergut auf das mit der maximalen Regenmenge belastete Schwimmdach strömen und keine Lagerguldämpfe (falls zutreffend) austreten können, wenn die Mittelmembran eines Schwimmdaches mit Ringponton durch den Dampfdruck vom Flüssigkeitsspiegel abgehoben wird.

Wenn Schottwände oder Verstärkungsbleche vorgesehen sind, sind die Dachlasten über diese Teile in die Stützen einzuleiten.

Die durch die Stützen in den Tankboden eingeleiteten Lasten sind durch geeignete Vorkehrungen, z. B. Deckbleche, zu verteilen. Diese Bleche sind durchgehend mit den Bodenblechen zu verschweißen. Stehen die Bleche über Kehlnähte einer Überlappverbindung von Bodenblechen über, müssen Unterschiede in der Bodenhöhe durch vollständig verschweißte Ausgleichsbleche ausgeglichen werden.

Bei hohlen Stützen muss am unteren Ende eine Ablauföffnung vorhanden sein.

Wenn das Schwimmdach in verschiedenen Höhen absetzbar sein soll, müssen die Stützen von der Oberseite des Schwimmdaches höhenverstellbar sein.

Die Stützenhöhen für die Betriebs- und Reinigungsstellung des Schwimmdaches sind festzulegen (siehe A.1).

Der Hersteller muss sicherstellen, dass das Schwimmdach in der tiefsten Stellung nicht mit Ausrüstungsteilen (z. B. Rührwerke, Rohre und Füllstützen) kollidiert.

D.3.14 Füllstandspeileinrichtung

Schwimmdächer sind entweder mit einem dicht schließenden Lukendeckel für die Handpeilung oder bei Peilstützen mit einer dicht schließenden Kappe zu versehen, die entweder der Spezifikation des Bestellers (siehe A.1) oder der Norm des Herstellers entsprechen.

D.3.15 Rolllleiter

Sofern nicht anders festgelegt (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. 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 und kann deshalb bei Tanks, deren Höhe größer oder gleich dem Durchmesser ist, nicht verwendet werden.

Die Leiter muss für eine senkrechte Einzellast in der Mitte von mindestens 5 kN (500 kg) bei gleichzeitig aus jeder beliebigen 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 Laufschiene der Leiter müssen in ausreichender Höhe über dem Schwimmdach angebracht werden, um ein Aushängen der Leiter durch Schnee oder Eis zu verhindern.

ANMERKUNG Bei langen schweren Leitern sind in der Regel die lasttragende Breite der Schienen und der Rollwiderstand der Räder besonders zu berücksichtigen.

D.3.16 Erdungskabel

Schwimmdächer müssen grundsätzlich mit Erdungskabeln ausgestattet sein, und zwar bei Tanks mit Durchmessern ≤ 20 m mit mindestens zwei Erdungskabeln, bei Tanks mit größerem Durchmesser mit mindestens vier Erdungskabeln.

ANMERKUNG Die Erdungskabel sollten einen Querschnitt von mindestens 50 mm² haben.

D.3.17 Schaumsüllblech (Schaumwand)

Eine ringförmige Schaumwand aus vertikal versteiften Blechen ist im Abstand von etwa 1,0 m von der Tankwand auf dem Ringponton des Schwimmdaches zu errichten zur Aufnahme und Verteilung von Löschaum in den Bereich der Schwimmdachabdichtung.

Die Schaumwand ist so zu dimensionieren, dass die Oberkante der Schaumwand die Schwimmabdichtung um nominell 200 mm übersteigt.

Am Boden der Schaumwand sind Drainageöffnungen vorzusehen zur Ableitung von Wasser zur Schwimmdachentwässerung.

ANMERKUNG Im Bereich der Schaumprallbleche kann die Höhe der Schaumwand nach Notwendigkeit vergrößert werden, um einen Übertritt von Löschaum zu verhindern.

D.4 Vorfertigung im Werk

Die Toleranzen vorgefertigter Schwimmdachteile sind derart zu bemessen, dass eine maßgenaue Endmontage des Daches gewährleistet werden kann. Sofern festgelegt (siehe A.1), sind eine Probemontage und eine Prüfung im Werk durchzuführen.

D.5 Kennzeichnung, Verpackung, Verladung und Transport

D.5.1 Allgemeines

Es gelten die Anforderungen nach 15.11 und 15.12.

D.5.2 Reparatur nach Schäden im Werk

Es gelten die Anforderungen in 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 Endabmessungen des Schwimmdaches sind auf die Maßabweichungen 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 Schweißfolgen sicherstellen, dass Verformung und Schrumpfen des Schwimmdachs auf ein Minimum 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.

D.7.2 Dachstützen

Überlappstöße an der Mittelmembran von Schwimmdächern müssen im Umkreis von 200 mm um eine Dachstütze beidseitig geschweißt werden.

Die Dachstützen sind an Schottblechen von Schwimmzellen und an Versteifungen anzuordnen.

D.7.3 Schottbleche

Innenliegende Schottbleche müssen mindestens an ihren unteren und vertikalen Kanten einseitig kehlnahtverschweißt werden, damit sie flüssigkeitsdicht sind. Bei jedem zweiten Schottblech ist darüber hinaus auch an der Oberkante eine durchlaufende Kehlnaht zu setzen.

Ecken von Schottblechen, die für das Setzen der Längskehlnähte 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 (0,0007 MPa) aufrechterhalten werden. Die Schweißnähte sind mit einer blasenbildenden Lösung wie für die Unterdruckprüfung mit Saugglocke (siehe 19.5) zu prüfen.

Ist aufgrund der Auslegung eine Druckprüfung nicht möglich, sind alle Schweißnähte einer Eindringprüfung (siehe 19.6) zu unterziehen.

D.8.3 Prüfungen

Die nachstehenden Prüfungen sind vom Hersteller durchzuführen:

- a) ordnungsgemäße Anordnung und Durchführung der Schweißung von Bodenverstärkungsblechen aus Stahl;
- b) Höhe und Anordnung der Dachstützen darauf hin, dass das Dach in der unteren Stellung nicht an Einbauteile am Tankboden und -mantel stößt;

- c) Übereinstimmung des Ringspaltes zwischen Schwimmdachrand und Tankmantel mit D.3.1, D.3.12 und D.6. Diese Prüfung ist bei der Befüllung des Tanks mit Wasser bei niedrigstem, mittlerem, und höchstmöglichem Flüssigkeitsstand durchzuführen, und zwar jeweils an mindestens acht jeweils höchstens 10 m voneinander entfernten Punkten am Umfang;
- d) Anordnung von flexiblen, beweglichen oder starren Teilen der Dachentwässerung daraufhin, dass sie nicht an andere Einbauteile oder Dachstützen stoßen;
- e) Vorhandensein von Wasserablauföffnungen für den Fall, dass ein Schaumsüllblech (Schaumwand) installiert ist;
- f) Einstellungen der Stützenhöhe, Dichtheit der Pontons und der Membranen, Dichtheit und freie Beweglichkeit des Schwimmdachs im Schwimmzustand;
- g) Einbau und Befestigung von Erdungseinrichtungen.

D.8.4 Entwässerungseinrichtungen

Der Schwimmdachhersteller führt nach dem Einbau in Anwesenheit des Abnahmebeauftragten eine Wasserdruckprüfung der Entwässerungseinrichtungen auf Dichtheit durch. Der Prüfdruck wird vom Hersteller der Entwässerungseinrichtung festgelegt.

D.9 Dokumentation

Betriebsanweisungen und Angaben zu etwaigen Einschränkungen in der Verwendung sind in schriftlicher Form durch den Schwimmdachhersteller vorzulegen.

Anhang E (normativ)

Anforderungen an Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer

E.1 Allgemeines

Tanks mit Schwimmdach müssen mit Ringspaltabdichtungen zur Minimierung der Dampfverluste ausgerüstet werden.

Falls festgelegt (siehe A.1), dürfen Ringspaltabdichtungen nach Anhang E für Schwimmdecken (siehe C.3.2.3) verwendet werden.

ANMERKUNG Die Richtlinie Nr. 94/63/EG des Europäischen Parlaments und des Rates ist zu beachten.

E.2 Auslegung

Der Ringspalt zwischen Schwimmdach und Tankmantel muss ungehinderte Auf- und Abbewegungen des Schwimmdachs im Tank zulassen. Die Randabdichtung soll das Entweichen von Lagergutdämpfen und das Eindringen von Regenwasser in den Tank verhindern.

Die Ringspaltabdichtung muss der Beschaffenheit, den Merkmalen und der Temperatur des Lagergutes Rechnung tragen.

Die Schwimmdachdichtung muss so ausgelegt sein, dass sie

- der Reibung am Tankmantel standhält;
- gegen das Lagergut im Tank beständig ist;
- Fertigungstoleranzen des Tankmantels und des Schwimmdachs ausgleicht;
- seitliche Bewegungen des Schwimmdachs innerhalb bestimmter Grenzen zulässt;
- Verformungen des Tanks aufgrund von Änderungen der klimatischen Bedingungen ausgleicht.

Um eine bestmögliche Abdichtung zu erreichen, soll ein unteres Teil der Ringspaltabdichtung nahe der Tankwand in das Lagergut eintauchen.

ANMERKUNG Dichtungselemente aus Metall, die den Ringraum vollständig verschließen, sollten mit entsprechenden Öffnungen zum Einbringen von Feuerlöschschaum versehen werden.

Alle Metallteile der Ringspaltabdichtung müssen geerdet, alle Nichtmetalle antistatisch sein. Vorzugsweise sind Metalle mit geringer Tendenz zu Funkenbildung und Korrosion zu verwenden.

Magnesiumlegierungen, Kupfer und Kupferlegierungen dürfen nicht verwendet werden.

E.3 Dichtungsausführungen

Die am häufigsten verwendeten Ringspaltabdichtungen sind in folgende Gruppen einzuteilen:

a) Separate Primärdichtungen:

- Gleitblechdichtungen;
- federwirksame Profildichtungen;
- flüssigkeitsgefüllte Dichtungen;
- schaumstoffgefüllte elastische Dichtungen.

- b) Separate Sekundärdichtungen:
- federwirksame Sekundärdichtungen mit Elastomerprofilen, Weichschaum-Polsterelementen oder wassersaugender Filzpackung als Kontaktelement;
 - „Compression Plate“-Sekundärdichtungen mit Elastomerprofilen oder Weichschaum-Polsterelementen als Kontaktelement.
- c) Lippendichtungen (Wiper) aus Elastomeren oder elastischen Schaumelementen.
- d) Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen
- Die Konstruktionselemente separater Primär- und Sekundärdichtungen sind hierbei in einer gemeinsamen Konstruktion mit einer oder zwei Dichtungsschürzen zum Schwimmdachrand integriert.

E.4 Wetterschutz

Zum Schutz der nichtmetallischen Teile der Schwimmdachdichtungen gegen Sonneneinstrahlung, Witterung und herunterfallende Gegenstände sowie zur Ableitung von Regenwasser auf das Schwimmdach sind überlappende Witterungsschutzbleche anzubringen, sofern nichts anderes festgelegt ist (siehe A.1).

E.5 Anwendung und technische Einzelheiten von Ringspaltabdichtungen

E.5.1 Gleitblechdichtungen

Gleitblechdichtungen sind entweder allein oder in Kombination mit einer Sekundärdichtung zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Gleitblechdichtungen eignen sich für Tanks, in denen Rohölprodukte oder chemisch aggressive Flüssigkeiten gelagert werden.

ANMERKUNG 2 Bei Rohöltanks ist die Verwendung eines Wachskratzers an der Unterkante des Gleitblechs zweckmäßig.

ANMERKUNG 3 Gleitbleche haben üblicherweise etwa die Höhe des Schwimmdachs. In Kombination mit Sekundärdichtungen sind Gleitbleche geringerer Höhe einsetzbar.

ANMERKUNG 4 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 a) angegeben.

Die Gleitbleche müssen über das Schwimmdach geerdet werden.

E.5.2 Federwirksame Primärdichtungen

Federwirksame Primärdichtungen sind mit Sekundärdichtungen zu kombinieren.

ANMERKUNG 1 Eine ausreichende Dichtwirkung wird nur erreicht, wenn die Dichtung mit einem geeigneten Tauchverschluss versehen ist.

ANMERKUNG 2 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 b) angegeben.

Für die maximale Hubhöhe des Schwimmdachs ist die Bauhöhe der Primärdichtung zu beachten.

E.5.3 Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen

Flüssigkeitsgefüllte Primärdichtungen müssen aus einem abriebfesten Schlauch, der erforderlichenfalls mit kältebeständiger Flüssigkeit, Kerosin oder Lagergut gefüllt ist, bestehen.

Der untere Teil der Dichtung muss in das Lagergut eintauchen, damit eine gute Dichtwirkung erzielt wird.

ANMERKUNG 1 Voraussetzung für die Verwendung flüssigkeitsgefüllter Primärdichtungen sind gute Rundheit des Tankmantels und glatte Schweißnähte.

ANMERKUNG 2 Flüssigkeitsgefüllte Dichtungen tragen wenig zur Zentrierung des Schwimmdachs bei, und ihre Füllung muss häufig kontrolliert werden.

ANMERKUNG 3 Bei Heißenarbeiten im entleerten Tank kann es erforderlich sein, die Flüssigkeit aus der Dichtung abzulassen.

ANMERKUNG 4 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 c) angegeben.

E.5.4 Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen

Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen müssen aus einer abriebfesten Dichtungshülle, die zu einem kreisrunden Schlauch geformt und mit Weichschaumelementen gefüllt wird, sowie 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 ist aufgrund der senkrechten Verschiebung des Dichtkörpers der ständige Kontakt zwischen Dichtkörper und Lagergut nicht erreichbar.

ANMERKUNG 2 Schaumstoffgefüllte Primärdichtungen weisen hohe Zentrierungskräfte und starke Reibung auf.

ANMERKUNG 3 Bei Schäden der Dichtungshülle kann Lagergut in die Schaumstofffüllung eindringen.

ANMERKUNG 4 Bei Heißenarbeiten im entleerten Tank kann es erforderlich sein, die Schaumstoffelemente aus der Dichtungshülle zu entfernen.

ANMERKUNG 5 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 d) angegeben.

E.5.5 Federwirksame Sekundärdichtungen

Die Länge der Federn muss für eine einwandfreie Funktion der Dichtung auf die maximal zu erwartende Breite des Ringraums abgestimmt sein.

ANMERKUNG 1 Federwirksame Sekundärdichtungen weisen hohe Flexibilität und Zentrierkräfte auf.

ANMERKUNG 2 Die Höhe der benötigten Schaumsüllbleche und die maximale Fahrhöhe des Schwimmdaches werden bestimmt durch den höchsten Kontaktpunkt zwischen Sekundärdichtung und Tankwand.

E.5.6 „Compression-Plate“-Sekundärdichtungen

Die Höhe der Federbleche muss für eine einwandfreie Funktion der Dichtung auf die maximal zu erwartende Breite des Ringraums abgestimmt sein.

ANMERKUNG 1 Die Federbleche müssen mit entsprechenden Öffnungen zum Einbringen von Feuerlöschschaum in den Ringspalt versehen sein.

ANMERKUNG 2 „Compression-Plate“-Sekundärdichtungen haben eine gute Zentrierungswirkung und schützen nichtmetallische Dichtungsteile gegen Sonneneinstrahlung und Witterungseinflüsse.

ANMERKUNG 3 Die Höhe der benötigten Schaumsüllbleche und die maximale Fahrhöhe des Schwimmdaches werden bestimmt durch den höchsten Kontaktpunkt zwischen Sekundärdichtung und Tankwand.

E.5.7 Lippendichtungen (Wiper)

Lippendichtungen bestehen aus einem geschlossenen Ring keilförmiger oder flacher Lippen aus Gummi oder halbelastischem Polyurethanschaum, der bogenförmig an den Tankmantel angedrückt wird.

ANMERKUNG Lippendichtungen aus Gummi werden gewöhnlich durch innen- oder außenliegende Blattfedern verstärkt.

E.5.8 Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen

Bei kombinierten Primär- und Sekundärdichtungen sind mehrere Wirkungselemente zu einer Einheit zusammengefasst. Der primäre Teil des Dichtsyste.ms besteht üblicherweise aus einer Gleitblechdichtung.

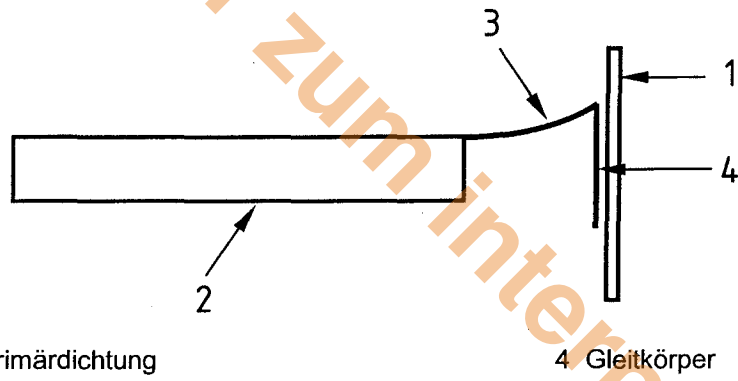
ANMERKUNG 1 Die Bauhöhe dieser Dichtsyste.ms oberhalb des Schwimmdachrandes kann niedrig gewählt werden.

ANMERKUNG 2 Der Dampfraum im Ringspalt kann wirkungsvoll durch ein eintauchendes Dichtungselement abgedichtet werden.

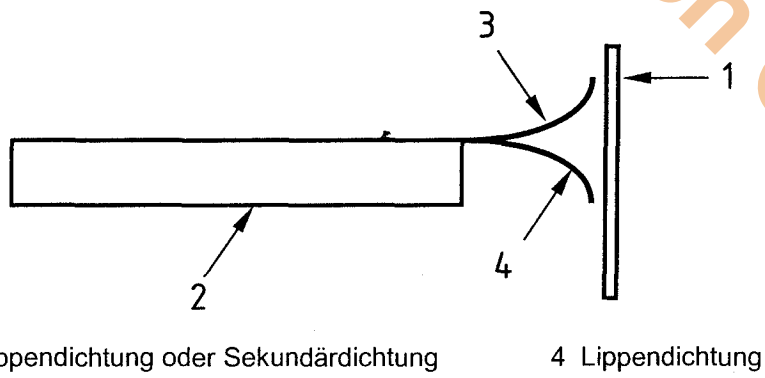
ANMERKUNG 3 Ein typisches Beispiel ist in Bild E.1 e) angegeben.

E.6 Einbau

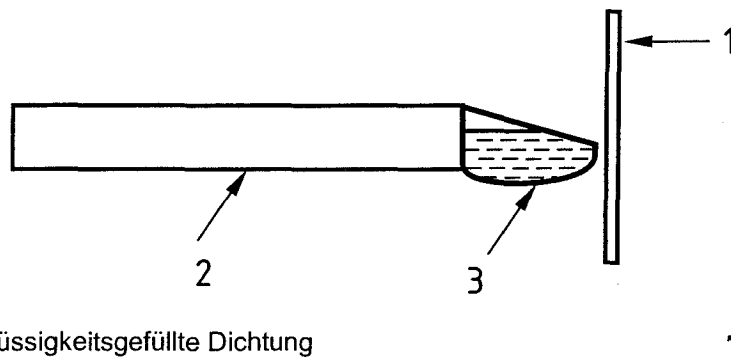
Der ordnungsgemäÙe Einbau der Dichtungen ist von wesentlicher Bedeutung für ihre Funktion und Lebensdauer und ist deshalb nur von Fachpersonal durchzuführen.



a) Gleitblechdichtung



b) Federwirksame Primärdichtung und Lippendichtung



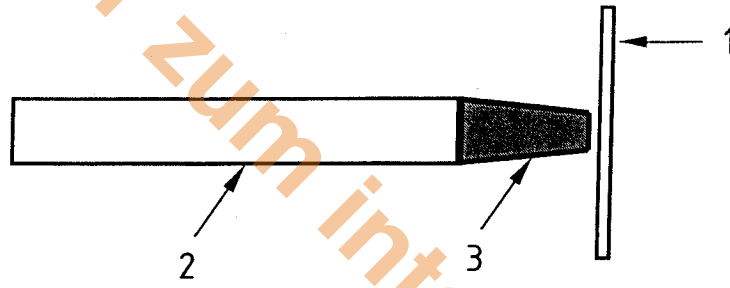
c) Flüssigkeitsgefüllte Dichtung

1 Tankmantel

2 Schwimmdach

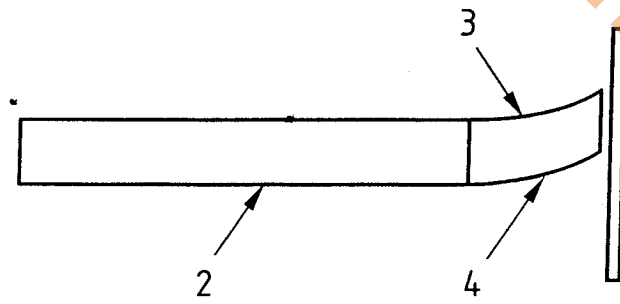
Bild E.1 — Beispiele für Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer

Nur zum internen Gebrauch



3 Schaumstoffgefüllte Dichtung

d) Schaumstoffgefüllte elastische Dichtung



3 Sekundärdichtung

4 Primärdichtung

e) Kombinierte Primär- und Sekundärdichtungen

1 Tankmantel

2 Schwimmdach

Bild E.1 — Beispiele für Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer (fortgesetzt)

Anhang F (normativ)

Auswahl unlegierter Stähle nach anderen Lieferbedingungen als in 6.1 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 nichts anderes vereinbart wurde (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. Für die Wahl einer geeigneten Stahlsorte, die diesen Anforderungen entspricht, ist der Tankhersteller zuständig.

F.2 Allgemeines

F.2.1 Die Definitionen müssen EN 10025:1992, Abschnitt 3 entsprechen.

F.2.2 Zulässig ist die Erschmelzung der Stähle nach dem basischen Sauerstoffblasverfahren, im Elektroofen und nach dem Siemens-Martin-Verfahren. Unberuhigte Stähle sind nicht zulässig.

F.2.3 Zulässige Maßabweichungen, Oberflächenausführung und innere Beschaffenheit müssen den Festlegungen in EN 10025:1992, Abschnitt 5, 7.6 und/oder 8.9, entsprechen.

F.2.4 Das Prüfverfahren, die Anzahl der Proben, die Probenentnahmeorte sowie die Wahl und Vorbereitung der Proben für die mechanischen Prüfungen müssen mit EN 10025:1992, 8.6 und 8.7, übereinstimmen. Die Proben für Zugversuche müssen quer zur Walzrichtung und die Proben für Kerbschlagbiegeversuche längs zur Walzrichtung entnommen werden.

F.2.5 Prüfbescheinigungen müssen mit 6.1.1 dieses Dokuments übereinstimmen. Die Kennzeichnung muss mit EN 10025:1992, 9.1 übereinstimmen.

F.3 Chemische Zusammensetzung

F.3.1 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.3.2 festgelegt sind, und etwaiger beabsichtigter Zusätze, wie z. B. Aluminium, Bor, Niob, mitgeteilt werden.

F.3.2 Bei Blechen in Dicken über 20 mm darf der Wert des Kohlenstoffäquivalents, errechnet aus den Werten der Schmelzenanalyse nach der Formel

$$C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{(\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})}{5} + \frac{(\text{Ni} + \text{Cu})}{15} \quad (\text{F.1})$$

nicht größer sein als 0,42 %.

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. Falls sie absichtlich zulegiert werden, sind die Grenzwerte zwischen dem Stahlhersteller und dem Tankhersteller zu vereinbaren.

NUR FÜR INTERNEN GEBRAUCH

F.4 Mechanische Eigenschaften

F.4.1 Die mechanischen Eigenschaften müssen nach F.2.4 ermittelt werden und die Anforderungen in F.4.2 bis F.4.6 erfüllen.

F.4.2 Falls die Auslegungswandtemperatur höher ist als 100 °C, müssen die Werte der Streckgrenze 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 EN 10002-5 nachgewiesen wird.

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

F.4.3 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.4.4 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze kleiner oder gleich 275 N/mm² gelten die Forderungen:

- a) Der Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 430 N/mm²;
- b) bei einer Messlänge von 80 mm darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 20 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche verlangt sind, müssen die Anforderungen in F.5.2.1 erfüllt werden.

F.4.5 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 275 N/mm² bis kleiner oder gleich 355 N/mm² gelten die Forderungen:

- a) Der Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 510 N/mm²;
- b) bei einer Messlänge von 80 mm darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 20 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche verlangt sind, müssen die Anforderungen in F.5.2.2 erfüllt werden.

F.4.6 Für Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze größer als 355 N/mm² gelten die Forderungen:

- a) Der Mindestwert der Zugfestigkeit darf nicht größer sein als 600 N/mm²;
- b) bei einer Messlänge von 80 mm darf die Bruchdehnung nicht kleiner sein als 19 %;
- c) falls Kerbschlagbiegeversuche verlangt sind, müssen die Anforderungen in F.5.2.3 erfüllt werden.

F.5 Kerbschlagbiegeversuche

F.5.1 Allgemeines

Soweit zur Erfüllung der Anforderungen dieses Dokuments notwendig, sind Kerbschlagbiegeversuche nach EN 10045-1 in Übereinstimmung mit der zutreffenden Norm für das Blech durchzuführen.

Der geforderte Wert der Charpy-V-Kerbschlagarbeit der Bleche beruht auf Versuchen an drei Proben, wobei der Mittelwert der drei Versuchsergebnisse genommen werden muss. Der niedrigste Einzelwert von nur einer Probe darf nicht kleiner sein als 70 % des festgelegten Mittelwertes. Wenn Proben mit verringertem Querschnitt gefordert werden, müssen Proben mit dem Querschnitt 10 mm × 5 mm geprüft werden, und diese Proben müssen einen Wert der Kerbschlagarbeit zeigen, der 50 % des für die 10 mm breiten Proben geforderten Wertes beträgt. Soweit die Blechdicke es zulässt, müssen Proben mit dem Querschnitt 10 mm × 10 mm verwendet werden.

F.5.2 Kerbschlagarbeit

F.5.2.1 Der Nachweis der Kerbschlagarbeit der Bleche ist nach den Anforderungen der in Bezug genommenen Norm zu führen. Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen die Prüftemperaturen und die Werte der Kerbschlagarbeit die jeweils zutreffenden Anforderungen von F.5.2.2 bis F.5.2.4 erfüllen.

Der Nachweis der Kerbschlagarbeit muss nicht für Bodenbleche, ausgenommen Bodenrandbleche, und Dachbleche erbracht werden

Der Nachweis der Kerbschlagarbeit von Bodenrandblechen muss nicht erbracht werden, wenn für die anschließenden Mantelbleche kein Nachweis der Kerbschlagarbeit gefordert wird.

Der Nachweis der Kerbschlagarbeit muss bei Mantelblechen und den an die Mantelbleche anschließenden Blechen nicht erbracht werden, wenn die niedrigste Auslegungswandtemperatur und die Blechdicke innerhalb der in der Tabelle F.2 angegebenen Grenzen liegen.

ANMERKUNG Für Dachbleche ist üblicherweise kein Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich, jedoch kann er für Dächer von Tanks mit sehr hohem Druck, die aus Blechen mit einer Dicke > 6 mm hergestellt sind (siehe Bild 1), erforderlich sein.

Tabelle F.2 — Bedingungen für den Verzicht auf den Nachweis der Kerbschlagarbeit

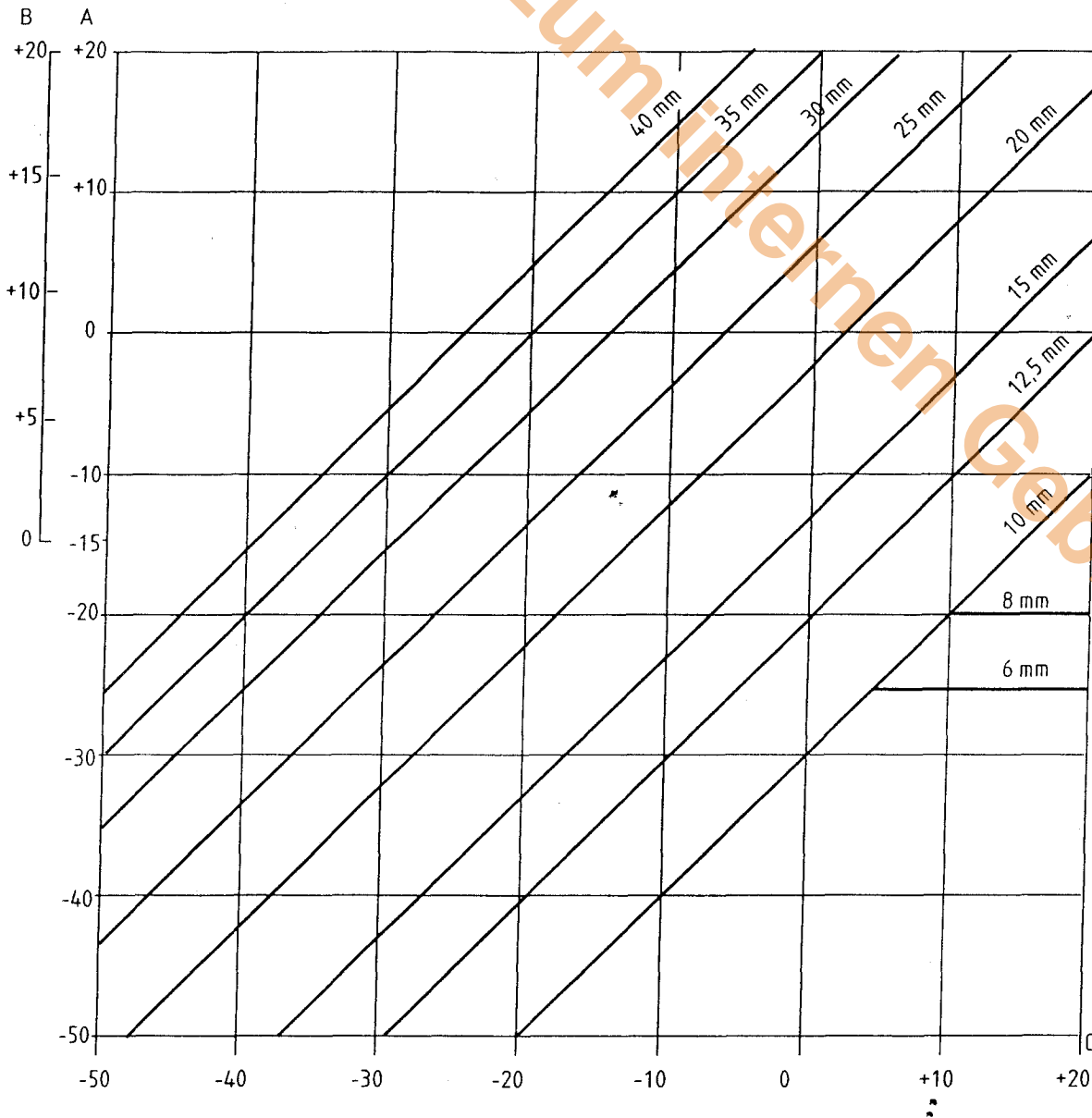
Niedrigste Auslegungswandtemperatur °C	Dicke mm
≥ + 10	≤ 20
≥ 0	≤ 13
≥ - 10	≤ 10
< - 10	≤ 6

F.5.2.2 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit einem Mindestwert der Streckgrenze kleiner oder gleich 275 N/mm² eine Kerbschlagarbeit von nicht weniger als 27 J bei 20 °C oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur aufweisen, je nachdem, welche der beiden Temperaturen niedriger ist.

F.5.2.3 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit Mindestwerten der Streckgrenze größer als 275 N/mm² bis kleiner oder gleich 355 N/mm² eine Kerbschlagarbeit von nicht weniger als 40 J bei -5 °C oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur aufweisen, je nachdem, welche der beiden Temperaturen niedriger ist.

ANMERKUNG Eine Umrechnung des festgelegten Wertes der Kerbschlagarbeit von 27 auf 40 J darf auf der Grundlage 1,3 J/°C vorgenommen werden. Eine solche Extrapolation ist beschränkt auf eine Spannweite von ± 10 °C.

F.5.2.4 Wenn der Nachweis der Kerbschlagarbeit erforderlich ist, müssen Stähle mit Mindestwerten der Streckgrenze größer als 355 N/mm² eine Kerbschlagarbeit von nicht weniger als 55 J bei -15 °C oder bei der in Bild F.1 angezeigten Prüftemperatur aufweisen, je nachdem, welche der beiden Temperaturen niedriger ist.



Legende

- A Niedrigste Auslegungswandtemperatur (°C)
- B Niedrigste Wasserdruckprüftemperatur (°C)
- C Prüftemperatur bei Kerbschlagbiegeversuch (°C)

ANMERKUNG 1 Zwischenwerte dürfen durch Interpolation abgeleitet werden.

ANMERKUNG 2 Die Temperaturskala A auf der Ordinate ist zur Ermittlung der niedrigsten Prüftemperatur im Kerbschlagbiegeversuch für die jeweils vorliegende Dicke und die niedrigste Auslegungswandtemperatur anzuwenden. Die von der Skala A abgeleiteten Forderungen berücksichtigen den Zuwachs an Sicherheit, der als Ergebnis der Wasserdruckprüfung vorausgesetzt werden darf. Während der ersten Wasserdruckprüfung kann der Grad der Sicherheit gegen Sprödbruch sogar kleiner sein als bei nachfolgender Beanspruchung, und es sollte überlegt werden, die konservativeren Forderungen 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

Anhang G (informativ)

Empfehlungen für Vorkehrungen zur Erdbebensicherheit von Lagertanks

G.1 Allgemeines

Dieser Anhang gibt Empfehlungen für die Auslegung von Lagertanks gegen Erdbeben und beruht auf den Anforderungen in Anhang E der API 650. Die in API 650 verwendeten Beiwerte für die Gefährdungszonen wurden in Beiwerte der Seitenkraft geändert, die als Verhältnis der Erdbeschleunigung ausgedrückt werden. Somit können die Berechnungen in API 650 auch auf Gebiete außerhalb der USA angewandt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass Besteller oder örtliche Behörden in stark erdbebengefährdeten Gebieten die Auslegung nach anderen Verfahren, z. B. ENV 1998-1-1, oder die Einhaltung zusätzlicher Anforderungen verlangen können. In diesen Fällen sollte auf der Grundlage der Erfahrungen vor Ort eine Vereinbarung zwischen Besteller, örtlicher Behörde und Hersteller getroffen werden, in der die vor Ort geltenden Anforderungen, die erforderliche Stabilität, Bodenbedingungen usw. berücksichtigt werden.

Bei der Festlegung der Sicherheitsanforderungen für den Standort sollte die Auslegung nach den Bedingungen eines Auslegungserdbebens (OBE) und eines Sicherheitserdbebens (SSE) in Betracht gezogen werden. Im Falle des Auslegungserdbebens sollten die zulässigen Spannungen und im Falle des Sicherheitserdbebens die Grenzlastertragfähigkeit nicht überschritten werden.

G.2 Lastannahmen

G.2.1 Kippmoment

Das durch seismische Kräfte hervorgerufene Kippmoment am unteren Rand des Tankmantels sollte wie folgt berechnet werden:

$$M = \frac{G_1(T_t X_s + T_r H_L + T_1 X_1) + G_2 T_2 X_2}{102} \quad (\text{G.1})$$

Dabei ist

- G_1 Beiwert für die Seitenkraft, ausgedrückt als Verhältnis der Erdbeschleunigung (siehe G.2.3.1);
- G_2 Beiwert für die Seitenkraft, ausgedrückt als Verhältnis der Erdbeschleunigung und berechnet nach G.2.3.2;
- H_L Gesamthöhe des Tankmantels, in m;
- M am unteren Rand des Tankmantels einwirkendes Kippmoment, in kN m;
- T_1 Gewicht der effektiven Masse des Tankinhalts, die sich mit dem Tankmantel bewegt und nach G.2.2.1 ermittelt wird, in kg;
- T_2 Gewicht der effektiven Masse des Tankinhalts, die sich beim Flüssigkeitsstoß der anregenden Schwingung bewegt und nach G.2.2.1 ermittelt wird, in kg;
- T_r Gesamtgewicht des Tankdachs (Fest- oder Schwimmdach) plus Anteil der Schneelast, falls vorhanden, nach Festlegung des Bestellers, in kg;
- T_t Gesamtgewicht des Tankmantels, in kg;

- X_1 Höhe vom unteren Rand des Tankmantels zum Flächenschwerpunkt der seismischen Seitenkraft T_1 , die nach G.2.2.2 ermittelt wird, in m;
- X_2 Höhe vom unteren Rand des Tankmantels zum Flächenschwerpunkt der seismischen Seitenkraft T_2 , die nach G.2.2.2 ermittelt wird, in m;
- X_S Höhe vom unteren Rand des Tankmantels zum Schwerpunkt des Tanks, in m.

G.2.2 Effektive Masse des Tankinhalts

G.2.2.1 Die effektiven Massen T_1 und T_2 (siehe G.2.1) können durch Multiplikation von T_T mit den Verhältniszahlen T_1/T_T bzw. T_2/T_T ermittelt werden, die nach Bild G.1 für das Verhältnis D/H_T zu entnehmen sind.

Dabei ist

- D Tankdurchmesser, in m;
- H_T maximale Füllhöhe des Tanks vom Tankboden zum Bordwinkel oder Überlauf, der die Füllhöhe begrenzt, in m;
- T_T Gesamtgewicht des Tankinhalts (auf Grundlage eines spezifischen Gewichts von mindestens 1,0), in kg.

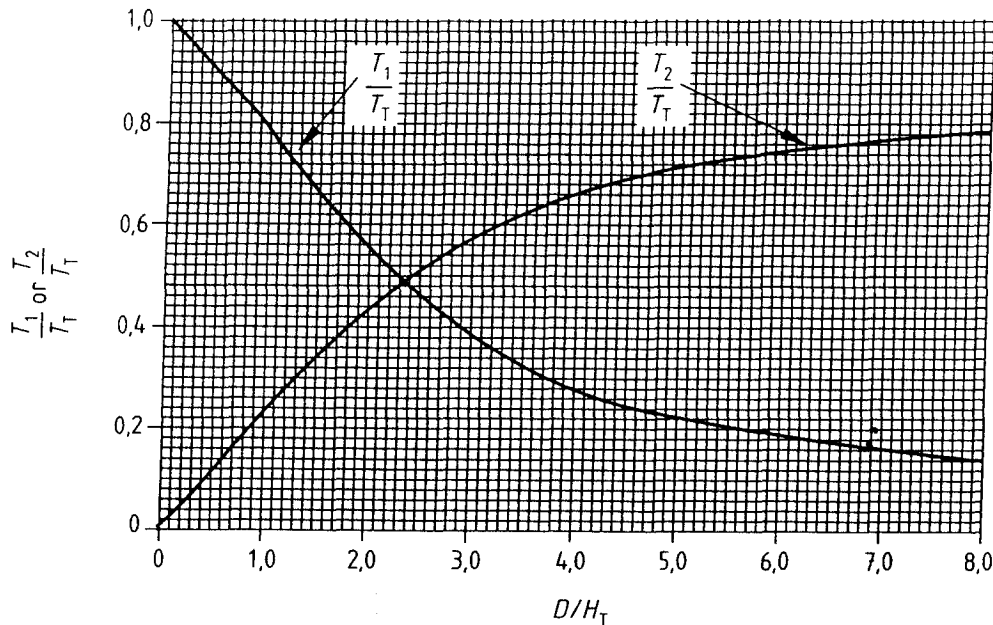


Bild G.1 — Effektive Massen

G.2.2.2 Die Höhen H_T und X_2 vom unteren Rand des Tankmantels zu den Flächenschwerpunkten der einwirkenden seismischen Seitenkräfte T_1 und T_2 können durch Multiplikation von H_T mit den Verhältniszahlen X_1/H_T bzw. X_2/H_T ermittelt werden, die Bild G.2 für das Verhältnis D/H_T zu entnehmen sind.

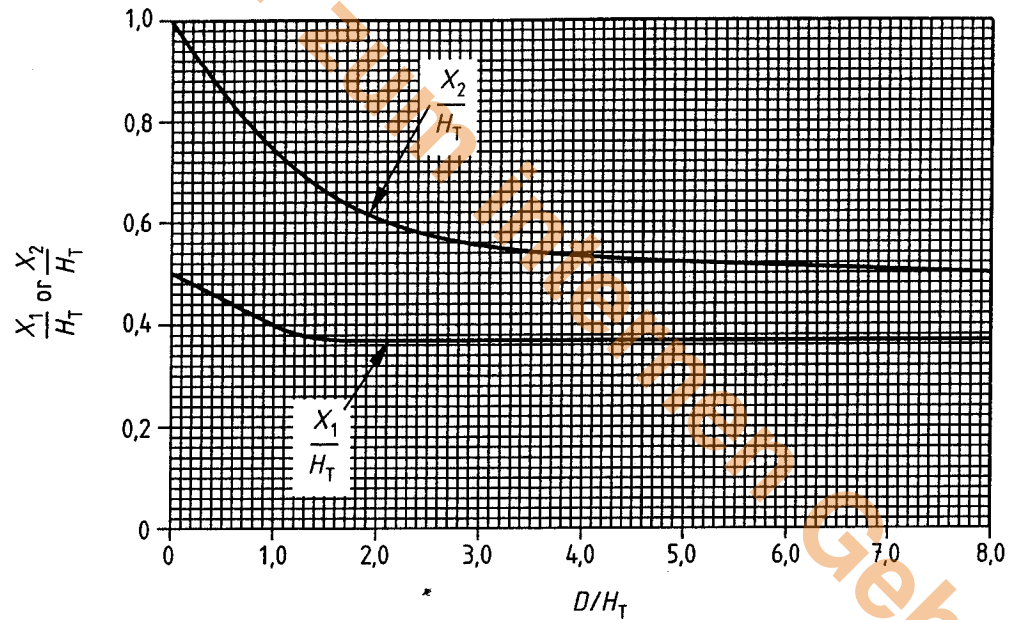


Bild G.2 — Flächenschwerpunkte der seismischen Kräfte

G.2.2.3 Die Kurven in den Bildern G.1 und G.2 beruhen auf einer Modifizierung der Gleichungen in ERDA Technical Information Document 7024 [4].

G.2.3 Seitenkraftbeiwerte

G.2.3.1 Der Beiwert G_1 ist vom Besteller auf Grundlage seismologischer Aufzeichnungen für den betreffenden Standort festzulegen und als Verhältnis der Erdbeschleunigung anzugeben.

G.2.3.2 Der Beiwert G_2 ist als Funktion von G_1 der Eigenperiode T_s der anregenden Schwingung des Flüssigkeitsstoßes und den Bodenbedingungen am Standort aus einer der nachstehenden Gleichungen zu berechnen (sofern er nicht durch das Verfahren in G.2.3.3 ermittelt wird):

a) Für $T_s \leq 4,5$

$$G_2 = \frac{1,25 G_1 j}{T_s} \quad (G.2)$$

b) Für $T_s > 4,5$

$$G_2 = \frac{5,625 G_1 j}{T_s^2} \quad (G.3)$$

Dabei ist

j Verstärkungsfaktor am Standort aus Tabelle G.1;

T_s Eigenperiode der anregenden Schwingung des Flüssigkeitsstoßes, in s;

T_s kann nach der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$T_s = 1,8 K_s D^{1/2}.$$

Dabei ist

K_s Faktor für das Verhältnis D/H_T aus Bild G.3.

Tabelle G.1 — Bodenprofilbeiwert

Am Standort geltender Verstärkungsfaktor	Bodenprofil		
	A ^a	B ^b	C ^c
j	1,0	1,2	1,5

ANMERKUNG An Standorten, deren Bodenprofil nicht genau genug bekannt ist, um den Verstärkungsfaktor, j , zu bestimmen, sollte das Bodenprofil C angenommen werden.

a Bodenprofil A entspricht einem der folgenden Profile:

a) Felsen jeder Art von schieferartiger oder kristalliner Struktur. Derartiger Boden ist charakterisiert durch eine Scherwellengeschwindigkeit von mehr als 760 m/s;

oder

b) stabile Bodenverhältnisse mit einer Bodentiefe von weniger als 60 m, bei der es sich bei den Bodenschichten über dem Felsen um feste Ablagerungen von Sand, Kies oder hartem Lehm und Ton handelt.

b Bodenprofil B ist durch tiefe, nicht bindige oder feste Lehm- und Tonschichten gekennzeichnet; dazu gehören auch Standorte mit einer Bodentiefe über 60 m, bei der es sich bei den Bodenschichten über dem Felsen um feste Ablagerungen von Sand, Kies oder hartem Lehm und Ton handelt.

c Bodenprofil C sind weiche bis mittelharte Lehm-, Ton- und Sandböden, die durch eine Schicht aus weichem bis mittelhartem Lehm oder Ton von mindestens 10 m gekennzeichnet sind, in die Schichten von Sand oder anderen nicht bindigen Böden eingelagert sein können.

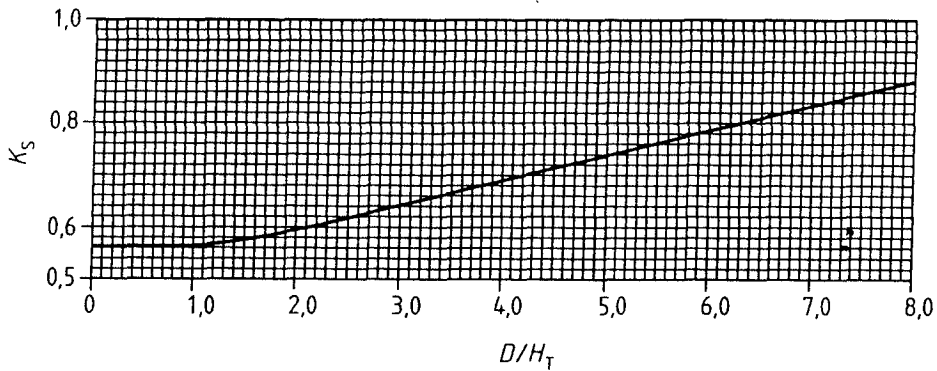


Bild G.3 — Faktor K_s

G.2.3.3 Alternativ zu dem Verfahren in G.2.3.1 und G.2.3.2 können bei entsprechender Vereinbarung zwischen Besteller und Hersteller G_1 und G_2 aus den Antwortspektren ermittelt werden, die für den jeweiligen Standort erstellt werden, wobei auch die dynamischen Eigenschaften des Tanks berücksichtigt werden können. Das Spektrum für G_1 sollte für einen Dämpfungsbeiwert von 2 % des kritischen Wertes erstellt werden. Das Spektrum für G_2 sollte dem für einen Dämpfungsbeiwert von 0,5 % des kritischen Wertes modifizierten Spektrum für G_1 entsprechen.

ANMERKUNG In keinem Fall sollten die Werte von G_1 und G_2 niedriger sein als die nach G.2.3.1 und G.2.3.2 ermittelten Werte.

G.3 Widerstand gegen Kippen

G.3.1 Tankinhalt

Widerstand gegen das Kippmoment ist am unteren Rand des Tankmantels durch die Eigenmasse und die Verankerung des Tankmantels oder bei unverankerten Tanks durch das Gewicht eines Teils des am Tankmantel anliegenden Tankinhalts gegeben. Bei unverankerten Tanks ist der Teil des Inhalts, der dem Kippen entgegenwirkt, abhängig von der Breite des Bodenblechs unter dem Mantel, das sich von der Gründung abhebt, und wird wie folgt berechnet:

$$W_L = 0,1 t_{ba} \sqrt{R_{eb} W_s H_T} \quad (\text{G.4})$$

wobei W_L nicht größer sein sollte als $0,2 W_s H_T D$.

Dabei ist

R_{eb} festgelegte Mindeststreckgrenze des Bodenblechs unter dem Tankmantel, in N/mm^2 ;

W_L maximal wirksame Kraft aus dem Tankinhalt, die dem Kippen entgegenwirkt, in kN je Meter Mantelumfang;

W_s maximale spezifische Dichte des Tankinhalts unter Lagerbedingungen, die nicht weniger als $1,0 \text{ kg/l}$ betragen darf;

t_{ba} Dicke des Bodenblechs unter dem Tankmantel, in mm.

G.3.2 Bodenblech

Die Dicke des Bodenblechs unter dem Mantel t_{ba} sollte die Dicke des unteren Mantelschusses nicht überschreiten. Ist das Bodenblech unter dem Mantel dicker als die übrigen Bodenbleche, darf die vom Mantel radial nach innen gemessene Breite des dickeren Bleches unter dem Mantel in Metern nicht kleiner sein als:

$$0,1744 \frac{W_L}{W_s H_T} \quad (\text{G.5})$$

ANMERKUNG Eine geringere Breite des Bodenrandblechs als durch den oben stehenden Ausdruck gefordert ist zulässig, vorausgesetzt, dass die sich daraus ergebende reduzierte Widerstandskraft W_L in der Berechnung der Druckbeanspruchung in G.4 berücksichtigt wird.

G.4 Druckbelastung des Mantels

G.4.1 Unverankerte Tanks

Die maximale Druckkraft in Längsrichtung am unteren Rand des Mantels W_b wird wie folgt berechnet:

a) Für $\frac{M}{D^2(W_L + W_t)} \leq 0,785$:

$$W_b = W_t + \frac{1,273M}{D^2} \quad (\text{G.6})$$

b) Für $\frac{M}{D^2(W_L + W_t)} > 0,785$ und $\leq 1,5$: (G.7)

W_b lässt sich aus dem Wert des Parameters $\frac{W_b + W_L}{W_t + W_L}$ aus Bild G.4 berechnen.

Dabei ist

W_b maximale Druckkraft am Mantel in Längsrichtung, in kN je Meter Mantelumfang;

W_t maximale Kraft durch den Tankmantel und den vom Mantel gestützten Teil des Dachs, in kN je Meter Mantelumfang.

c) Bei $\frac{M}{D^2(W_t + W_L)} > 1,5$ oder $W_b/t_{bs} > F_a$ (bei Berechnung nach dem in G.4.3 beschriebenen Verfahren),

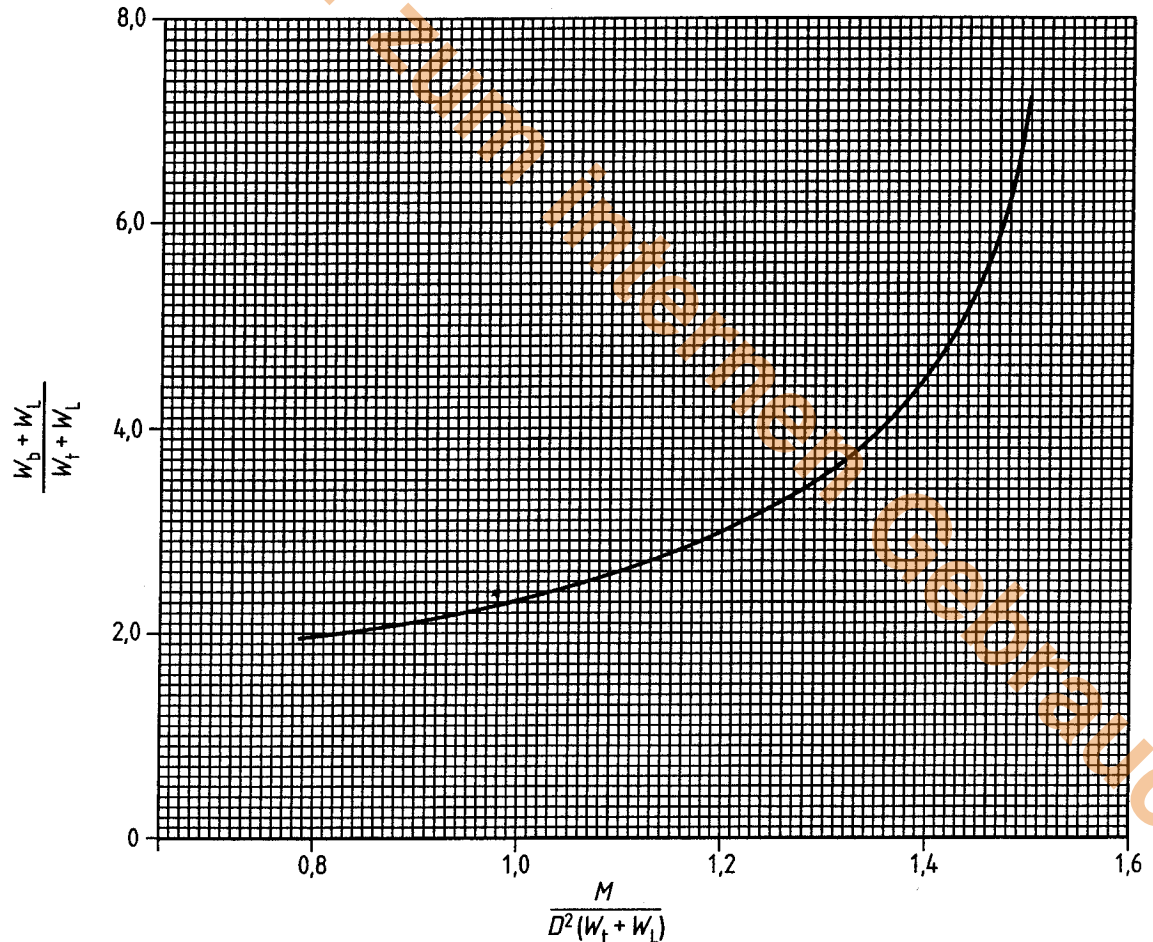
ist der Tank instabil und muss nach einem der folgenden Verfahren stabilisiert werden:

- i) Erhöhen der Dicke des Bodenblechs unter dem Mantel t_{ba} und damit von W_L , vorausgesetzt, die in G.3.1 und G.3.2 angegebenen Grenzen werden nicht überschritten.
- ii) Erhöhen der Mantelwanddicke t_{bs} .
- iii) Verändern der Tankproportionen durch Erhöhen des Durchmessers und Verringern der Höhe.
- iv) Verankerung des Tanks nach G.5.

G.4.2 Verankerte Tanks

Die maximale Druckkraft am unteren Rand des Mantels W_b , in kN je Meter Mantelumfang, wird wie folgt berechnet:

$$W_b = W_t + \frac{1,273M}{D^2} \quad (G.8)$$

Bild G.4 — Druckkraft W_b

G.4.3 Zulässige Druckbelastung des Mantels

Die maximale Druckspannung im Mantel W_b/t_{bs} , in N/mm^2 , sollte die zulässige Spannung, F_a , in N/mm^2 , nicht überschreiten, die wie folgt berechnet wird:

$$\text{a) Für } \frac{W_s H_T D^2}{t_{bs}^2} \geq 44 \quad F_a = 83 \frac{t_{bs}}{D} \quad (\text{G.9})$$

$$\text{b) Für } \frac{W_s H_T D^2}{t_{bs}^2} < 44 \quad F_a = 33 \frac{t_{bs}}{D} + 7,5 \sqrt{W_s H_T} \quad (\text{G.10})$$

Dabei ist

t_{bs} Dicke des unteren Mantelschusses ohne Korrosionszuschlag, in mm;

F_a zulässige Druckspannung in Längsrichtung im Mantel, in N/mm^2 . Die Gleichungen für F_a in a) und b) berücksichtigen die Wirkung des Innendrucks durch den Tankinhalt;

R_{es} festgelegte Mindeststreckgrenze des unteren Mantelschusses, in N/mm^2 .

Der Wert von F_a sollte keinesfalls $0,5 R_{es}$ überschreiten.

G.4.4 Obere Mantelschüsse

Wenn die gegen das Kippmoment durch seismische Belastung berechnete Dicke des unteren Mantelschusses größer ist als die für den Flüssigkeitsdruck erforderliche Dicke, jeweils ohne Korrosionszuschlag, sollte die berechnete Dicke der darüber liegenden Mantelschüsse im gleichen Verhältnis erhöht werden, sofern das Kippmoment durch seismische Belastung und die resultierenden Spannungen an den unteren Rändern der oberen Mantelschüsse nicht in einer besonderen Untersuchung ermittelt werden.

G.5 Tankverankerung

G.5.1 Erforderliche Mindestverankerung

Wenn eine Verankerung des Tanks als erforderlich angesehen wird, sollte sie so ausgelegt werden, dass der Mindestwiderstand der Verankerung (in kN je Meter Mantelumfang) folgenden Wert hat:

$$\frac{1,273M}{D_2} - W_t \quad (G.11)$$

Dieser Verankerungswiderstand ist zusätzlich zu dem Widerstand gegen inneren Auslegungsdruck bei Tanks mit niedrigem und hohem Druck zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Seismische Last und Windlast sollten nicht als gleichzeitige Einwirkungen betrachtet werden.

G.5.2 Auslegung der Verankerung

G.5.2.1 Bei unzureichender Auslegung kann es bei verankerten Tanks zu Rissbildung kommen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Festigkeit der Befestigungsteile der Verankerung am Tankmantel größer ist als die erforderliche Mindeststreckgrenze der Verankerung, damit die Verankerung früher versagt als die Befestigungsteile. Erfahrungen zeigen, dass verankerte Tanks bei entsprechender Auslegung größere Festigkeitsreserven gegenüber seismischer Überbelastung haben als unverankerte Tanks.

Zusätzlich zu den Anforderungen in 12.1 bis 12.6 sollten auch die Empfehlungen in G.5.2.2 bis G.5.2.4 eingehalten werden.

G.5.2.2 Bei Tanks mit Durchmessern unter 15 m sollte der größte Abstand der Verankerungen 2 m nicht überschreiten.

G.5.2.3 Die zulässige Zugspannung in der Verankerung durch die in 12.1 a) angegebene Belastung sollte zusammen mit der seismischen Last aus G.5.1 das 1,33fache der in 12.3 angegebenen Spannungen nicht überschreiten.

G.5.2.4 Die Befestigung der Verankerung am Tankmantel und die Einbettung der Verankerung in der Gründung sollten für eine Last ausgelegt werden, die gleich dem Produkt aus festgelegter Mindeststreckgrenze des Verankerungswerkstoffs und der tatsächlichen Mindestquerschnittsfläche der Verankerung ist. Die zulässige Spannung für die Befestigung der Verankerung am Tankmantel und die Einbettung der Verankerung in der Gründung sollten das 1,33fache des in 9.1.1 angegebenen Wertes nicht überschreiten.

G.6 Rohrleitungen

Bei Rohrleitungen am Tankmantel oder -boden sollte ausreichende Flexibilität in senkrechter Richtung gegeben sein. Bei unverankerten Tanks, bei denen es zum Abheben des Tankbodens kommen kann, müssen sich am Boden angeschlossene Rohrleitungen mit dem Boden abheben können oder so angeordnet werden, dass der Abstand, gemessen vom Tankmantel zum Rand einer angeschlossenen Verstärkung, gleich der Breite des Bodenblechs (berechnet nach G.3.2) zuzüglich 0,3 m ist.

G.7 Schwallhöhe

Der Käufer kann festlegen, ob ein Freibord vorzusehen ist, um das Überlaufen und Schäden am Dach und am oberen Teil des Mantels zu minimieren bzw. zu verhindern.

Anhang H (informativ)

Empfehlungen für andere Tankbodenausführungen (Doppelböden, streifenunterstützte Böden usw.)

H.1 Nicht vollflächig unterstützte Böden

H.1.1 Tankböden, die nicht auf ihrer gesamten Fläche durch eine durchgehende Gründung unterstützt sind, können durch Unterlagen aus Baustahlprofilen oder Stahlbeton unterstützt werden.

H.1.2 Der Bodenblechwerkstoff sollte den Anforderungen in Abschnitt 6 entsprechen.

H.1.3 Bei der Auslegung sollten als Belastungen das Gewicht des Lagerguts, das Gewicht der Bodenbleche, der Auslegungsüberdruck, das Gewicht der Prüfflüssigkeit und der Prüfdruck berücksichtigt werden.

H.1.4 Die Dicke des Bodenblechs sollte dem größeren der Werte von e_b und e_{bt} und der in Tabelle 13 festgelegten Dicke entsprechen.

$$e_b = 7,3 L \sqrt{\frac{98HW + p}{S}} + c \quad (\text{H.1})$$

$$e_{bt} = 7,3 L \sqrt{\frac{98HW_t + p_t}{S_t}} + c \quad (\text{H.2})$$

Dabei ist

- c Korrosionszuschlag, in mm;
- e_b erforderliche Bodenblechdicke unter Auslegungsbedingungen, in mm;
- e_{bt} erforderliche Bodenblechdicke unter Prüfbedingungen, in mm;
- H Füllhöhe des Lagerguts bzw. der Prüfflüssigkeit, in m;
- L Abstand zwischen den Mittellinien der Unterstützungen, in m;
- p Auslegungsüberdruck, in mbar;
- p_t Prüfüberdruck, in mbar;
- S zulässige Auslegungsspannung des Bodenblechwerkstoffs (siehe 9.1.1), in N/mm^2 ;
- S_t zulässige Spannung im Prüfzustand des Bodenblechwerkstoffs (siehe 9.1.1), in N/mm^2 ;
- W maximale Auslegungsdichte des Lagerguts, in kg/l ;
- W_t maximale Auslegungsdichte der Prüfflüssigkeit, in kg/l .

H.1.5 Die Verbindungen der Bodenbleche sollten als Stumpfnähte ausgeführt werden.

H.2 Doppelböden

H.2.1 Allgemeines

Zweck eines Doppelbodens ist es, 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.

Doppelböden sollten so ausgelegt werden, dass beide Böden während des Betriebs des Tanks auf Undichtheiten überprüft werden können.

ANMERKUNG 1 Falls in den Böden von Tanks zur Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten Undichtheiten festgestellt werden, könnte es schwierig sein, Gas und/oder Flüssigkeit aus dem Zwischenraum zu entfernen und den Zwischenraum zu reinigen, was wiederum Reparaturschweißungen am oberen Boden ohne Feuer- oder Explosionsgefahr erschwert.

ANMERKUNG 2 Doppelbodenkonstruktionen werden für Gebiete mit sehr kalten klimatischen Bedingungen nicht empfohlen.

ANMERKUNG 3 Bei beheizten Tanks kann es zu hohen Wärmespannungen im Boden kommen, sofern keine Vorkehrungen getroffen werden, den unteren Boden ebenfalls zu beheizen.

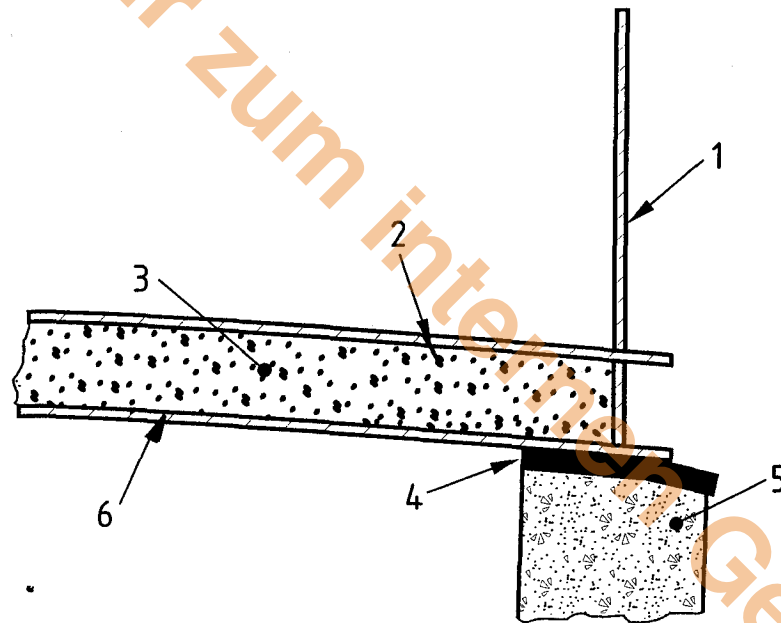
Die Bilder H.1 und H.2 zeigen zwei typische Ausführungen von Doppelböden für Lagertanks aus Stahl.

H.2.2 Auslegung

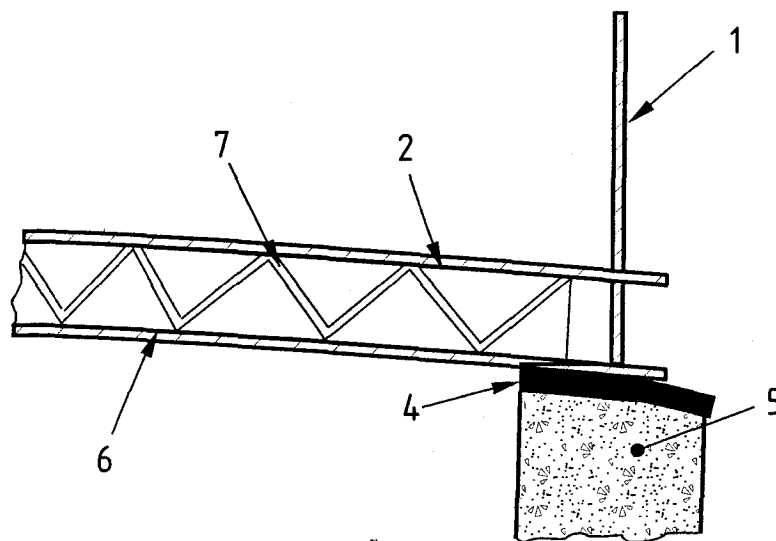
Bei der Auslegung sollte sichergestellt werden, dass die beiden Böden und der Mantel keinen unzulässigen Spannungen unterliegen.

Die gegenwärtig angewandten Verfahren zur Auslegung der Tankböden und der Verbindungen zwischen Boden und Mantel gelten nicht für Doppelböden.

Wenn eine derartige Ausführung vorgesehen ist, ist eine Bewertung der Spannungen in diesen Bereichen deshalb unerlässlich.



a) Doppelboden mit hohraumhaltiger Füllung



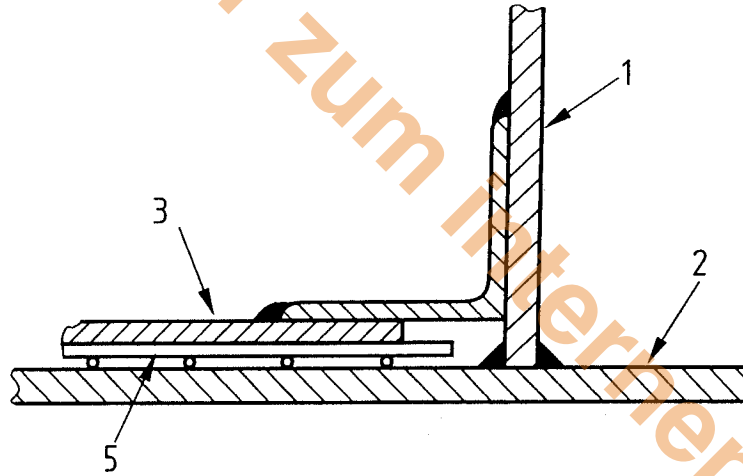
b) Durch Unterlagen aus Stahl getrennte Doppelböden

Legende

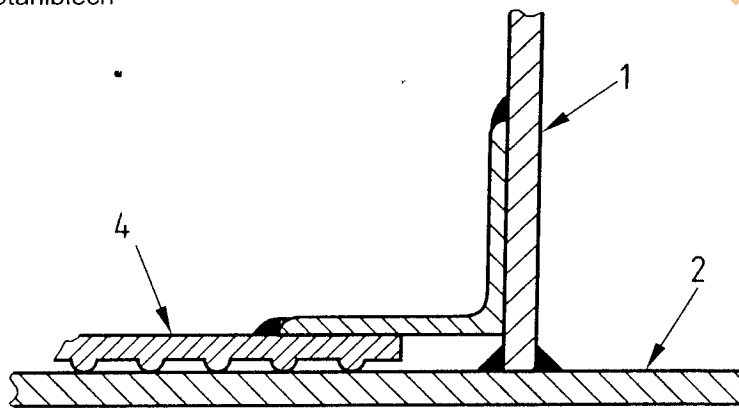
- 1 Tankmantel
- 2 Oberer Boden
- 3 Sand, Kies
- 4 Elastische Unterlage
- 5 Gründungsring
- 6 Unterer Boden
- 7 Stahlkonstruktion

Bild H.1 — Typische Ausführung von Tanks mit Doppelböden

Nur zum internen Gebrauch



a) Oberer Boden aus Stahlblech

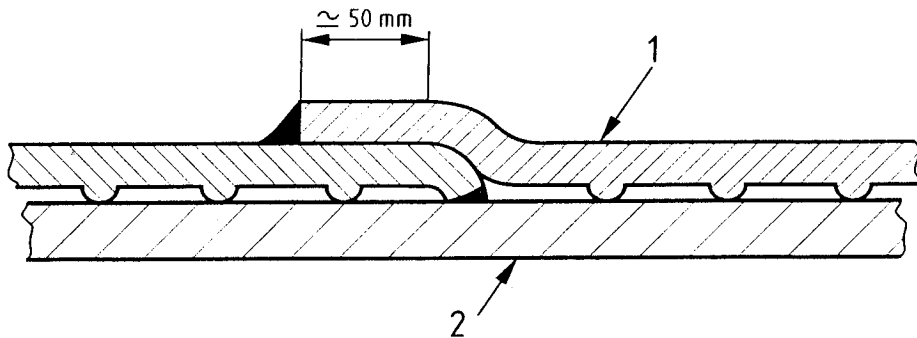


b) Oberer Boden aus Tränenblech

Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Bodenrandblech
- 3 Oberer Boden aus Stahlblech
- 4 Oberer Boden aus Tränenblech
- 5 Drahtgewebe

Bild H.2 — Typische Ausführungen von Doppelböden und deren Verbindungen mit dem Mantelblech



Legende

- 1 Tränenblech
- 2 Bodenrandblech/Bodenblech

**Bild H.3 — Überlappende Verbindung zwischen Tränenblechen
(bei Stahlblechen mit Zwischenlage aus Betonstahlgewebe ähnlich)**

H.2.3 Leckageüberwachung

Für die Leckageüberwachung gibt es eine Reihe von Verfahren. Die Auswahl richtet sich nach der im Tank gelagerten Flüssigkeit und der Auslegung des Doppelbodens.

Folgende Überwachungsverfahren sind üblich:

- a) Erzeugung eines Unterdrucks von ungefähr 0,5 bar im Zwischenraum zwischen den Böden;
- b) Einbau von Leckageerkennungskabeln oder Leckageerkennungssonden;
- c) Überdrucküberwachung, z. B. mit Stickstoff;

ANMERKUNG Falls der Boden nicht angehoben ist, sollte darauf geachtet werden, den Druck zu beschränken.

- d) Stickstoffspülung;
- e) Schallemission;
- f) elektronische Leckerfassung.

H.3 Tanks auf Trägerkonstruktionen

H.3.1 Kleine Tanks mit einem Durchmesser bis ca. 4 m innerhalb einer Anlage können auf einer Trägerkonstruktion, die üblicherweise auf Fundamentstreifen aus Beton gestellt wird, aufgestellt werden, um eine Feststellung von Lecks durch Sichtprüfung zu ermöglichen.

H.3.2 Tankböden, die nicht vollflächig durch eine durchgehende Gründung unterstützt sind, sollten den Anforderungen in H.1 entsprechen.

H.4 Dichtheitsprüfung

Bei Doppelbodentanks sollte vor jedem Anstrich oder jeder Beschichtung eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden.

Dazu sollte ein Unterdruck von ungefähr 0,5 bar vereinbart werden (siehe A.2), mit dem der Zwischenraum zwischen den beiden Böden beaufschlagt wird. Der Raum zwischen den Böden sollte für Trocknungszwecke entleert werden. Nachdem ein Unterdruck erzeugt wurde, sollte der Boden abgesperrt, der vereinbarte Unterdruck (siehe A.2) über einen vereinbarten Zeitraum aufrechterhalten werden und der Boden auf Leckage überprüft werden. Temperaturschwankungen sollten berücksichtigt werden.

Anhang I (informativ)

Empfehlungen für Tankgründungen

I.1 Allgemeines

Die nachstehenden Empfehlungen sollen dazu dienen, grundsätzliche Regeln für die Auslegung und den Bau von Gründungen unter Lagertanks aufzustellen, bei deren Einhaltung die Tragfähigkeit und Stabilität der Tanks gewährleistet sind. 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. Die Festlegung der zulässigen Bodenbelastung und des jeweiligen Gründungssystem für den Einzelfall ist erforderlich.

Die Auslegung von Gründungen für Lagertanks stellt aus folgenden Gründen einen besonderen Fall dar:

- a) Tankgründungen sind Nutzlasten ausgesetzt, die zum überwiegenden Teil der gesamten Schwerkraftbelastung entsprechen;
- b) der Inhalt eines Lagertanks besteht aus einer großen Menge potentiell schädlicher Stoffe.

I.2 Untersuchung des Bodens

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 geologischen Untersuchung Formation und physikalische Eigenschaften des Untergrundes ermittelt werden.

Darüber hinaus sollten der spezifische Widerstand und die spezifische Leitfähigkeit sowie die thermischen Eigenschaften ermittelt werden.

Weitere nützliche Informationen können einer Betrachtung des Untergrundes und den Aufzeichnungen über vergleichbare Bauten in der Nähe entnommen werden.

I.2.2 Grundwasserspiegel

Für den vorgesehenen Standort 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 sollte auch die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass sich die genannten Eigenschaften durch die Bauarbeiten verändern.

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 Anhang G 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 aus wirtschaftlichen Gründen möglich ist:

- a) Standorte, an denen der Tank teils auf Felsen oder anderem stabilen Untergrund und teils auf aufgeschüttetem Boden errichtet werden müsste, 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 Lastzustände

Bei der Auslegung der Gründung sollten die unterschiedlichen Lebensphasen des Bauwerks wie Errichtung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung in Betracht gezogen werden. Außergewöhnliche Ereignisse müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Die zu berücksichtigenden normalen Betriebslasten und außergewöhnlichen Lasten sind in Abschnitt 7 gegeben.

I.3.3 Zulässige Bodenbelastung

Die Tragfähigkeit des Bodens sollte anhand der geologischen Untersuchung ermittelt werden, wobei besonders die Genauigkeit der Vorhersagen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit und der Setzung zu berücksichtigen sind.

I.3.4 Setzung

Der Gründungskonstrukteur sollte die erwartete größtmögliche Gesamtsetzung sowie Setzungsunterschiede über die Lebensdauer des Bauwerks ermitteln, um diese mit zulässigen Setzungswerten vergleichen zu können.

Die zulässigen Setzungsunterschiede sind die auslegungsbedingt höchstzulässigen Grenzwerte für die Verformung des Tanks unter Berücksichtigung der Konstruktionstoleranzen. Sie können Kombinationen von:

- a) Schiefstellung des Tanks;
- b) Setzung des Tankbodens entlang einer radialen Linie vom Rand zum Mittelpunkt des Tanks;
- c) Setzung des Bodenrandes

umfassen.

Faktoren, die die Grenzwerte der zulässigen Setzung beeinflussen sind unter anderen:

- 1) Abmessungen und Schlankheitsverhältnis des Tanks und Steifigkeit der Gründung;
- 2) Steifigkeit des Tanks und seiner Bauteile;
- 3) Zuverlässigkeit der Untersuchung;
- 4) Möglichkeit der Beeinflussung durch benachbarte Tanks oder Bauwerke und Erdumwallungen.

Setzungsberechnungen haben selbst bei eingehender Untersuchung und hochentwickelten Berechnungsverfahren nur eine eingeschränkte Genauigkeit. Tankgründungen sollten deshalb unter Berücksichtigung von Sicherheitsmargen ausgelegt werden.

Wird eine erhebliche Setzung erwartet, sollte die tatsächliche Setzung über die gesamte Lebensdauer des Tanks einschließlich Errichtung, hydrostatischer Prüfung, Inbetriebnahme und Betrieb beobachtet werden. Die Häufigkeit der Messung sollte auf die vorausgesagte zeit- und lastabhängige Geschwindigkeit der Setzungsveränderung abgestimmt werden.

I.3.5 Bodenverbesserung und Pfahlgründung

Ist der Untergrund der Gründung schwach und kann der Belastung durch den gefüllten Tank nicht standhalten, können die nachstehenden Verfahren zur Verfestigung in Betracht gezogen werden.

- a) Aushub des ungeeigneten Erdreichs und Verfüllung mit geeignetem frostunempfindlichen Kiesmaterial;
- b) Verfestigung von weichem oder losem Erdreich mit Rüttelgerät oder durch dynamische Verdichtung;
- c) Vorbelastung mit temporärer Überlast;
- d) verbesserte Entwässerung des Untergrundes mit oder ohne Vorbelastung;
- e) Stabilisierung durch Einspritzen von Chemikalien oder Zement;
- f) Pfahlgründung.

I.3.6 Entwässerung

Der Bereich um den Lagertank sollte vom Tank weg ausreichend entwässert werden, damit sich kein Wasser, auch kein ablaufendes Löschwasser, sofern zutreffend, um die Gründung ansammeln kann.

Durch geeignete Kontrollsysteme sollte verhindert werden, dass überlaufendes Lagergut das Entwässerungssystem verunreinigen kann.

I.3.7 Widerstand gegen Abheben

Durch Verankerungen ist das Abheben 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.3.8 Dampfsperre

Falls eine Sperrmembran vorhanden ist, sollte diese unter und um die Tankunterstützung angeordnet werden. Bei der Auswahl der Membran sollten die Temperaturen und Spannungen berücksichtigt werden, die im Betrieb und unter außergewöhnlichen Bedingungen auftreten. Es sollten nur Materialien verwendet werden, die auch unter diesen Bedingungen undurchlässig bleiben. Wird als Sperrmembran eine Beschichtung auf die Betonplatte aufgetragen, muss ihr Wärmeausdehnungs-/kontraktionsbeiwert über den relevanten Temperaturbereich mit dem des Betons kompatibel sein.

I.4 Ausführungen von Gründungen

I.4.1 Allgemeines

Eine der vier folgenden Ausführungen von Gründungen sollte für Lagertanks verwendet werden:

- Plattenfundament (siehe Bild I.1);
- Betonringfundament (siehe Bild I.2);
- Betongitterfundament (siehe Bild I.3);
- pfahlgestütztes Gitterfundament.

I.4.2 Plattenfundament

Die Gründung sollte den Tank gegenüber dem umliegenden Bereich erhöhen und ein tragfähiges Fundament für den Tank darstellen.

Die Oberschicht des Fundamentes sollte aus einer mindestens 50 mm dicken geglätteten Schicht Bitumensand bestehen.

Die Oberseite des Fundamentes sollte eine durchlässige Drainageschicht aus geeignetem Filtermaterial enthalten.

Unter diese Drainageschicht sollte ein geotextiles Sperrmaterial angeordnet werden, um eine Kontaminierung der Drainageschicht durch das darunter liegende Füllmaterial zu verhindern.

Durch das Füllmaterial sollten ggf. vorhandene Einlagerungen von weichem oder losem Erdreich ersetzt werden. Es sollte schichtweise aufgetragen und verdichtet werden. Nach der Verdichtung vorhandene Hohlräume sind mit Kies zu verfüllen, bevor weiteres Füllmaterial aufgebracht wird.

Falls erforderlich, sollte ein Ring aus grobem Kies angelegt werden, über den die Kantenlasten in das umgebende Gründungsmaterial eingeleitet werden.

Am Rand der Drainageschicht sollten in Abständen von höchstens 5 m Drainagerohre mit einem Durchmesser von 75 mm angeordnet werden.

Die bearbeiteten Oberflächen sollten für eine natürliche Drainage des Tankbereichs mit einer geeigneten Neigung versehen sein.

I.4.3 Ringfundament

Wenn der Untergrund eine ausreichend hohe Tragfähigkeit für die Lasten durch den Tank und seinen Inhalt aufweist, kann eine Erdanschüttung als Fundament in Betracht gezogen werden. Dabei kann ein Betonringträger erforderlich sein, der das Abheben des Tanks verhindert und eine Gründung für die hohen Lasten durch den Tankmantel bietet. Der Betonring sollte so ausgelegt sein, dass er den Horizontaldrücken durch das innenliegende Erdreich einschließlich der durch den Tank und seinen Inhalt verursachten Seitenkräfte standhält. Zum Ausgleich großer Setzungsunterschiede ist eine Unterstützung am Übergang zwischen dem Ringträger und dem verdichteten Erdreich ratsam.

I.4.4 Gitterfundament

Ist der Untergrund tragfähig genug, um alle auftretenden Lasten aufzunehmen, kann sich ein Gitter aus bodengestützten Stahlbetonträgern als Fundament eignen. Dabei werden gewöhnlich die unter dem Tankmantel liegenden Träger stärker als für die einwirkenden Eigenlasten (Beton, Stahl usw.) und Nutzlasten (ausgenommen außergewöhnliche Lasten) erforderlich ausgeführt.

Bei der Auslegung des Balkengitters ist den Einwirkungen durch örtliche Setzungsunterschiede, Trocknungsschrumpfen, Kriechen und thermische Beanspruchungen im Betrieb oder bei außergewöhnlichen Betriebszuständen Rechnung zu tragen, und zwar durch eine der folgenden Maßnahmen:

- Zusätzliche Verstärkung;
- Vorspannung;
- Konstruktion des Gitters in Feldern; dabei sind jedoch an den Verbindungen geeignete Sperrschichten gegen Flüssigkeiten, Gase oder Wasserdampf vorzusehen;
- Verwendung spezieller Erhärtungsverfahren und/oder Betonzusätze.

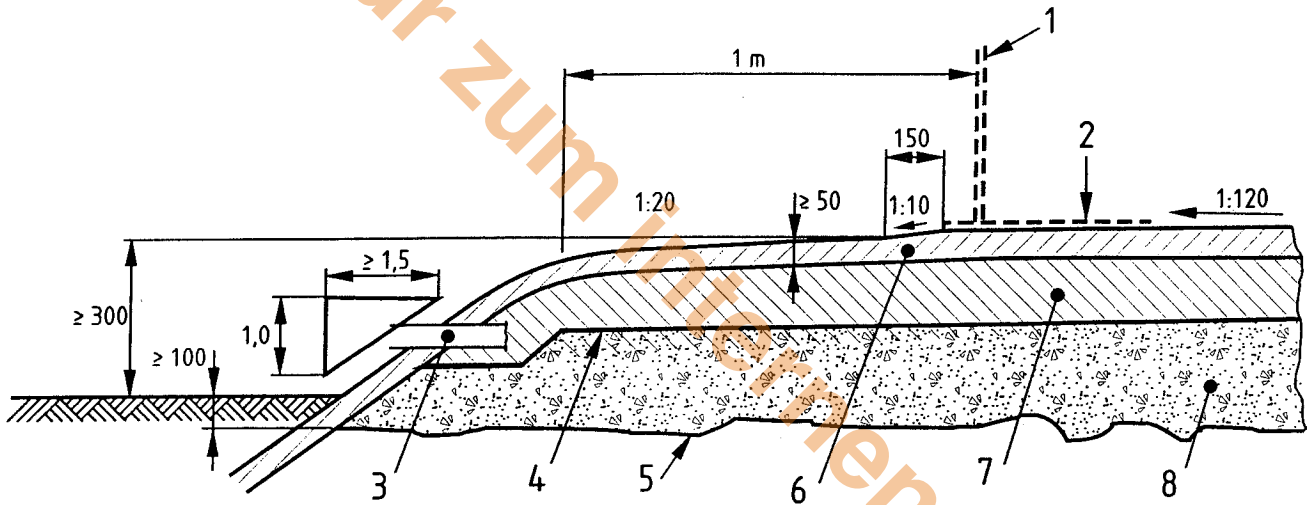
I.4.5 Pfahlgestütztes Gitterfundament

I.4.5.1 Eignet sich der Untergrund nicht für ein bodengestütztes Gitterfundament, kann das Gitter mit Pfählen gestützt werden.

Bei der Auslegung des Gitters ist möglichen Unterschieden in der Steifigkeit der Pfähle Rechnung zu tragen. Der Zustand der Pfähle sollte nach dem Einbau geprüft werden. Ist es nicht möglich, die Stabilität jedes einzelnen Pfahls vor Ort zu prüfen, sollte für das System aus Gitter und Pfählen eine Auslegung in Betracht gezogen werden, die bei Ausfall eines einzelnen Pfahls eine Lastaufnahme durch benachbarte Pfähle ermöglicht.

I.4.5.2 Trocknungsschrumpfen, Kriechen und Temperaturschwankungen verursachen horizontale Verformungen des Gitters, die am Rand am größten sind und zur Mitte hin abnehmen. Auch Temperaturunterschiede in der Höhe und Abweichungen der gesamten Gründung können Momente in Gittern und Pfählen hervorrufen. Bei diesen Einwirkungen sollte berücksichtigt werden, dass Risse die Steifigkeit des Gitters verringern. Die Verbindung zwischen Pfählen und Gittern erfordert besondere Aufmerksamkeit. Wenn es der Untergrund zulässt, sollten kurze, schlanke Pfähle in geringem Abstand voneinander verwendet werden, die starr mit dem Gitter verbunden werden. Werden vor Ort gebaute Pfähle mit großem Durchmesser verwendet, können für die Pfähle in der Tankbodenmitte starre, für die äußeren Pfähle Gleitverbindungen vorgesehen werden.

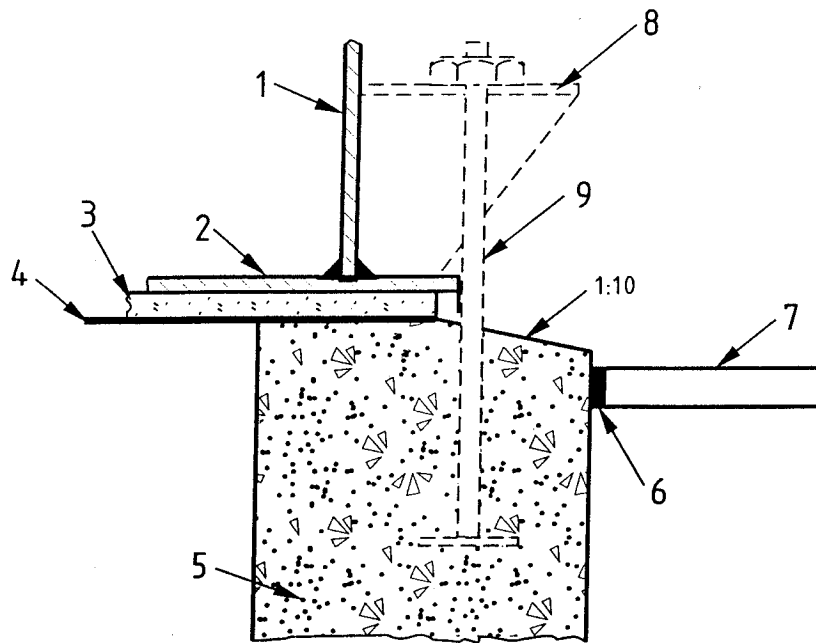
I.4.5.3 Bei Verwendung von Verdrängungspfählen ist es wichtig, dass das mögliche Auftreten von Verwerfungen von Boden oder Pfählen beachtet wird.



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden
- 3 Drainagerohr
- 4 Sperrmembran
- 5 Geotextiles Sperrmaterial
- 6 Bitumensand
- 7 Verdichteter Sand
- 8 Verdichteter Kies

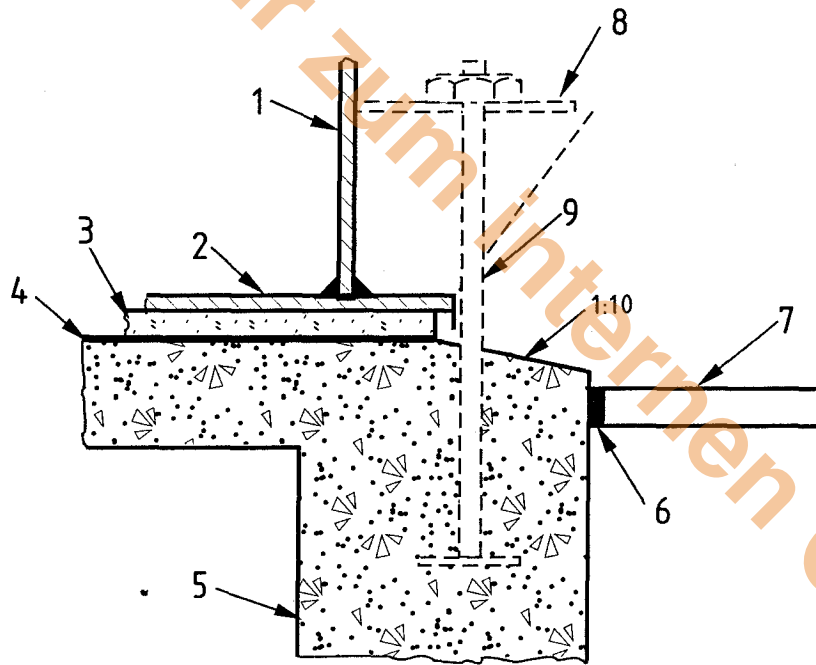
Bild I.1 — Typische Ausführung eines Plattenfundamentes



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden (falls erforderlich)
- 3 50 mm Bitumensand (falls erforderlich)
- 4 Elastische Unterlage
- 5 Fundamentring
- 6 Zusätzliche Dichtung
- 7 Walloberfläche
- 8 Stütze
- 9 Ankerschraube

Bild I.2 — Typische Ausführung eines Betonringfundamentes



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden (falls erforderlich)
- 3 50 mm Bitumensand (falls erforderlich)
- 4 Elastische Unterlage
- 5 Fundamentgitter
- 6 Zusätzliche Dichtung
- 7 Walloberfläche
- 8 Stütze
- 9 Ankerschraube

Bild I.3 — Typische Ausführung eines Betongitterfundamentes

Anhang J (informativ)

Berechnungsbeispiele für Versteifungsringe (Windverband)

J.1 Allgemeines

Versteifungsringe (Windverband) können aus Stahlwinkeln nach EN 10056-1, U-Profilstahl nach EN 10279 oder aus gebogenen Blechen aus dem gleichen Werkstoff wie der Tankmantel, an dem sie befestigt werden, gefertigt werden.

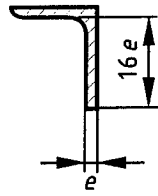
J.2 Widerstandsmomente

Bei der Berechnung des Widerstandsmomentes eines Windverbands kann der Bereich des Mantels bis zu einer Höhe von maximal $16e$ oberhalb und unterhalb des Befestigungspunktes mit berücksichtigt werden (siehe Bild J.1).

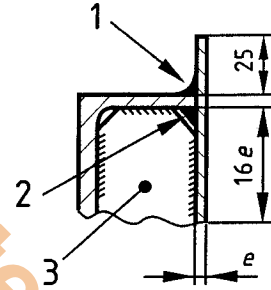
J.3 Beispiele für die Auslegung von zusätzlichen Versteifungsringen (Windverband)

Aus den beiden nachstehenden Beispielen wird deutlich, wie die Forderungen in 9.3.3 bei der Auslegung berücksichtigt werden.

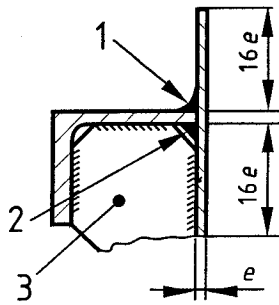
Nur zum internen Gebrauch



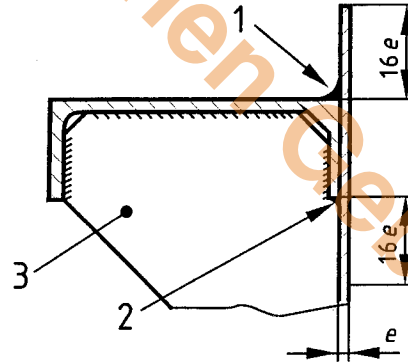
a) Dacheckring



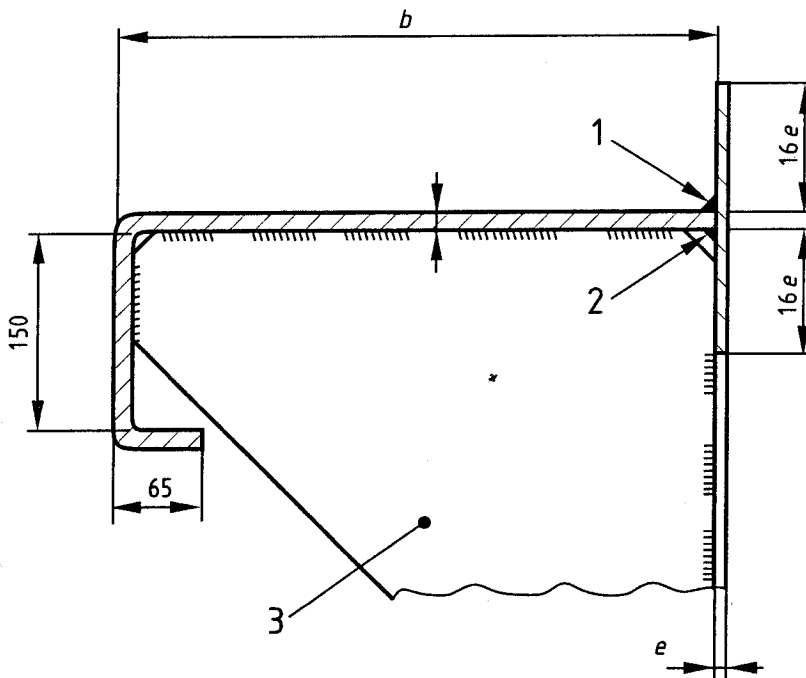
b) Dacheckring



c) Einfacher Winkel



d) Profil



e) Gebogenes Blech

Legende

- 1 Durchgehende Kehlnaht
- 2 Unterbrochene Naht
- 3 Halterung

Bild J.1 — Versteifungsringe (Windverband) im Querschnitt

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, 12,0, 14,2, 19,7, 24,7, 29,8, 34,9 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 Abmessungen müssen in welcher Höhe angebracht werden?

Mantelschuss	h	e	H_e
	m	mm	m
8	1,5	12,0	1,5000
7	2,5	12,0	2,5000
6	2,5	14,2	1,6412
5	2,5	19,7	0,7240
4	2,5	24,7	0,4113
3	2,5	29,8	0,2572
2	2,5	34,9	0,1733
1	2,5	39,9	0,1240
			$H_E = 7,3310$ m

$$V_w = 60 \text{ m/s}, p_v = 5 \text{ mbar}, \text{ d. h. } = 6,040644 \quad (\text{J.1})$$

Daraus folgt:

$$H_p = 6,040644 \sqrt{\frac{12^5}{95^3}} = 3,254 \text{ m} \quad (\text{J.2})$$

Da $2H_p < H_E < 3H_p$, sind zwei zusätzliche Versteifungsringe erforderlich.

Die optimale Höhe ihrer Befestigung ist $H_E/3$ bzw. $2H_E/3$, d. h. 2,444 m und 4,888 m unterhalb des Primärversteifungsringes an einem Mantel mit der äquivalenten Höhe H_E .

Der obere zusätzliche Versteifungsring liegt demnach auf einem Mantelschuss mit Minstdicke; es ist also keine Veränderung der Höhe erforderlich.

Bei dem unteren zusätzlichen Versteifungsring ist das nicht der Fall, sodass eine Einstellung in der Höhe erforderlich ist. Der Abstand dieses Versteifungsringes vom Primärversteifungsring beträgt:

$$\{4,888 - (1,5 + 2,5)\} \sqrt{\left(\frac{14,2}{12,0}\right)^5} + 4,0 = 5,353 \text{ m} \quad (\text{J.3})$$

Die zusätzlichen Versteifungsringe liegen somit 2,444 m und 5,353 m unter dem Primärversteifungsring und bestehen aus Winkeln mit folgenden Abmessungen: 200 mm × 100 mm × 12 mm.

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, 8, 10,6, 14,3, 17,9, 21,6, 25,3, 29 und 32,6 mm soll für eine Windgeschwindigkeit von 55 m/s ausgelegt werden. Wie viele zusätzliche Versteifungsringe mit welchen Abmessungen müssen in welcher Höhe angebracht werden?

Mantelschuss	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
$H_E =$			7,681 m

$$V_w = 55 \text{ m/s}, p_v = 5 \text{ mbar}, \text{ d. h. } K = 6945 \tag{J.4}$$

Daraus folgt

$$H_p = 6,945 \sqrt{\frac{8^5}{48^3}} = 3,780 \text{ m} \tag{J.5}$$

Da $2H_p < H_E < 3H_p$, sind zwei zusätzliche Versteifungsringe erforderlich.

Die optimale Höhe ihrer Befestigung ist $H_E/3$ bzw. $2H_E/3$, d. h. 2,561 m und 5,122 m unterhalb der Tankoberkante.

Der obere zusätzliche Versteifungsring liegt demnach auf einem Mantelschuss mit Mindestdicke; es ist also keine Veränderung der Höhe erforderlich.

Bei dem unteren zusätzlichen Versteifungsring ist das nicht der Fall, sodass eine Einstellung in der Höhe erforderlich ist. Der Abstand dieses Versteifungsring vom Primärversteifungsring beträgt:

$$(5,122 - 5,0) \sqrt{\left(\frac{10,6}{8,0}\right)^5} + 5,0 = 5,250 \text{ m} \tag{J.6}$$

Die zusätzlichen Versteifungsringe liegen somit 2,561 m und 5,250 m unterhalb der Tankoberkante und bestehen aus Winkeln mit folgenden Abmessungen: 150 mm × 90 mm × 10 mm.

Da die Ecken des oberen zusätzlichen Versteifungsring innerhalb eines Abstands von 150 mm von einer Horizontalnaht liegen, muss dieser Versteifungsring verschoben werden. Gleichgültig, ob er um 211 mm nach oben auf 2,35 m oder um 89 mm nach unten auf 2,65 m von der Tankoberkante verschoben wird, die drei Tankabschnitte sind unter Auslegungsbedingungen weiterhin stabil, da sich die Höhen der Versteifungsringe aus einer Verschiebung des oberen Versteifungsring ergeben und der Abstand zwischen den Versteifungsringen nach wie vor weniger als H_p (= 3,78 m) beträgt.

Anhang K (normativ)

Auslegung von Tanks mit Dächern mit Reißnaht

K.1 Allgemeines

Unverankerte Festdach-Lagertanks mit

- selbsttragendem Kegel- oder Kugeldach ohne Gespärre oder
- säulengestütztem Kegeldach

müssen mit Tabelle K.1 und K.2 bis K.4 übereinstimmen.

Tabelle K.1 — Merkmale von Kegel- oder Kugeldächern

Symbol	Beschreibung	Wert
D_F	Innendurchmesser des Tanks mit Dach mit Reißnaht	$\geq 5\ 000\ \text{mm}$
D_r	Durchmesser für Berechnungszwecke	
e_a	Bodenrandblechdicke (ohne Korrosionszuschlag)	$\geq 5\ \text{mm}$
e_{cyl}	Wanddicke des oberen Schusses (mit Korrosionszuschlag)	$\geq 5\ \text{mm}$
e_{cylb}	Wanddicke des unteren Schusses (ohne Korrosionszuschlag)	$\geq 5\ \text{mm}$
e_{ring}	Dicke des Verstärkungsringes (mit Korrosionszuschlag)	$\geq 5\ \text{mm}$
e_{roof}	Dachblechdicke (mit Korrosionszuschlag)	$\geq 5\ \text{mm}$
R_1	Radius des Kugeldachs (siehe Bild K.2)	
$\tan \theta$	Neigung des Kegeldachs (siehe Bild K.1) Oder Neigung der Tangente am Meridian an der Mantel-Dach-Verbindung bei einem Kugeldach (siehe Bild K.2) mit $0,8 D_r \leq R \leq 1,5 D_F$	1/16 bis 1/5

ANMERKUNG Für die in den Bildern K.3 a) und b) und K.4 a) bis d) gezeigten Anordnungen gilt $D_r = D_F$.

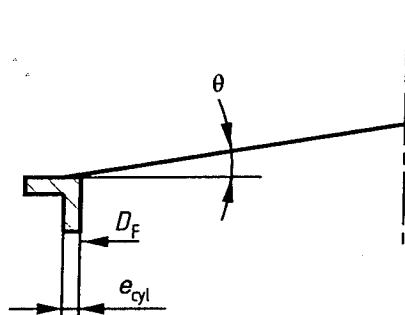


Bild K.1 — Kegeldach

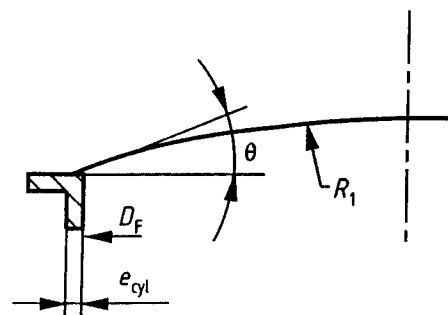


Bild K.2 — Kugeldach

K.2 Konstruktion

Dachbleche dürfen nicht am Dachgespärre befestigt werden.

Ein mit dem Dacheckring verschweißter Bordwinkel zur Unterstützung der Dämmung oder anderer Anbauteile ist zulässig, wenn der Querschnitt dieses Winkels höchstens 15 % des Querschnitts des Dacheckrings beträgt.

Die Anforderungen in K.4 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 Anforderungen nicht erfüllt sind, 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- und Bodenbleche müssen mindestens denen des oberen Schusses und der Dachbleche entsprechen.

K.4 Auslegungsregeln

Die unversteiften Längen l_{cyl} und l_{cylb} , in Meter, des oberen und des unteren Schusses müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

$$l_{\text{cyl}} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D e_{\text{cyl}}}{2000}} \quad \text{für den oberen Schuss } D_{\text{F}} \quad (\text{K.1})$$

$$l_{\text{cylb}} \geq 2,5 \sqrt{\frac{D e_{\text{cylb}}}{2000}} \quad \text{für den unteren Schuss } D_{\text{F}} \quad (\text{K.2})$$

Damit die Mantel-Dach-Verbindung eines unverankerten Tanks als Reißverbindung betrachtet werden kann, müssen folgende Berechnungen durchgeführt werden:

a) Der Auslegungsversagensdruck des Dachs p_r , in mbar, muss wie folgt berechnet werden:

1) für Ausführungen nach Bild K.3

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{\text{ring}}; e_{\text{roof}})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{\text{cyl}}}{D_{\text{F}}} \right\}^{\alpha_4} \quad (\text{K.3})$$

2) für Ausführungen nach Bild K.4

$$p_r = \alpha_1 \left\{ \frac{\min(e_{\text{cyl}}; e_{\text{roof}})}{D_r} \right\}^{\alpha_2} [\tan \theta]^{\alpha_3} \left\{ \frac{e_{\text{cyl}}}{D_{\text{F}}} \right\}^{\alpha_4} \quad (\text{K.4})$$

Dabei ist

$$\alpha_1 = 2,175 \times 10^7$$

$$\alpha_2 = 1,253$$

$$\alpha_3 = 0,18$$

$$\alpha_4 = 0,14$$

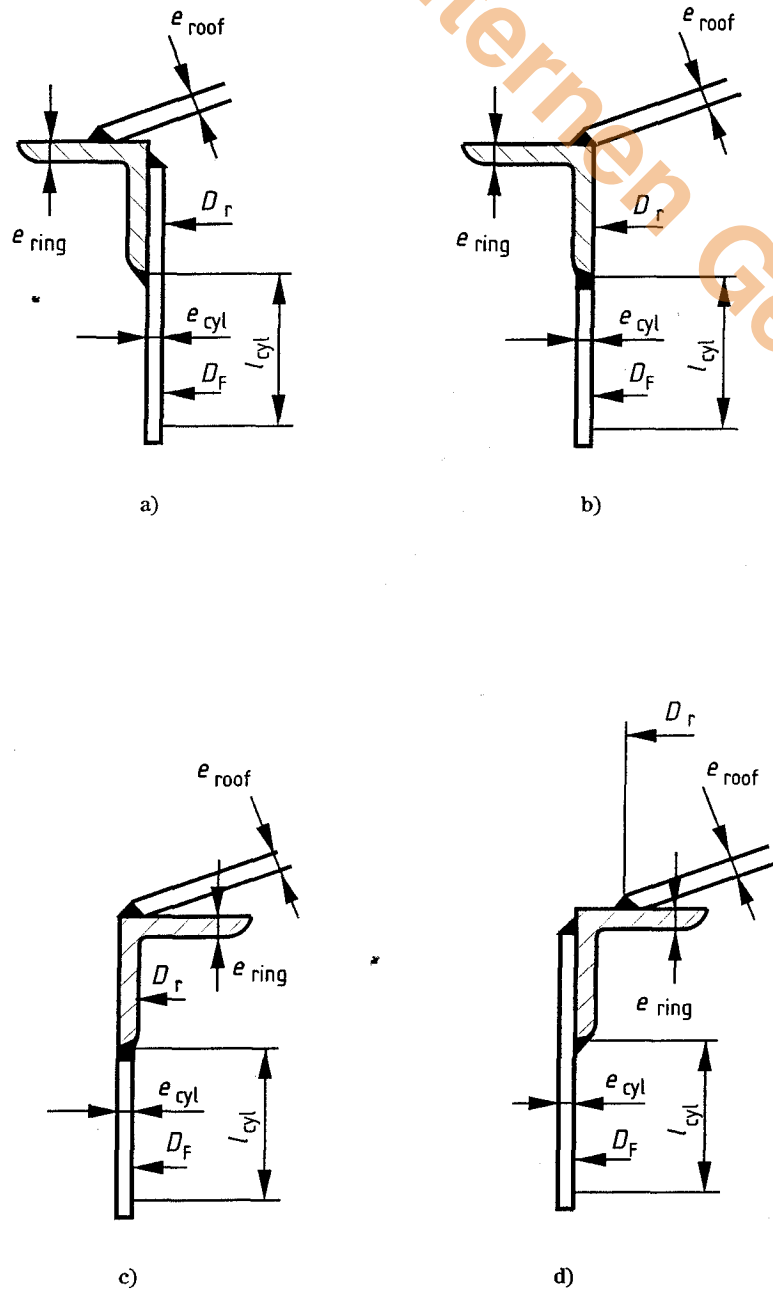


Bild K.3 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss:
Dach am Dacheckring angeschweißt

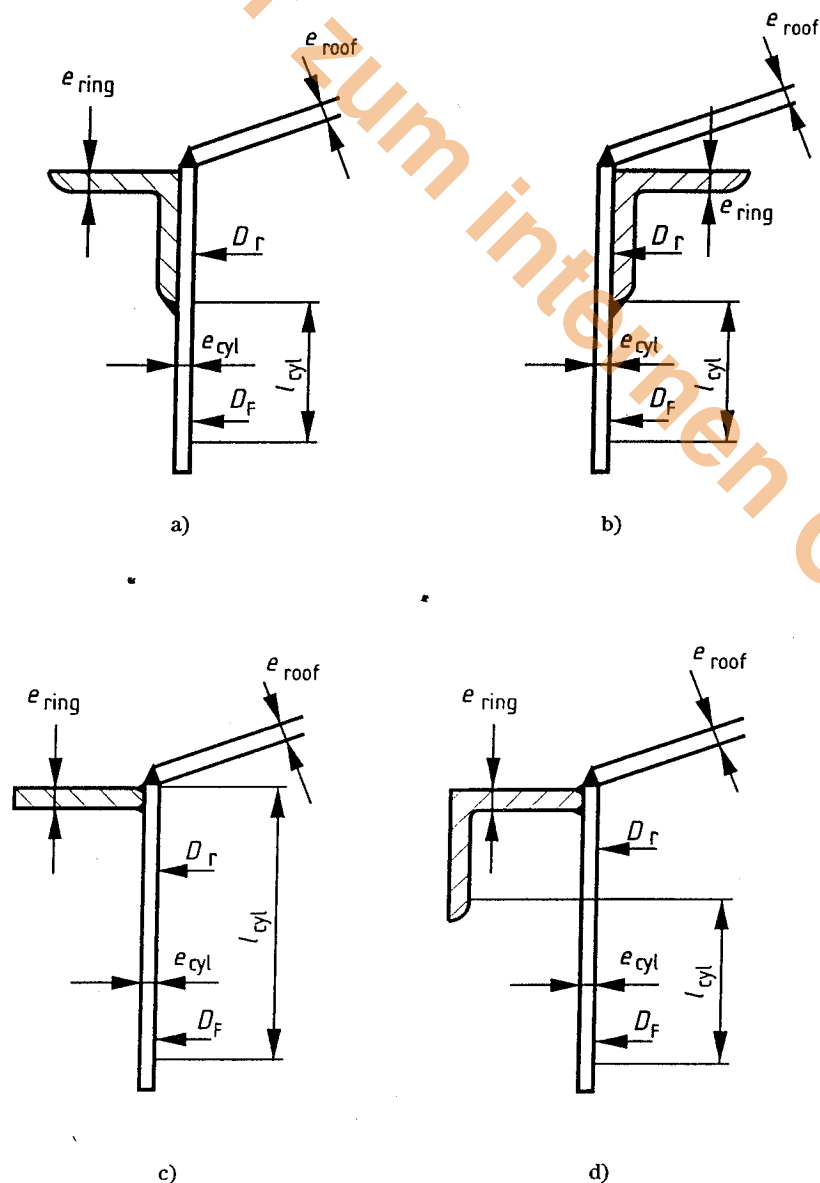


Bild K.4 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss:
Dach am oberen Mantelschuss angeschweißt

b) Der Auslegungsversagensdruck des Bodens p_b , in mbar, wird wie folgt berechnet werden:

$$p_b = (\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2) \varepsilon \quad (K.5)$$

Dabei ist

$$\varepsilon = \min \{ [(242,64X + 0,45) + 0,65Y^{10}]; 1 \} \quad (K.6)$$

$$X = \frac{\min(e_{cylb}; e_a)}{D_F} \quad (K.7)$$

$$\gamma = \frac{\min(e_{\text{cylb}}; e_a)}{\max(e_{\text{cylb}}; e_a)} \quad (\text{K.8})$$

$$\beta_0 = 37,40 \quad (\text{K.9})$$

$$\beta_1 = 7,56 \times 10^5 \quad (\text{K.10})$$

$$\beta_2 = 1,48 \times 10^8 \quad (\text{K.11})$$

c) Bei diesen Auslegungsdrücken muss die folgende Gleichung erfüllt sein:

$$p_b \geq 2 \gamma p_r \quad (\text{K.12})$$

Dabei ist

γ vereinbarter Sicherheitsbeiwert (siehe A.2). ($1 < \gamma \leq 1.5$).

ANMERKUNG Dicke und/oder 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.

Anhang L (normativ)

Anforderungen für Ent- und Belüftungssysteme

L.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Anforderungen für die normale Über- und Unterdruck- sowie Not-Ent- und -Belüftung von Festdachtanks mit und ohne innere Schwimmdecke, die in Übereinstimmung mit diesem Dokument gefertigt sind.

Es sind Regelungen festgelegt, die es ermöglichen, Anforderungen für die Ent- und Belüftung zu beurteilen, die sich aus den folgenden Ursachen ergeben.

- a) Anforderungen für die normale Überdruck-Entlüftung, die sich aus der vorgegebenen maximalen Pumpenrate bei Befüllung des Tanks mit Produkt ergeben;
- b) Anforderungen für die normale Überdruck-Entlüftung, die aus der zu erwartenden maximalen Temperaturerhöhung der Tankoberfläche entstehen;
- c) Anforderungen für die normale Unterdruck-Belüftung, die sich aus der vorgegebenen maximalen Pumpenrate bei der Produktentnahme aus dem Tank ergeben;
- d) Anforderungen für die normale Unterdruck-Belüftung, die aus der zu erwartenden maximalen Temperaturabsenkung der Tankoberfläche entstehen;
- e) Anforderungen für die Überdruck-Notentlüftung, für den Fall, dass der Tank einem äußeren Feuer ausgesetzt ist;
- f) andere Notsituationen (siehe L.4.3, L.4.4 und L.5).

Unter normalen Betriebsbedingungen darf die Möglichkeit nicht gegeben sein, das Ent- und Belüftungssystem am Tank abzusperrern, und das Ent- und Belüftungssystem muss so dimensioniert sein, dass unter allen Betriebsbedingungen der Auslegungsdruck des Tanks für inneren Über- und Unterdruck nicht überschritten wird.

Für die Dimensionierung des Ent- und Belüftungssystems müssen sowohl die maximalen Volumenströme der Pumpen als auch die maximal möglichen Volumenströme, die durch thermische Beeinflussung entstehen, für die Anforderungen der gesamten Ent- und Belüftung in Betracht gezogen werden.

ANMERKUNG 1 Für andere Einflüsse, die zu einer Erhöhung der Volumenströme führen können, siehe L.4 und L.5.

Die Ent- und Belüftungssysteme müssen gegen das Eindringen von Regenwasser, Fremdpartikel, Kondensation, Polymerisation und Sublimation des Produktes und das Gefrieren von Wasser oder Produktkondensat geschützt sein.

Die Systeme müssen für die Betriebsbedingungen, für die sie vorgesehen sind, korrosionsbeständig sein.

Wenn extrem hohe Entlüftungsraten aufgrund von Feuer an der äußeren Oberfläche des Tanks oder Fehlfunktion spezieller Tankausrüstungen (z. B. Tank-Deckgassystem) notwendig sind, müssen zusätzliche Not-Atmungsventile eingesetzt werden, oder der Tank muss die Anforderungen des Anhangs K (Dachreißnaht) erfüllen.

L.2 Ausführungsart von Lüfterhauben und Ventilen

L.2.1 Allgemeines

Die Anforderungen für den Ent- und Belüftungsvolumenstrom der Lüfterhauben und Ventile müssen in Übereinstimmung mit L.3, L.4 sowie L.5 bestimmt werden.

L.2.2 Lüfterhauben für Ent- und Belüftung

Lüfterhauben dürfen nur für drucklose Tanks eingesetzt werden.

L.2.3 Über- und Unterdruckausgleichsventile

Über- und Unterdruckausgleichsventile werden für Tanks mit niedrigem, hohem und sehr hohem Betriebsdruck eingesetzt.

Die Drucksteigerung (Akkumulation) muss bei der Auslegung der Über- und Unterdruckausgleichsventile berücksichtigt werden, d. h. der Ventileinstelldruck für Über- oder Unterdruck muss so gewählt werden, dass weder der Tankauslegungsdruck für inneren Überdruck noch für inneren Unterdruck bei der geforderten Durchflusskapazität überschritten wird.

L.2.4 Ent- und Belüftungsleitungen

Für die Auslegung von Rohrleitungen, die an Über-/Unterdruckausgleichsventile angeschlossen werden (Überströmventile), müssen folgende Einflüsse in Bezug auf die Ventileinstellung für Über- und Unterdruck sowie auf den Volumenstrom berücksichtigt werden:

- a) Druckverlust der Rohre, Krümmer und installierten Geräte;
- b) möglicher Gegen-Überdruck oder -Unterdruck innerhalb des Systems.

L.2.5 Not-Ent- und Belüftungsventile

Tanks, die mit einem Abluftsystem (Fackeln, Dämpferückgewinnungsanlagen usw.) oder mit einem Deckgas-system verbunden sind, müssen mit einem zusätzlichen Ent- und Belüftungssystem oder mit Not-Entlüftungs- und/oder -Belüftungsventilen ausgerüstet sein, welche die gesamten Ent- und Belüftungsanforderungen für den Tank bei der Ausatmung in die Atmosphäre bzw. Einatmung aus der Atmosphäre in den Tank erfüllen.

Die Über- und Unterdruckeinstellungen dieser Ventile müssen so vorgesehen werden, dass sie unter normalen Betriebsbedingungen, d. h. bei vollem Volumenstrom der normalen Über- und Unterdruckausgleichsventile, nicht ansprechen.

ANMERKUNG Für die Dimensionierung der Notventile kann die Kapazität der normalen Über- und Unterdruckventile mit herangezogen werden.

L.2.6 Flammendurchschlagsichere Ent- und Belüftungssysteme

Wenn entsprechend vorgegeben (siehe A.1), muss das Ent- und Belüftungssystem in der Lage sein, einen Flammenrückschlag in den Tank zu verhindern, wenn bei der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten eine explosible Atmosphäre im Tank entstehen kann.

ANMERKUNG Es müssen die möglichen örtlichen Vorschriften beachtet werden.

L.3 Berechnung des maximalen Volumenstromes für die normale Entlüftung und Belüftung

L.3.1 Allgemeines

Die Entlüftungs- und Belüftungsleistung von Lüfterhauben und Ventilen muss sowohl die Pumpenleistung als auch die thermischen Beeinflussung umfassen.

L.3.2 Pumpenleistungen

L.3.2.1 Entlüftung

Die Entlüftungsleistung muss bestehen aus:

- a) Der maximalen Pumpenleistung für die Befüllung des Tanks bei Einlagerungsprodukten, die mit einer Temperatur unter 40 °C oder mit einem Dampfdruck ≤ 50 mbar eingelagert werden.

$$U_{op} = U_{pf} \quad (L.1)$$

Darin ist

U_{op} die geforderte Entlüftungsleistung in m³/h Luft;

U_{pf} die maximale Füllleistung in m³/h.

- b) Für angereicherte Produkte (z. B. mit Methan) muss die maximale Entlüftungskapazität um einen Multiplikator von 1,7 erhöht werden, um die Pumpenrate unter Beachtung einer Entgasung der angereicherten Produkte während des Füllvorgangs zu korrigieren.

$$U_{op} = 1,7 U_{pf} \quad (L.2)$$

- c) Für Produkte, die über 40 °C eingelagert werden oder einen Dampfdruck über 50 mbar aufweisen, muss die Entlüftungsleistung um die Verdampfungsrate, die vorgegeben werden muss (siehe A.1), angehoben werden.

L.3.2.2 Belüftung

Die Belüftungsleistung muss die spezifizierete maximale Pumpenleistung für die Entleerung des Tanks umfassen.

$$U_{ip} = U_{pe} \quad (L.3)$$

Darin ist

U_{ip} die geforderte Belüftungsleistung in m³/h Luft im Normzustand;

U_{pe} die maximale Pumpenleistung für Entleeren in m³/h.

L.3.3 Thermische Entlüftung und Belüftung

L.3.3.1 Allgemeines

Die thermische Entlüftung und Belüftung aufgrund atmosphärischer Erwärmung oder Abkühlung der äußeren Tankoberfläche, die die Mantelfläche und die projizierte Dachfläche umfasst, muss beachtet werden.

L.3.3.2 Thermische Entlüftung

L.3.3.2.1 Tanks ohne Isolation

Der maximal mögliche Volumenstrom, der durch Erwärmung entsteht, muss in Übereinstimmung mit den folgenden Formeln berechnet werden:

$$U_{OT} = 0,25 V_T^{0,9} R_O \quad (L.4)$$

und

$$R_O = \left(1 - \frac{\Delta P_{ap}}{140}\right)^{1,6} \quad (L.5)$$

Darin ist

ΔP_{ap} der Akkumulationsüberdruck in mbar Überdruck effektiv;

ANMERKUNG 1 Wenn $\Delta P_{ap} < 5$ mbar oder unbekannt ist: $R_O = 1$ einsetzen.

R_O der Reduzierfaktor für thermische Entlüftung;

U_{OT} die thermische Entlüftungsleistung – maximaler Volumenstrom bei Erwärmung in m³/h Luft;

V_T Tankinhalt in m³.

ANMERKUNG 2 Der Faktor 0,25 gilt für den Bereich zwischen den Breitengraden von 58° bis 42°. Nördlich des 58. Breitengrades ist der Faktor 0,2 und südlich des 42. Breitengrades der Faktor 0,32 zu benutzen.

L.3.3.2.2 Tanks mit Isolation oder Auffangtasse (Doppelmantel)

Der thermische Volumenstrom durch Erwärmung ist durch Teil- oder Komplettisolation oder durch eine Auffangtasse reduziert (siehe L.3.3.4 und L.3.3.5).

L.3.3.3 Thermische Belüftung

L.3.3.3.1 Tanks ohne Isolation

Der maximal mögliche Volumenstrom, der durch Abkühlung entsteht, muss in Übereinstimmung mit folgenden Formeln berechnet werden:

$$U_{IT} = C V_T^{0,7} R_I \quad (L.6)$$

$$R_I = \left(1 - \frac{\Delta P_{av}}{140 + P_{vp}}\right)^{1,6} \quad (L.7)$$

Darin ist

$C = 3$ für Hexan und Produkte mit gleichem Dampfdruck und einer Einlagerungstemperatur unter 25 °C;

$C = 5$ für Produkte mit einem Dampfdruck höher als Hexan und/oder einer Einlagerungstemperatur über 25 °C;

ANMERKUNG 1 Wenn der Dampfdruck unbekannt ist: $C = 5$ einsetzen.

ANMERKUNG 2 Die Faktoren $C = 3$ und $C = 5$ gelten für den Bereich zwischen den Breitengraden von 58° bis 42° . Nördlich des $58.$ Breitengrades sind die Faktoren $C = 2,5$ bzw. $C = 4$ und südlich des $42.$ Breitengrades die Faktoren $C = 4$ bzw. $C = 6,5$ einzusetzen.

P_{vp} ist der Dampfdruck der Flüssigkeit bei der höchsten Temperatur in mbar.

ANMERKUNG 3 Wenn P_{vp} unbekannt ist: $R_l = 1$ einsetzen.

ΔP_{av} der Akkumulations-Unterdruck in mbar Unterdruck effektiv;

R_l der Reduzierfaktor für thermische Belüftung;

U_{IT} der maximale thermische Volumenstrom bei Abkühlung in m^3/h im Normzustand;

V_T der Tankinhalt in m^3 .

L.3.3.3.2 Tanks mit Isolation oder Auffangtasse (Doppelmantel)

Der thermische Volumenstrom durch Abkühlung ist durch Teil- oder Komplettisolation oder eine Auffangtasse reduziert (siehe L.3.3.4 und L.3.3.5).

L.3.3.4 Reduzierfaktor für Tanks mit Isolation

Der thermische Volumenstrom durch Erwärmung (thermische Entlüftung) oder Abkühlung (thermische Belüftung) wird durch Isolation reduziert. Dies ist abhängig von der Qualität und Stärke der Isolation.

Der Reduzierfaktor für komplette Isolation R_{in} muss wie folgt berechnet werden:

$$R_{in} = \frac{1}{1 + \frac{hL_{in}}{\lambda_{in}}} \quad (L.8)$$

Darin ist

h der Wärmeübergangskoeffizient in W/m^2K ;

L_{in} die Wanddicke der Isolation in m;

λ_{in} die Wärmeleitfähigkeit in W/mK .

ANMERKUNG Für eine Isolationsdicke von $L_{in} = 0,1$ m und eine Wärmeleitfähigkeit der Isolation von $\lambda_{in} = 0,05$ W/mK sowie für einen inneren Wärmeübergangskoeffizienten von $h = 4$ W/m^2K (dies sind in der Praxis oft benutzte Werte) beträgt der Reduzierfaktor $R_{in} = 0,11$.

Für Teilisolierung muss der Reduzierfaktor wie folgt berechnet werden:

$$R_{inp} = \frac{A_{inp}}{A} R_{in} + \left(1 - \frac{A_{inp}}{A} \right) \quad (L.9)$$

Darin ist

A die gesamte Tankoberfläche (Mantel und Dach) in m^2 ;

A_{inp} die gedämmte Oberfläche des Tanks in m^2 .

L.3.3.5 Reduzierfaktor für Tanks mit Auffangtasse (Doppelmantel)

Für Tanks mit einer zusätzlichen Auffangtasse muss der Reduzierfaktor R_c wie folgt berechnet werden:

$$R_c = 0,25 + 0,75 \frac{A_c}{A} \quad (\text{L.10})$$

Darin ist

A_c die Tankoberfläche, die sich nicht innerhalb der Auffangtasse (Teil des Mantels und des Daches) befindet, in m^2 .

L.4 Berechnung der maximalen Volumenströme für Überdrucknotentlüftung

L.4.1 Allgemeines

Im Fall eines äußeren Feuers oder Fehlfunktion anderer Systeme (z. B. Deckgassystem) können sehr hohe Entlüftungskapazitäten erforderlich werden. Wenn die vorhandenen Überdruckausgleichsventile für die normalen Betriebsbedingungen nicht in der Lage sind, solche hohen Kapazitäten zu leisten, müssen Überdrucknotentlüftungssysteme vorgesehen werden.

Die Notentlüftung muss in der Lage sein, jegliche Kombination möglicher Fehlfunktionen zusätzlich zum Volumenstrom, der für den Feuerfall gefordert wird, zu leisten.

L.4.2 Feuer

L.4.2.1 Allgemeines

Der Tank kann durch ein in der Nähe befindliches Feuer aufgeheizt werden, das zu einer plötzlichen großen Ausdehnung des Gasvolumens in wenigen Minuten und nach Stunden zu einer völligen Verdampfung des Produktes (siedendes Produkt) führen kann.

Es müssen Not-Entlüftungsventile installiert werden, wenn nicht die Anforderungen des Anhangs K erfüllt sind.

Die Dimensionierung der Not-Entlüftungsventile ist sowohl von dem maximal zulässigen Betriebsüberdruck des Tanks als auch vom Volumenstrom abhängig, der gemäß L.4.2.2 oder L.4.2.3 bestimmt wird. Wenn ein Sieden des Produktes nicht möglich ist, reicht es aus, die Kapazität der Notentlüftung auf der Basis der Situation der Gasexpansion zu berechnen (siehe L.4.2.2).

Wenn ein Sieden des Produktes möglich ist, muss die Kapazität der Notentlüftung für Produktverdampfung berechnet werden (siehe L.4.2.3).

ANMERKUNG Die Strömungskapazität der normalen Überdruckausgleichsventile kann bei der Dimensionierung der Notentlüftung mit herangezogen werden.

L.4.2.2 Volumenstrom durch Gasexpansion im Feuerfall

Der Volumenstrom muss wie folgt berechnet werden:

$$U_{FE} = 15 V_T^{0,7} R_{inf} \quad R_{inf} = \frac{1}{1 + \frac{h_f L_{in}}{\lambda_{in}}} \quad h_f = \frac{40}{A_w^{0,18}} \quad (\text{L.11})$$

Darin ist

A_w die Oberfläche des Tankmantels, die durch Feuer aufgeheizt wird, in m^2 ;

ANMERKUNG Es ist nur eine Höhe bis zu 9 m oberhalb des Tankbodens zu berücksichtigen.

h_f der Wärmeübergangskoeffizient in W/m^2K ;

L_{in} die Wanddicke der Isolation in m;

R_{inf} der Reduzierfaktor für Isolation (wenn vorhanden) im Feuerfall;

U_{FE} der Volumenstrom durch Gasexpansion im Feuerfall in m^3/h Luft im Normzustand;

V_T der Tankinhalt in m^3 ;

λ_{in} die Wärmeleitfähigkeit in W/mK .

L.4.2.3 Volumenstrom durch Produktverdampfung (siedendes Produkt)

Der Volumenstrom wird wie folgt berechnet:

$$U_{FB} = 4 \times 10^4 A_w^{0,82} \frac{R_{inf}}{H_v} \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (L.12)$$

Darin ist

A_w die Oberfläche des Tankmantels, die durch Feuer erwärmt wird, in m^2 (siehe L.4.2.2)

H_v die Verdampfungswärme in kJ/kg ;

M Molekulargewicht des Produktes in $kg/kmol$;

R_{inf} der Reduzierfaktor für Isolation (siehe L.4.2.2);

T die Siedetemperatur in K;

U_{FB} der Volumenstrom durch Verdampfung in m^3/h Luft im Normzustand.

ANMERKUNG 1 Für Hexan ($M = 86 \text{ kg/kmol}$; $H_v = 335 \text{ kJ/Kg}$; $T = 342 \text{ K}$) und gleiche Produkte und $R_{inf} = 1$ vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$U_{FB} = 238 A_w^{0,82}$$

ANMERKUNG 2 Der Volumenstrom, der für Produktverdampfung berechnet ist, deckt immer den Volumenstrom ab, der für Gasausdehnung gefordert wird (siehe L.4.2.2).

L.4.3 Fehlfunktion des Deckgassystems

Wenn ein 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 bei Versagen muss angegeben werden (siehe A.1).

L.4.4 Andere mögliche Gründe

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

Diese müssen umfassen:

- a) Fehlfunktion der Regulierung der Tankheizung (wenn vorhanden);
- b) Leckagen des Tankheizsystems (wenn vorhanden);
- c) Überschreitung der maximal zulässigen Pumpkapazität aufgrund von Fehlschaltungen innerhalb des Pumpsystems;
- d) chemische Reaktionen;
- e) falsche Reinigung der Rohrleitung;
- f) Produktförderung durch Druckgas.

L.5 Unterdrucknotbelüftung

Die geforderte Kapazität für die Unterdruck-Nötbelüftung, um die folgenden möglichen Fälle abzudecken, muss angegeben werden (siehe A.1).

- a) Plötzliche Abkühlung aufgrund des Einpumpens kalter Flüssigkeit in einen heißen leeren Tank;
- b) Fehlfunktion eines Sprinklersystems;
- c) zu große Flüssigkeitsentnahme aus dem Tank.

L.6 Prüfung von Ent- und Belüftungseinrichtungen

L.6.1 Allgemeines

L.6.1.1 Strömungsleistung

Die Strömungsleistung für Überdruck/Entlüftung und die Strömungsleistung für Unterdruck/Belüftung muss in Übereinstimmung mit den Methoden, die unter L.6.3 angegeben sind, ermittelt werden. Diese Methoden müssen sowohl für Lüfterhauben als auch für Überdruck- und/oder Unterdruckventile (Endventile bzw. Rohrleitungsventile) angewandt werden.

L.6.1.2 Kurven für Strömungsleistung

Die Kurven für Strömungsleistung müssen für jeden Typ eines Gerätes und für jeden Nenndurchmesser gemessen werden.

L.6.1.3 Prüfungen

Die Prüfungen müssen mit Luft bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden, es sei denn, anderes ist zwischen dem Käufer und dem Gerätehersteller vereinbart.

Die Kurven für die Strömungsleistung oder die Formeln müssen sich auf Luft im Normzustand (Temperatur 0 °C, Druck 1,013 bar, Dichte 1,29 kg/m³) beziehen.

Prüfergebnisse mit anderen Medien oder unterschiedlichen Bedingungen müssen auf Luft im Normzustand übertragen werden.

L.6.1.4 Aufzeichnung der Leistungskurven

Die Leistungskurven für den Volumenstrom müssen in Abhängigkeit vom Tank-Überdruck oder -Unterdruck aufgezeichnet werden (Volumenstrom/Überdruckkurven, Volumenstrom/Unterdruckkurven).

Der Akkumulationsdruck muss angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Die Kurven der Strömungsleistung beziehen sich auf saubere Geräte, d. h. Verschmutzungen, die sich im Gerät ablagern und die Leistung reduzieren können, sind nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, die Prüfeinrichtungen, Messmethoden, Durchführung und Ergebnisse von einer unabhängigen Institution beaufsichtigen und bestätigen zu lassen.

L.6.2 Prüfeinrichtung

L.6.2.1 Allgemeines

Die Prüfeinrichtung, die in Bild L.1 dargestellt ist, eignet sich für End-Geräte zur Ent- und Belüftung sowie für Rohrleitungsgeräte und muss bestehen aus:

L.6.2.2 Einrichtung zur Erzeugung des Prüfmediums

Die Einrichtung zur Erzeugung des Prüfmediums (Pos. 1) muss ein Gebläse, ein Ventilator o. Ä. sein.

L.6.2.3 Volumenstrom-Messeinrichtung

Ein Strömungsmesser (Pos. 2) muss jährlich kalibriert werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, ein Massestrom-Messgerät zu verwenden, damit eine Umrechnung auf den Normzustand entfallen kann.

L.6.2.4 Prüftank

Für den Prüftank (Pos. 3) muss Folgendes beachtet werden:

- a) Die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Prüftanks muss $\leq 2,0$ m/s sein und der Prüftank muss so gebaut sein, dass auf die Ent- und Belüftungseinrichtung keine gerichtete Strömung hoher Geschwindigkeit einwirkt.
- b) Pulsationen, die eventuell durch den Volumenstromerzeuger (z. B. Gebläse oder Ventilator) auftreten, müssen gedämpft werden, um Fehlmessungen zu vermeiden.
- c) Die Zuführung des Prüfmediums muss im unteren Teil des Prüftanks erfolgen.
- d) Um Einströmverluste zu minimieren, muss die Prüfarmatur (Pos. 7) an der höchsten Stelle des Prüftanks installiert werden.
- e) Die Ent- und Belüftungseinrichtung muss an ein gerades Rohr installiert werden, welches den gleichen Durchmesser wie die Prüfeinrichtung hat und dessen Länge (L) das 1,5fache des Durchmessers beträgt, senkrecht angeordnet sein und mit der Innenseite des Prüftanks glatt abschließen.
- f) Bei der Prüfung von Rohrleitungsventilen muss ein Rohr (Pos. 8) am Ausströmstutzen der Prüfarmatur angeschlossen werden. Dieses Rohr muss denselben Durchmesser wie der Ausströmstutzen der Testarmatur aufweisen.
- g) Für die Prüfung von Unterdruckventilen muss die Strömungsrichtung umgekehrt werden, d. h. Luft wird durch die Prüfarmatur in den Prüftank eingesaugt.

L.6.2.5 Überdruck-/Unterdruck-Messeinrichtung

Die Messeinrichtung (Pos. 4) für Über- und Unterdruck muss jährlich kalibriert werden.

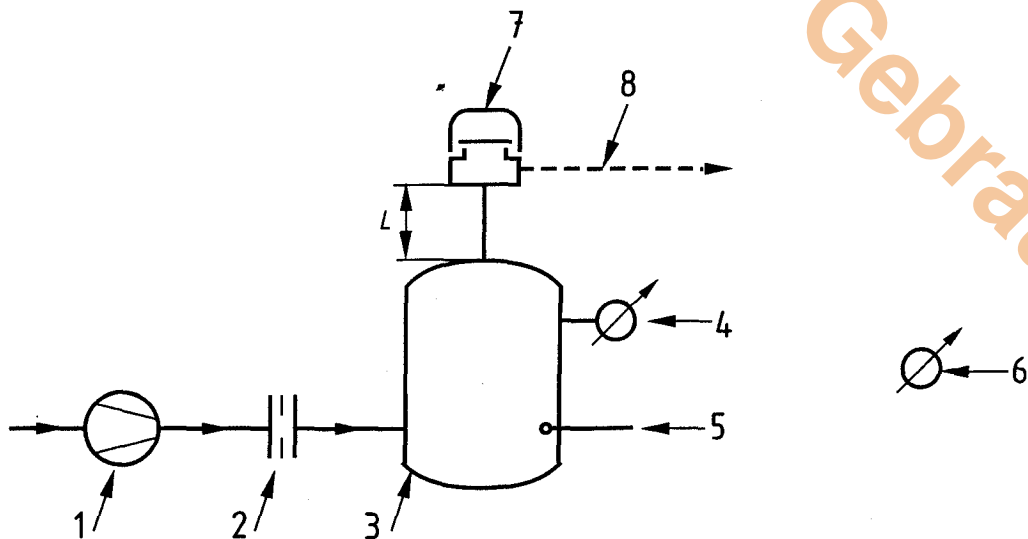
L.6.2.6 Temperatur-Messeinrichtung

Die Temperaturmesseinrichtung (Pos. 5) für die Messung der Temperatur des Testmediums muss jährlich kalibriert werden.

L.6.2.7 Barometer

Messeinrichtung für den Atmosphärendruck (Pos. 6).

ANMERKUNG Wenn eine Massestrommesseinrichtung (Pos. 2) benutzt wird, ist es nicht notwendig, die Temperatur des Prüfmediums und den Atmosphärendruck zu messen.



Legende

- 1 Einrichtung zur Versorgung mit Prüfmedium (Gebläse oder Ventilator)
- 2 Kalibrierte Volumenstrom-Messeinrichtung
- 3 Prüftank
- 4 Kalibrierte Messeinrichtung für Über- und Unterdruck
- 5 Temperatur-Messeinrichtung
- 6 Barometer – Messeinrichtung für atmosphärischen Druck
- 7 Prüfling
- 8 Ausströmrohr, wenn installiert
- L Länge des Anschlussrohres (gerader Rohrstutzen)

Bild L.1 — Prüfeinrichtung für Volumenstrommessung von Ent- und Belüftungseinrichtungen

L.6.3 Messmethoden

L.6.3.1 Allgemeines

Wenn Überdruck- und/oder Unterdruckeinrichtungen mit Flammendurchschlagsicherungen kombiniert sind, müssen die Prüfungen mit der Gerätekombination durchgeführt werden.

L.6.3.2 Lüfterhauben

Beginnend mit dem Volumenstrom 0 muss der Überdruck oder Unterdruck im Tank in fünf gleichmäßigen Stufen bis zu einem maximalen Wert von wenigstens 50 mbar gemessen werden.

L.6.3.3 Über- und Unterdruckventile

Die Strömungsleistung-Kurven müssen sowohl für den niedrigsten und höchsten Einstellüber- und/oder Einstellunterdruck als auch für drei dazwischen liegende Druckeinstellungen bestimmt werden.

Die Messung des Über- oder Unterdrucks im Tank muss mit dem jeweiligen Einstelldruck des Ventils (Volumenstrom 0) beginnen und ist in geeigneten Schritten bis zum Maximalwert oder voller Öffnungsposition fortzuführen.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, den Volumenstrom im Tank bei Drücken zu messen, die dem 1,1-, 1,2-, 1,5- und 2-fachen des einjustierten Öffnungsdrucks bei Über- oder Unterdruck entsprechen. Wenn die volle Öffnung des Ventiltellers beim 2fachen des eingestellten Ventilöffnungsdrucks nicht erreicht ist, sind weitere Messpunkte bis zur vollen Öffnung erforderlich.

ANMERKUNG 2 Wenn einige Messpunkte nach der vollen Öffnungsposition des Ventils bestimmt sind, können die Kurven für höheren Über- oder Unterdruck extrapoliert werden.

L.7 Dokumentation des Herstellers und Kennzeichnung der Ent- und Belüftungseinrichtungen

L.7.1 Dokumentation

Der Hersteller oder Verkäufer von Ent- und Belüftungseinrichtungen muss eine Bescheinigung erstellen, mit der der Einstellüberdruck, der Einstellunterdruck und der Volumenstrom bei der angegebenen Druckerhöhung (Akkumulation) oder dem Auslegungsüberdruck und Auslegungsunterdruck des Tanks bestätigt werden.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, das Volumenstrom/Druckverlust-Diagramm (Leistungskurven) oder die Ausflussziffer für die Ausgleichsventile mitzuliefern.

L.7.2 Kennzeichnung

L.7.2.1 Allgemeine Anforderungen

Jedes Ent- und Belüfungsgerät muss vom Hersteller deutlich mit den geforderten Daten gekennzeichnet sein, sodass die Kennzeichnung im Betrieb nicht unlesbar wird. Die Kennzeichnung soll an der Ent- und Belüftungseinrichtung oder auf einem Schild oder Schildern, die fest mit dem Gerät verbunden sind, angebracht werden.

Die geforderten Daten müssen auf das Gerät bzw. Firmenschild eingeschlagen, eingeätzt, aufgeprägt oder eingegossen werden.

L.7.2.2 Lüfterhauben

Die Kennzeichnung muss mindestens Folgendes umfassen:

- a) Namen oder das identische Markenzeichen des Herstellers;
- b) Konstruktions- oder Typennummer des Herstellers;
- c) Nummer und Jahr der entsprechenden Europäischen Norm;
- d) Nennweite des Anschlussstutzens des Gerätes;
- e) die berechnete Kapazität für den Auslegungsdruck des Tanks bei Über- und Unterdruck in m³/h Luft im Normzustand.

L.7.2.3 Überdruckausgleichsventile

Die Kennzeichnung muss mindestens Folgendes umfassen:

- a) Namen oder das identische Markenzeichen des Herstellers;
- b) Konstruktions- oder Typennummer des Herstellers;
- c) Nummer und Jahr der entsprechenden Europäischen Norm;
- d) Nennweite des Anschlussstutzens des Gerätes;
- e) Einstelldruck in mbar;
- f) die berechnete Kapazität beim maximalen Druck für Entlüftung (Tankauslegungsdruck) in m³/h Luft im Normzustand.

L.7.2.4 Unterdruckausgleichsventile

Die Kennzeichnung muss mindestens Folgendes umfassen:

- a) Namen oder das identische Markenzeichen des Herstellers;
- b) Konstruktions- oder Typennummer des Herstellers;
- c) Nummer und Jahr der entsprechenden Europäischen Normen;
- d) Nennweite des Anschlussstutzens des Gerätes;
- e) Unterdruckeinstellung in mbar;
- f) die berechnete Kapazität beim maximalen Belüftungsunterdruck (Auslegungsdruck des Tanks für Unterdruck) in m³/h Luft im Normzustand.

L.7.2.5 Kombinierte Über-/Unterdruckausgleichsventile

Jedes kombinierte Über-/Unterdruckausgleichsventil muss in der gleichen Art gekennzeichnet werden wie unter L.7.2.3 und L.7.2.4 beschrieben.

L.7.2.6 Ent- und Belüftungsgeräte mit Flammendurchschlagsicherung

Für Ent- und Belüftungsgeräte, die mit Flammendurchschlagsicherungen kombiniert oder mit integrierten Flammensperren ausgerüstet sind, muss die geforderte Kennzeichnung gemäß EN 12874 hinzugefügt werden.

Anhang M
(informativ)

Tankverankerungen

M.1 Allgemeines

Für Lagertanks nach diesem Dokument sind verschiedene Ausführungen von Verankerungen möglich. Die für einen bestimmten Anwendungsfall am besten geeignete Ausführung sollte ermittelt und vereinbart werden (siehe A.2). Die nachstehend beschriebenen Beispiele schließen andere Ausführungen nicht aus, wenn eine entsprechende Vereinbarung getroffen wird.

M.2 Ankerband

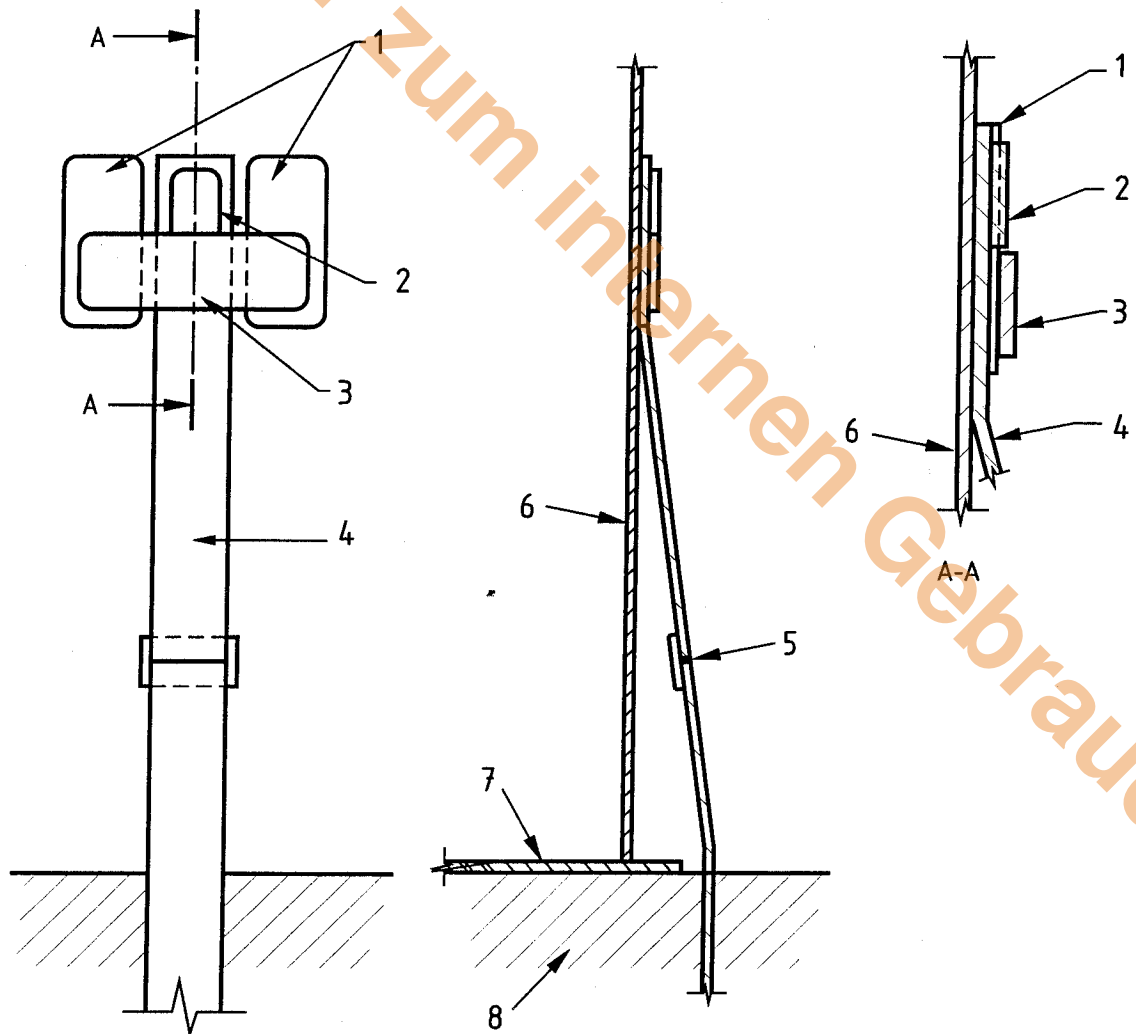
Eine typische Ausführung eines Ankerbands ist in Bild M.1 dargestellt.

M.3 Ankerschraube mit Einzelstütze

Eine typische Ausführung einer Ankerschraube mit Einzelstütze ist in Bild M.2 dargestellt.

M.4 Ankerschraube mit durchgehendem Stützring

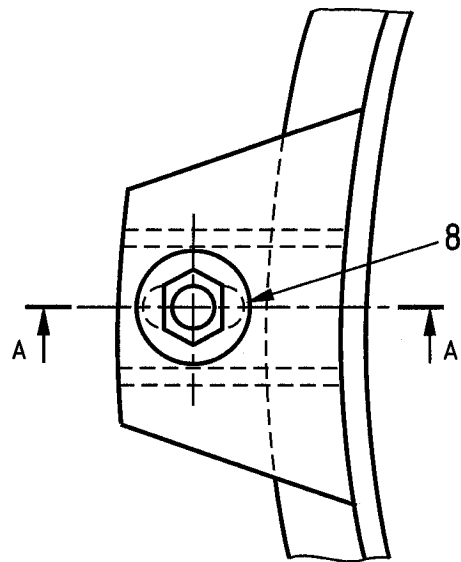
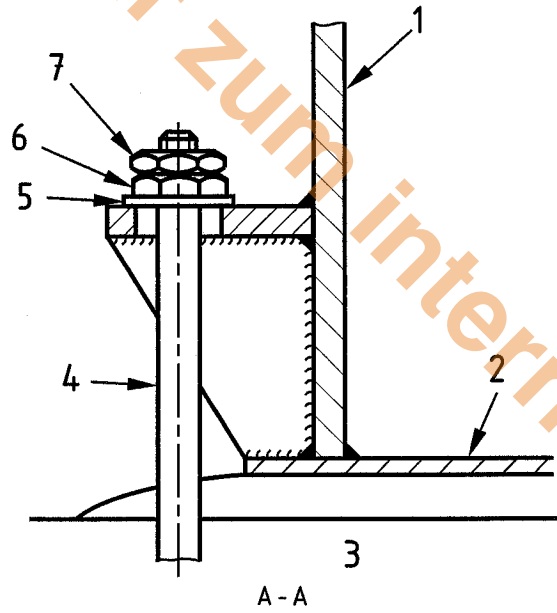
Eine typische Ausführung einer Ankerschraube mit durchgehendem Stützring ist in Bild M.3 dargestellt.

**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

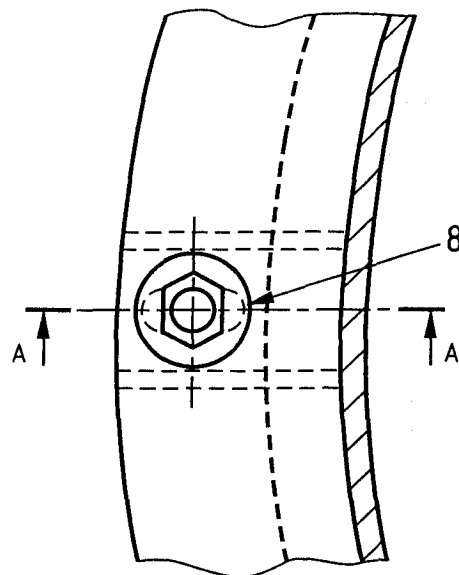
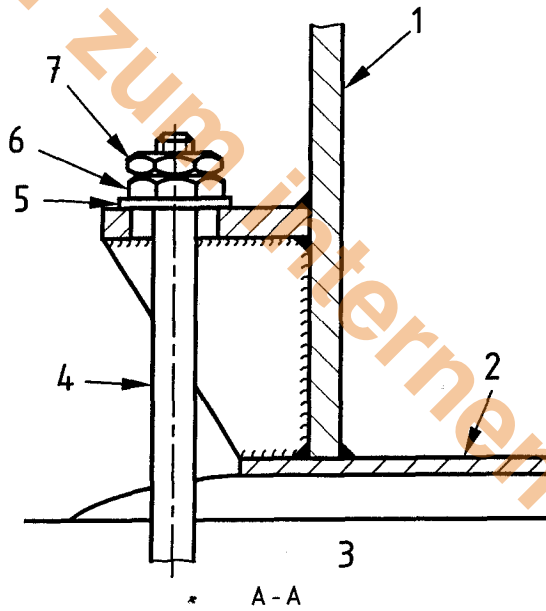
Nur zum internen Gebrauch



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden
- 3 Gründung
- 4 Ankerschraube
- 5 Spreizscheibe
- 6 Mutter
- 7 Sicherungsmutter
- 8 Langloch in der Stütze

Bild M.2 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit Einzelstütze



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Tankboden
- 3 Gründung
- 4 Ankerschraube
- 5 Spreizscheibe
- 6 Mutter
- 7 Sicherungsmutter
- 8 Langloch im Stützring

Bild M.3 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit durchgehendem Stützring

Anhang N
(informativ)

Angaben für das Schweißen von Anbauteilen

N.1 Eingeschweißte Anbauteile

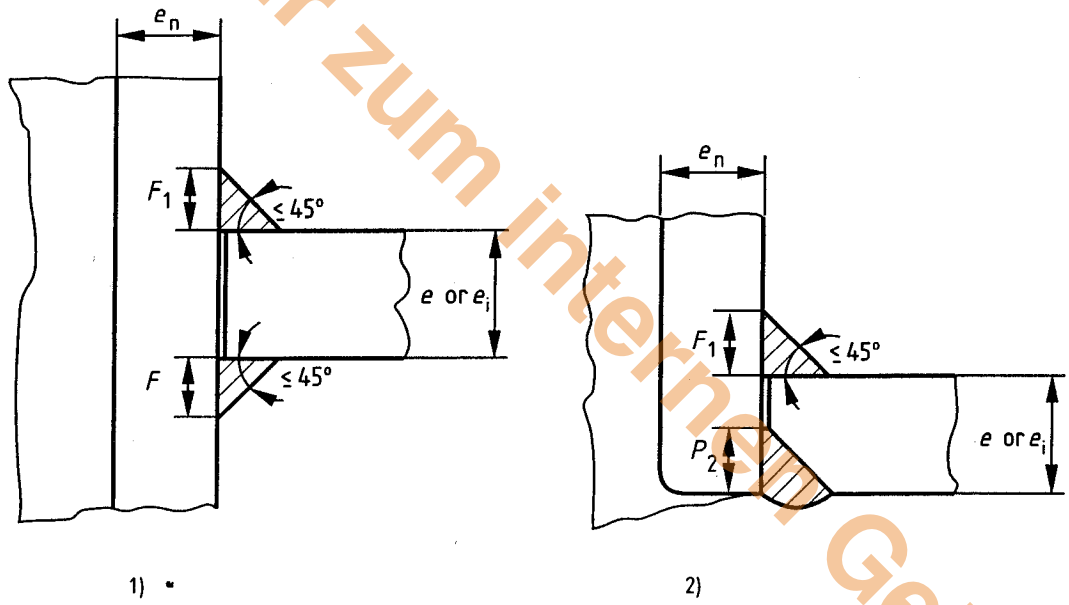
Eingeschweißte Anbauteile sollten einem der Beispiele in Tabelle N.1 und Bild N.1 entsprechen.

Tabelle N.1 — Schweißnahtabmessungen von eingeschweißten Anbauteilen

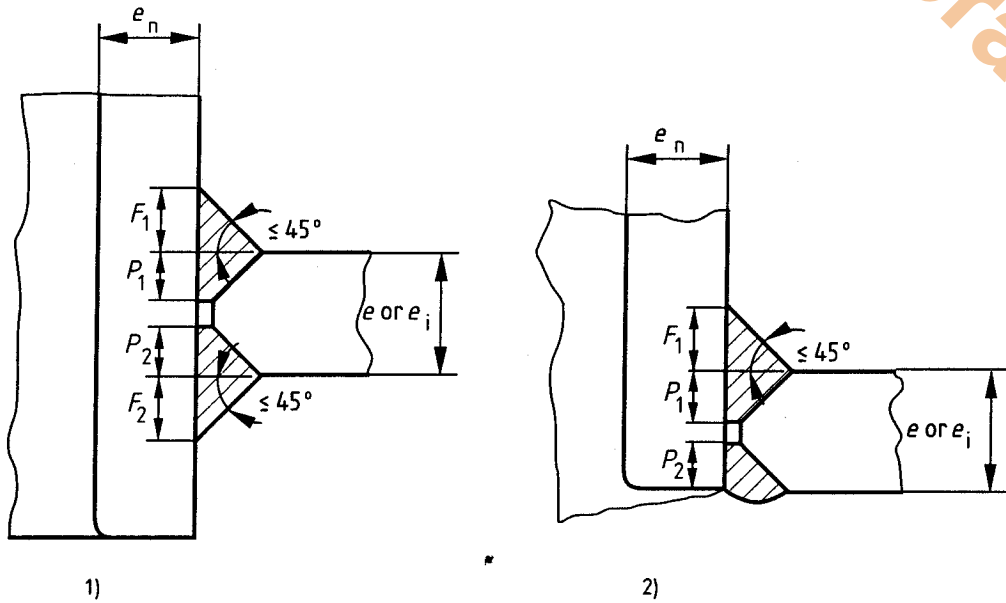
Maße in Millimeter

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 e und e_n	Kleinerer Wert von e und e_n	-	-	-
a 2)	≤ 20	$\leq 12,5$	-	Kleinerer Wert von e und e_n	-	-	Kleinerer Wert von e und e_n	-
b 1)	≤ 20	-	-	Kleinerer Wert von $\frac{e}{2}$ und $\frac{e_n}{2}$	Kleinerer Wert von $\frac{e}{2}$ und $\frac{e_n}{2}$	$P_1 + P_2 \geq e - 3$		-
b 2)	≤ 20	-	-	Kleinerer Wert von e und 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 und e_r	$\leq \frac{e_n}{3}$	$F_1 + P_1 \geq$ kleinerer Wert von e_n und 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 und e_r	$F_2 + P_2 \geq$ Kleinerer Wert von e_n und e_r	$P_1 + P_3 \geq e_r - 3$

ANMERKUNG F_1 und F_2 mindestens 6 mm.



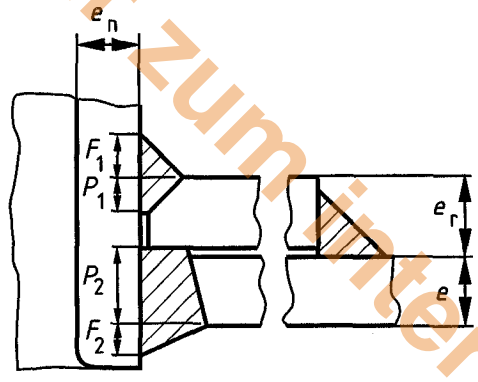
a)



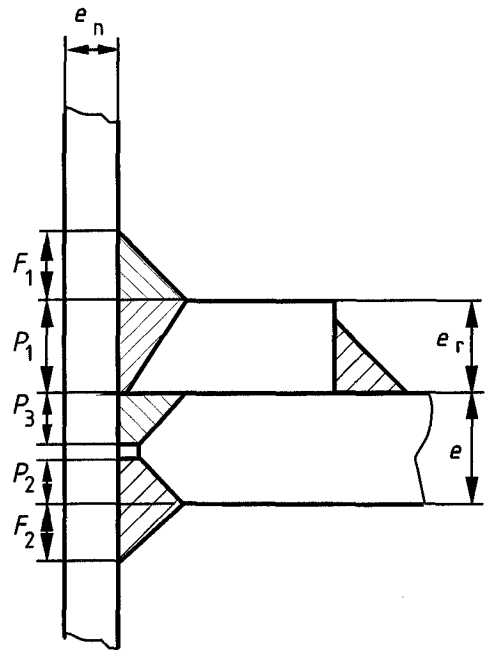
b)

Bild N.1 — Typische Ausführungen von eingeschweißten Anbauteilen

Nur zum internen Gebrauch

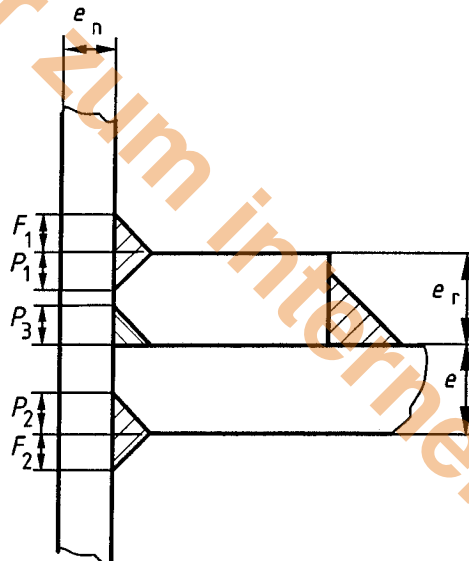


c)



d)

Bild N.1 — Typische Ausführungen von eingeschweißten Anbauteilen (fortgesetzt)



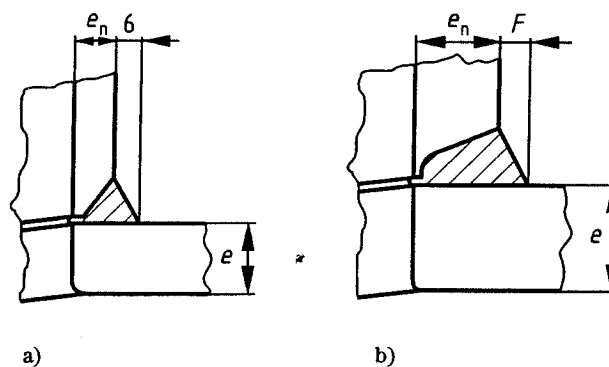
e)

Bild N.1 — Typische Ausführungen von eingeschweißten Anbauteilen (fortgesetzt)

N.2 Aufgeschweißte Anbauteile

Bei Außendurchmessern der Mantelstutzen < 80 mm können aufgeschweißte Anbauteile verwendet werden (siehe Bild N.2).

Maße in Millimeter



$$e_n = 16 \text{ max.}$$

$$e_n > 16 \quad F = e_n/3$$

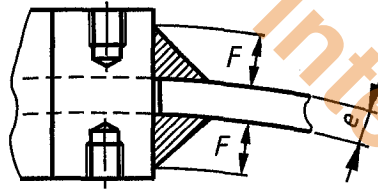
Bei der Verwendung von Aufschweißstutzen ist es erforderlich, das Mantelblech im Bereich um den Ausschnitt auf Dopplungen zu prüfen (siehe 13.2).

Ist durch das Schweißverfahren keine gleichmäßige und volle Durchschweißung der Nahtwurzel sichergestellt, müssen 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.

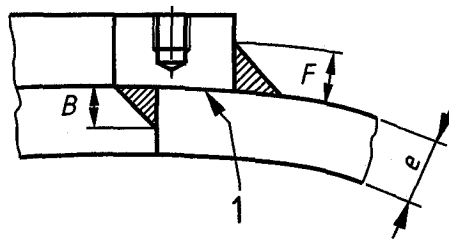
Bild N.2 — Typische Ausführungen von aufgeschweißten Anbauteilen

N.3 Blockflansche mit Stiftschrauben

Typische Ausführungen von Blockflanschen mit Stiftschrauben sind in Bild N.3 dargestellt.



a)



1 Der Ring sollte eng am Mantel oder Dachblech anliegen.

ANMERKUNG Der Spalt sollte an keinem Punkt größer sein als 3 mm.

b)

$$F \geq e \text{ oder } 6 \text{ mm max.}$$

$$B \leq e \text{ oder } 6 \text{ mm max.}$$

Bild N.3 — Typische Ausführungen von Blockflanschverbindungen

Anhang O (informativ)

Bündige Reinigungsöffnungen und Tanksümpfe

O.1 Bündige Reinigungsöffnungen

O.1.1 Allgemeines

Typische Ausführungen bündiger Reinigungsöffnungen nach den Anforderungen in 13.6.2 beruhen auf Erfahrungen und haben sich als zufrieden stellend erwiesen.

O.1.2 Bündige Reinigungsöffnungen mit Einbaublechverstärkung

O.1.2.1 Bild O.1 zeigt Einzelheiten einer typischen Einbaublechverstärkung 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 Einbaublechs (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 Höhe des Tanks, in Meter.

O.1.2.2 Bild O.2 zeigt Einzelheiten einer typischen Einbaublechverstärkung 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 Einbaublechs (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 Höhe des Tanks, in Meter.

O.1.3 Bündige Reinigungsöffnung mit Verstärkungsblech

O.1.3.1 Bild O.3 zeigt Einzelheiten eines typischen Verstärkungsblechs einer 915 mm × 1230 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) $\leq 18,5 \text{ mm}$;

Werkstoff des Verstärkungsblechs = Werkstoff des unteren Mantelschusses;

Dicke des Verstärkungsblechs (e_r) $= e_1 + 3 \leq 40 \text{ mm}$;

Dicke des Bodenverstärkungsblechs (e_{br}) $= 7\sqrt{H + 3}$;

Dicke von Deckel und Flansch (e_f) $= 0,78 H + 11$.

Dabei ist

H Höhe des Tanks (in m).

O.1.3.2 Bild O.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 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

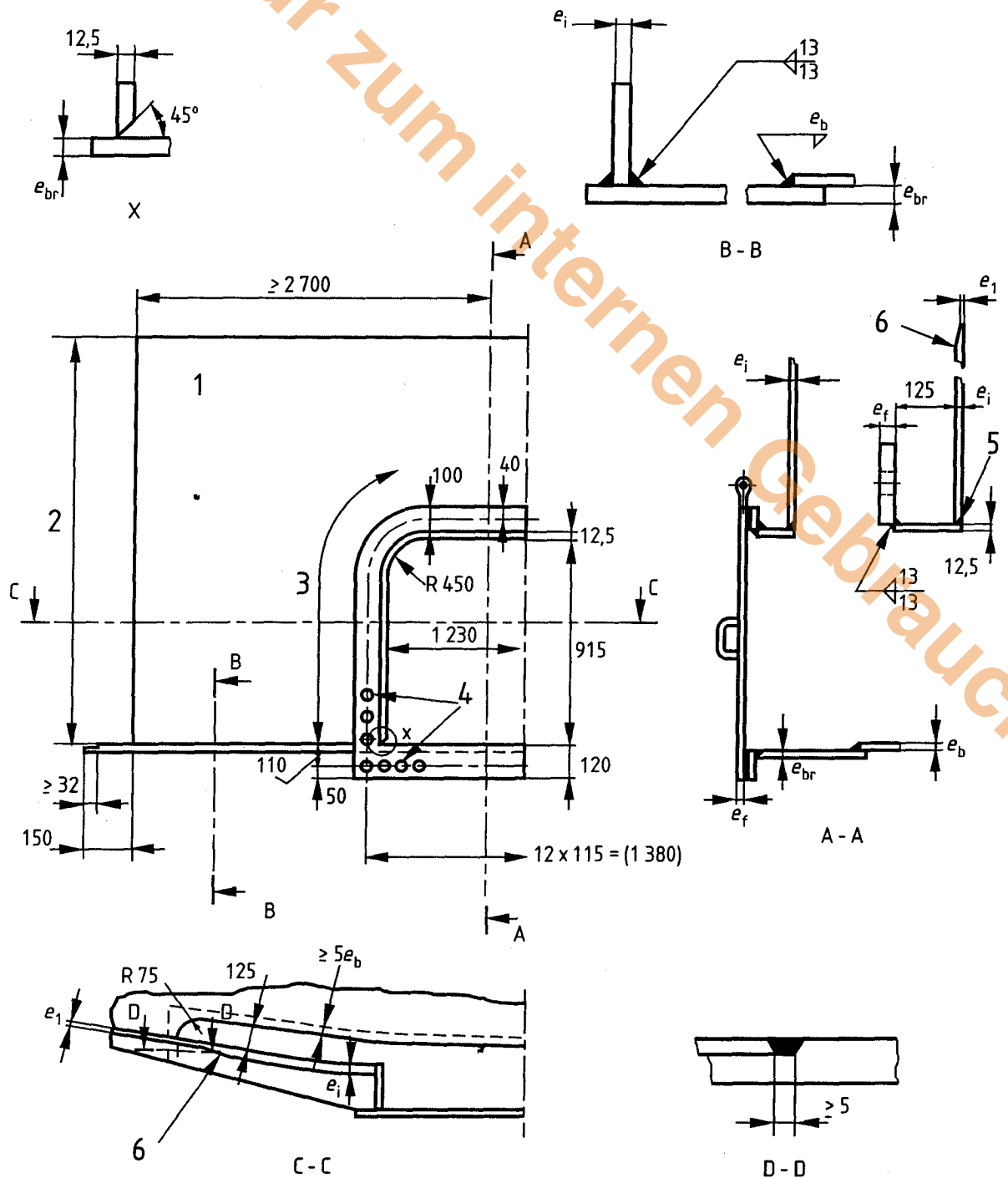
H Höhe des Tanks (in m).

O.2 Tanksümpfe

Typische Einzelheiten für die Auslegung von Tanksümpfen nach 13.6.3 sind in Bild O.5 dargestellt.

O.3 Kombierter Tank- und Reinigungssumpf

Typische Einzelheiten für die Auslegung von kombinierten Tank- und Reinigungssümpfen nach 13.6.4 sind in Bild O.6 dargestellt.

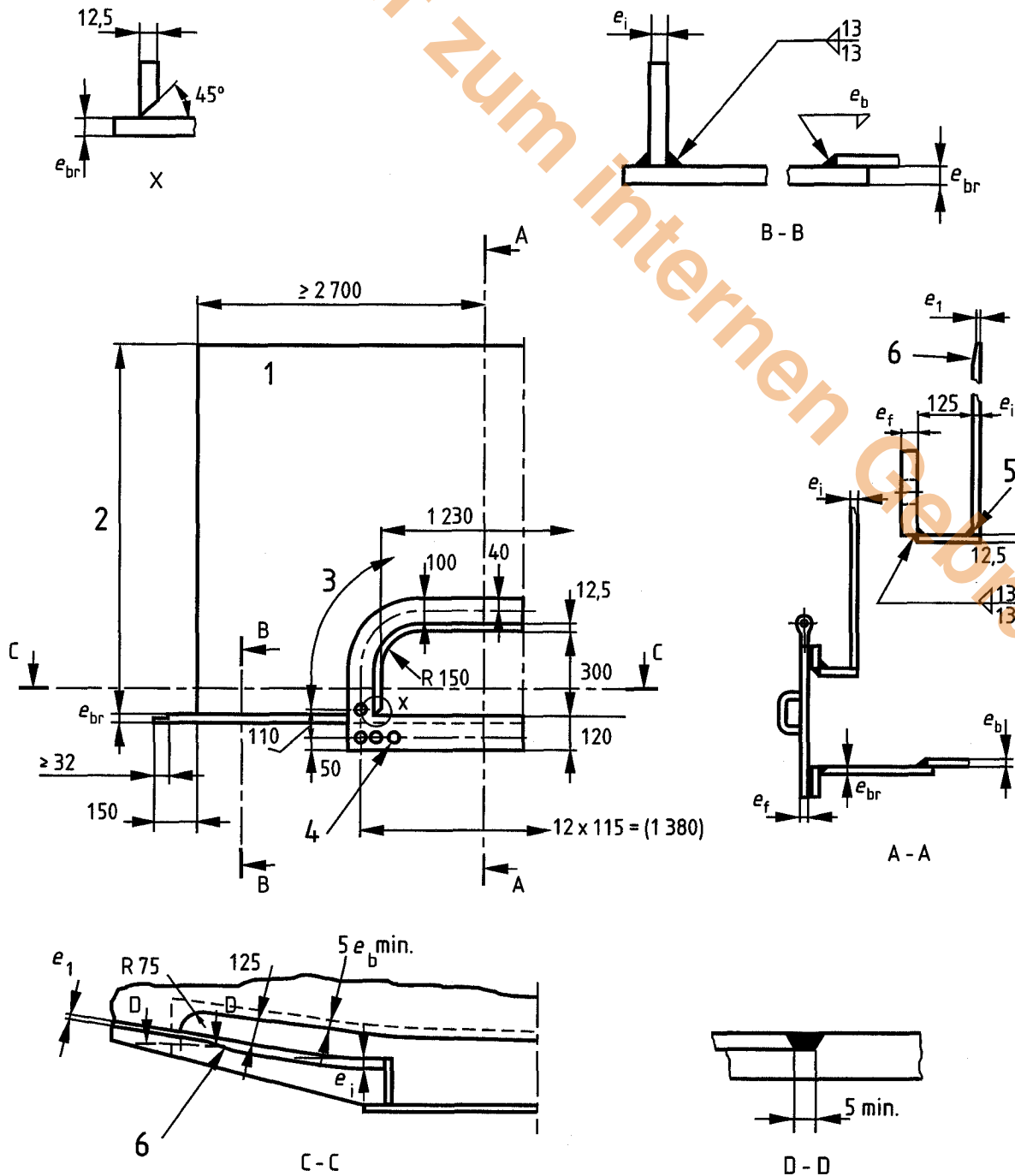


Alle Maße in Millimeter, sofern nicht anders angegeben.

Legende

e_1	Wanddicke des unteren Mantelschusses	1	Einbaublech
e_i	Dicke des Einbaublechs	2	Höhe des Blechs
e_f	Dicke von Deckel und Flansch	3	32 gleiche Teilungen
e_{br}	Dicke des Bodenverstärkungsblechs	4	46 Bohrungen, $\varnothing 28$, für Schrauben M24
e_b	Dicke des Tankbodenblechs	5	Schweißnaht (siehe Bild 11 c))
		6	Kantenabschrägung 1:5

Bild O.1 — Typische Reinigungsöffnung mit Einbaublechverstärkung für eine 915 mm × 1 230 mm große Öffnung

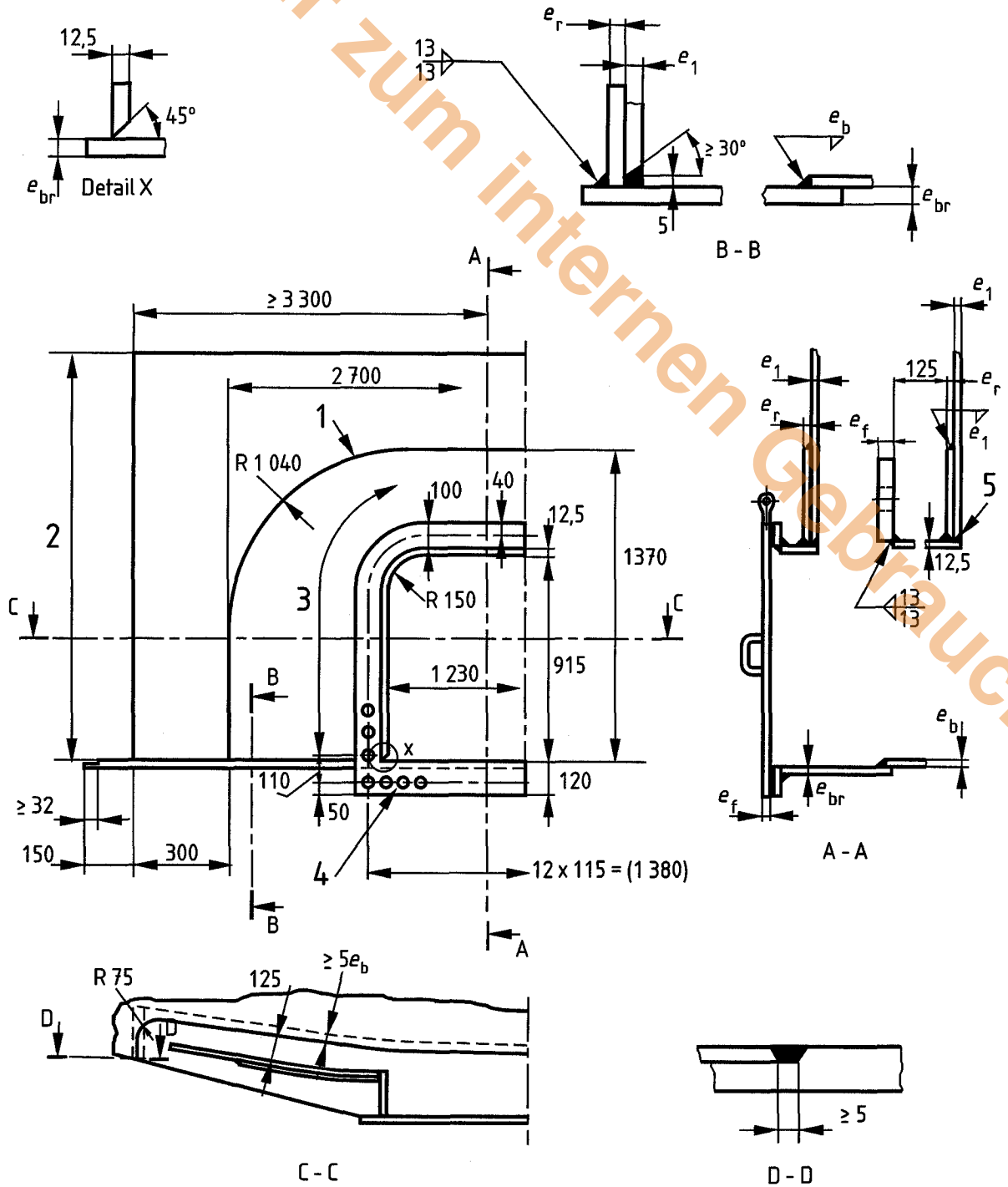


Alle Maße in Millimeter, sofern nicht anders angegeben.

Legende

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|---|--|
| e_1 | Wanddicke des unteren Mantelschusses | 1 | Einbaublech |
| e_i | Dicke des Einbaublechs | 2 | Höhe des Blechs |
| e_f | Dicke von Deckel und Flansch | 3 | 20 gleiche Teilungen |
| e_{br} | Dicke des Bodenverstärkungsblechs | 4 | 34 Bohrungen, $\varnothing 28$, für Schrauben M24 |
| e_b | Dicke des Tankbodenblechs | 5 | Schweißnaht (siehe Bild 11 c)) |
| | | 6 | Kantenabschrägung 1:5 |

Bild O.2 — Typische Reinigungsöffnung mit Einbaublechverstärkung für eine 300 mm x 1 230 mm große Öffnung



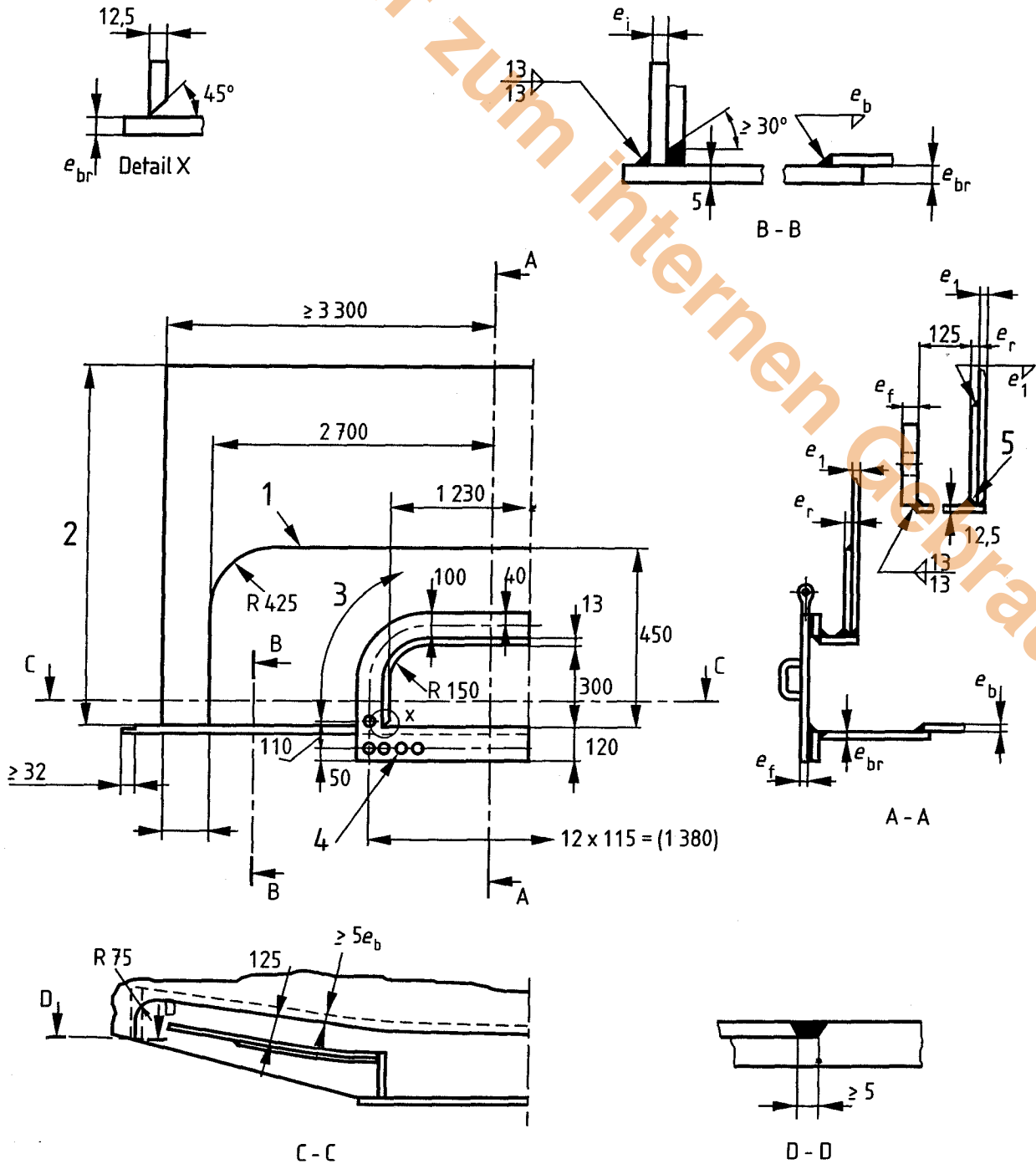
Alle Maße in Millimeter, sofern nicht anders angegeben.

Legende

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|---|--|
| e_1 | Wanddicke des unteren Mantelschusses | 1 | Verstärkungsblech |
| e_i | Dicke des Einbaublechs | 2 | Höhe des Blechs |
| e_f | Dicke von Deckel und Flansch | 3 | 32 gleiche Teilungen |
| e_{br} | Dicke des Bodenverstärkungsblechs | 4 | 46 Bohrungen, $\varnothing 28$, für Schrauben M24 |
| e_b | Dicke des Tankbodenblechs | 5 | Schweißnaht (siehe Bild 11 b)) |

Bild O.3 — Typische Reinigungsöffnung mit Verstärkungsblech für eine 915 mm x 1 230 mm große Öffnung

Nur zum internen Gebrauch

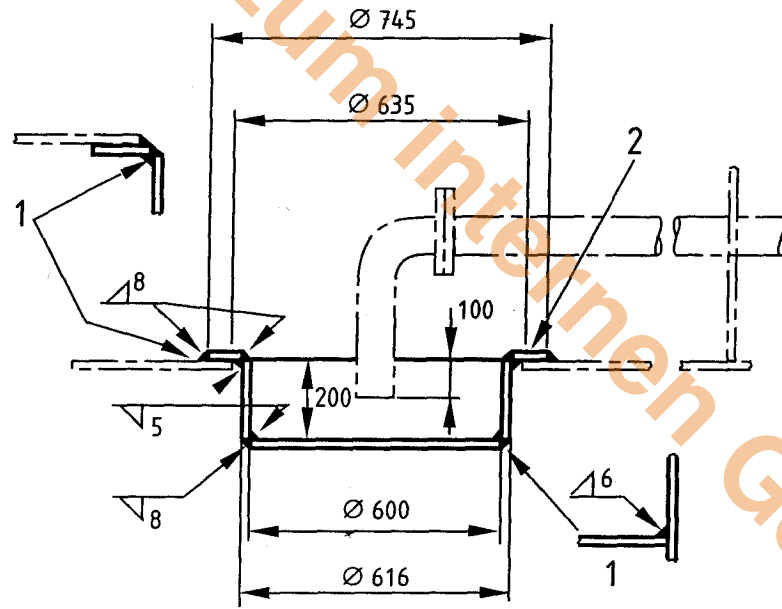


Alle Maße in Millimeter, sofern nicht anders angegeben.

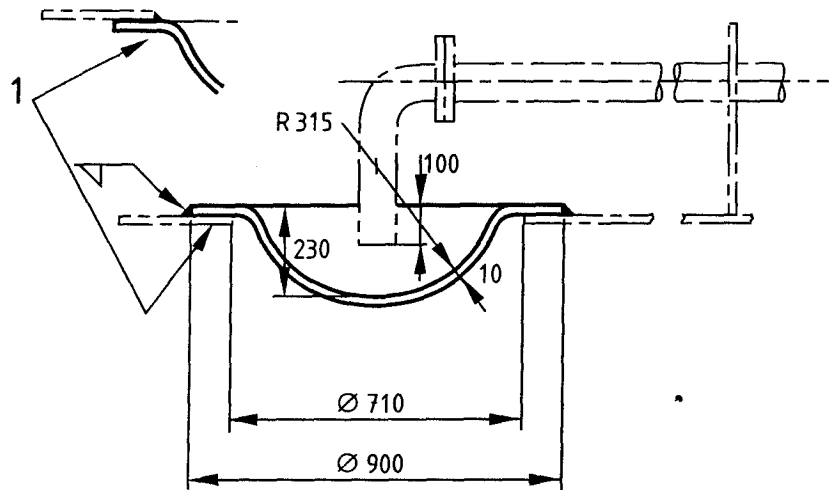
Legende

e_1	Wanddicke des unteren Mantelschusses	1	Verstärkungsblech
e_i	Dicke des Einbaublechs	2	Höhe des Blechs
e_f	Dicke von Deckel und Flansch	3	20 gleiche Teilungen
e_{br}	Dicke des Bodenverstärkungsblechs	4	34 Bohrungen, $\varnothing 28$, für Schrauben M24
e_b	Dicke des Tankbodenblechs	5	Schweißnaht (siehe Bild 11 b))

Bild O.4 — Typische Reinigungsöffnung mit Verstärkungsblech für eine 300 mm x 1 230 mm großen Öffnung



a)

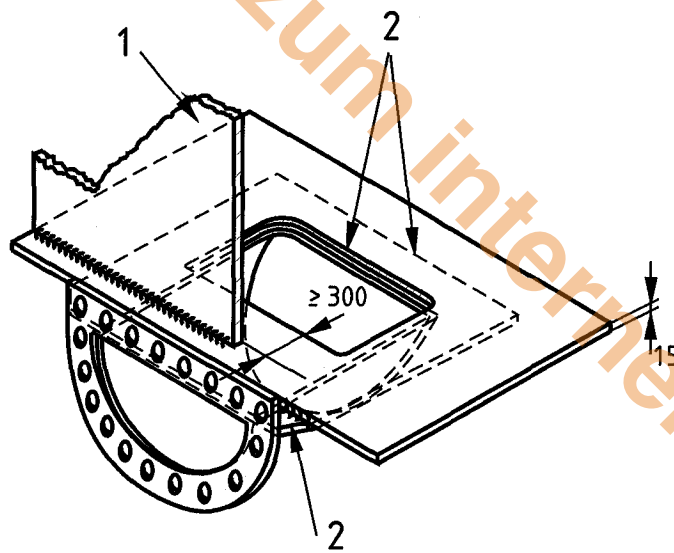


b)

Legende

- 1 Alternative Ausführung
- 2 Alternativ kann der Flansch auch eingezogen sein

Bild O.5 — Typische Ausführung von Tanksümpfen



Legende

- 1 Mantelblech
- 2 Auf der Baustelle geschweißt

Zur Sicherheit kann der Sumpf mit einem Rost abgedeckt werden.

Bild O.6 — Typische Ausführung eines kombinierten Tank- und Reinigungssumpfes

Anhang P (informativ)

Heiz- und/oder Kühlsysteme

P.1 Allgemeines

Das Lagergut kann mittels eines Wärmeübertragungsmittels geheizt oder gekühlt werden.

ANMERKUNG Der vorliegende 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 Gefahren bestimmt:

- Gefahr der Verunreinigung durch das Lagergut;
- Gefahr einer exothermen Reaktion;
- Explosionsgefahr.

P.3 Arten von Heiz- und/oder Kühlsystemen

Folgende Heiz- und Kühlsysteme können verwendet werden:

Im Tankboden:

- waagerechte Rohrschlangen;
- durch Sammler verbundene waagerechte oder senkrechte Standardgeräte;
- geschweißte Platten (mit unterschiedlichen Oberflächen).

Am Tankmantel:

- senkrechte Rohrschlangen an der Tankinnen- oder -außenseite;
- geschweißte Platten (mit unterschiedlichen Oberflächen).

Im Tankdach:

- Plattenwärmetauscher mit geschweißten oder abnehmbaren Platten;
- Rohrschlangen.

Außerhalb des Tanks:

- externe Wärmetauscher.

P.4 Einbau

Art, Ausführung, Maße und Einbauort der Heizung/Kühlung sollten von qualifiziertem Personal festgelegt werden.

Abnehmbare oder teilweise abnehmbare Systeme werden im Allgemeinen über dem Tankboden installiert. Sie können 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 sedimentartigen Produkten noch höher angebracht werden. Die Einbauhöhe kann auch von den Reinigungszyklen des Tanks abhängen.

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 betrachtet werden kann, sollte er nach EN 13445 bzw. EN 13480 ausgelegt, hergestellt, eingebaut und geprüft werden. Eine Druckprüfung sollte ebenfalls durchgeführt werden, wenn die für das verwendete Wärmeübertragungsmittel geltenden Bestimmungen 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 ein- oder mehrlagig angeordnet werden;
- über einen oder mehrere Einlässe verfügen.

Die für den Kreislauf verwendeten Rohre sollten aus einem mit dem Lagergut kompatiblen Metall hergestellt sein. Je nach Wärmeaustauschkoefizient und Reinigungsanforderungen sollten glatte oder gerippte Rohre verwendet werden.

Abhängig vom Lagergut und aus Sicherheitsgründen können Verstrebungen an Heizkreisläufen unzulässig sein.

Die Halterungen für das Heiz- oder Kühlgerät 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. Wenn häufige Temperaturechsel 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 sollte als Stützen mit Verstärkung ausgeführt werden, da der Tankmantel generell 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. Darüber hinaus sollen die Angaben insbesondere die Vorkehrungen für die geeignete Befestigung des Isoliermaterials erleichtern, die fester Bestandteil der Tankherstellung sind. Die Empfehlungen dieses Anhangs 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 an der Tankwand erforderlich ist.

Für die Auswahl geeigneter Ausführungen und Verfahren zur Befestigung der Dämmung sei 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. Dies gilt auch für eine möglicherweise erforderliche Dämmung des Tankdachs.

Bei kleinen Tanks ist die sichere Befestigung der Dämmung kein Problem, bei Tanks mit Durchmessern von 10 bis 15 m ergeben sich jedoch beträchtliche Probleme durch Windlasten, Unterdruckeffekte, unterschiedliche Wärmeausdehnung und Ausdehnung durch den Flüssigkeitsdruck. Bei mehr als 12 m langen Matten 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 geeignet sein mag, können bei großen Tanks durch Schweißarbeiten Werkstoffeigenschaften oder Stabilität beeinträchtigt werden. Das Schweißen an großen Tanks ist jedoch zulässig, wenn es bei der Auslegung 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 angewandt werden sollte.

Grundsätzlich sollten durch Anbauteile am gesamten Umfang und über die Höhe des Tanks verteilt Befestigungspunkte geschaffen werden, an denen senkrechte oder waagerechte Halterungen angebracht werden können. Tragwerk und Anbauteile sollten so ausgelegt werden, dass die Eigenlasten und die am Standort erwarteten überlagerten Windlasten auf den Tank übertragen werden.

Aspekte der Auslegung, die in diesem Anhang nicht behandelt werden, sollten den Anforderungen dieses Dokuments entsprechen.

Grundlegende Überlegungen zu den Verfahren, mit denen geeignete Dämmsysteme erreicht werden, sind im weiteren Verlauf dieses Anhangs gegeben. 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;
- d) Sprühschaum.

Für bestimmte Anwendungsfälle kann ein komplettes System mit Befestigung und Witterungsschutz geeignet sein. Die Verwendung derartiger Systeme sollte vereinbart werden (siehe A.2). Das Element des Systems, das zur Befestigung dient und Bestandteil des Tanks ist, sollte eindeutig spezifiziert werden.

In diesem Anhang sind gesonderte Hinweise für den Konstrukteur und den Errichter des Tanks gegeben.

ANMERKUNG Die Empfehlungen dieses Anhangs können auch für den nachträglichen Einbau einer Dämmung an bestehenden Tanks verwendet werden.

Q.2 Allgemeine Auslegungsbetrachtungen

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 Befestigungssystem der Dämmung;
- e) die Vorkehrungen zum Schutz der Dämmung und ihrer Befestigung vor Witterungseinflüssen.

Das Dämmsystem sollte zwischen dem Tankkonstrukteur, dem Auftragnehmer für die Dämmung und dem Besteller vereinbart werden..

Das Dämmsystem einschließlich der Befestigung 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 angeführten 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.

Vorgespräche mit den Auftragnehmern für die Dämmung können bei der Auswahl geeigneter Systeme und der erforderlichen Befestigungsart hilfreich sein.

Q.2.2 Eigenlast

Eigenlasten resultieren aus dem Gewicht aller Elemente des Dämmsystems.

Q.2.3 Windlast

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 Dämmung 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. Den genauen Wert dieser Ausdehnung, der bei der Auslegung des Dämmsystems zu berücksichtigen ist, sollte der Tankkonstrukteur angeben.

Q.3 Befestigung

Q.3.1 Allgemeines

Bei den Befestigungen werden folgende Typen unterschieden.

- a) Primäre Halterungen, die als Bestandteile des Befestigungssystems unmittelbar an der Tankoberfläche angebracht werden;
- b) sekundäre Halterungen, die als Bestandteile des Befestigungssystems nicht unmittelbar an der Tankoberfläche, sondern an primären oder anderen sekundären Halterungen angebracht werden.

Geeignete 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;
- 3) ein im Wesentlichen selbsttragender Rahmen.

Schweißen ist das vorzugsweise anzuwendende Befestigungsverfahren, ist aber nicht immer möglich. Wenn auch in jedem Fall alle Beteiligten dem gewählten System zustimmen müssen, 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. Ggf. legt der Auftragnehmer für die Dämmung dem Tankkonstrukteur Einzelheiten der Berechnung zur Genehmigung vor;
- ii) im Fall 3) ist das außen angebrachte Tragwerk oder die Rahmenkonstruktion als Bestandteil des Dämmsystems anzusehen, das vom Auftragnehmer für die Dämmung zu liefern ist. Auslegung und Errichtung sollten mit dem Tankkonstrukteur abgestimmt werden.

Die Maße der 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 Halterungen, die Bestandteil des Tanks sind. Der Tankerrichter sollte verantwortlich sein für die Anbringung der primären Halterungen an der Tankmanteloberfläche. Das Schweißen der primären Halterungen sollte vor der Wasserdruckprüfung abgeschlossen sein. Die Anzahl der an Stahl mit einer festgelegten Streckgrenze $\geq 275 \text{ N/mm}^2$ durch Mehrfachschweißen angebrachten primären Halterungen sollte auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Der von Mitte zu Mitte gemessene Abstand zwischen benachbarten Halterungen sollte mindestens 3 m betragen. Sämtliche Schweißnähte sind glatt zu schleifen und einer Magnetpulverprüfung zu unterziehen (siehe 19.6). Die Halterungen sollten wie folgt ausgeführt sein:

- a) Als Halterungsplatten (mindestens $100 \times 100 \text{ mm}$ groß), 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).

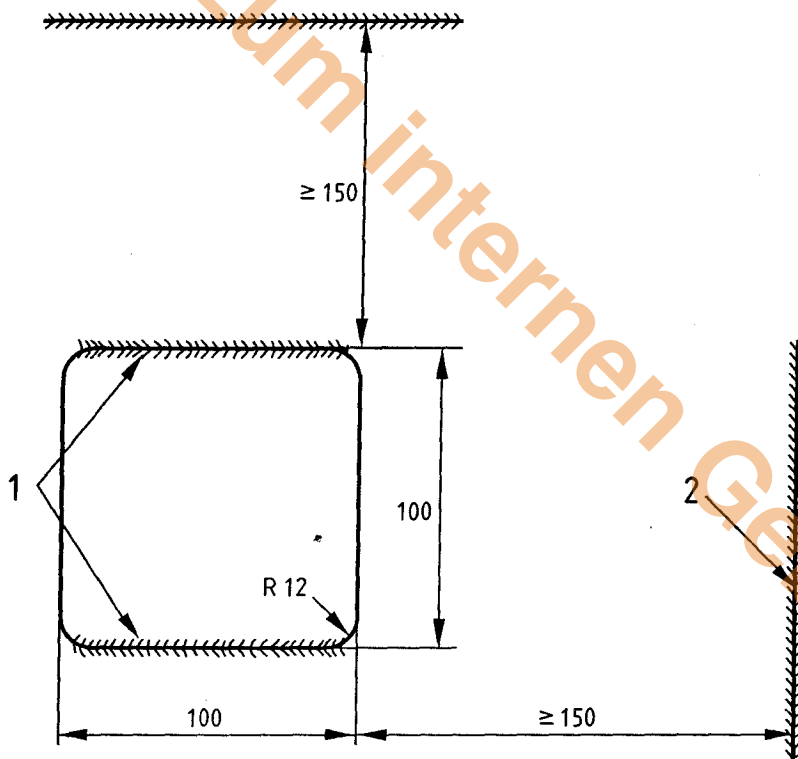
Die Werkstoffe der primären Halterungen sollten nach den Anforderungen in Abschnitt 6 dieses Dokuments ausgewählt werden. In den Fällen a) und b) können sekundäre Halterungen an den Halterungsplatten, Blechen oder Leisten angeschweißt oder befestigt werden. Bei am Tankumfang angebrachten Halterungswinkeln 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 bis 3 m angeordnet werden. Die Abmessungen 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 Elementen sollte nicht mehr als $\pm 15 \text{ mm}$ von den festgelegten Abmessungen, zwischen den obersten und untersten Elementen nicht mehr als $\pm 25 \text{ mm}$ von den festgelegten Abmessungen abweichen. Der vorstehende Schenkel der Winkel sollte etwas nach unten gerichtet sein, damit Wasser ablaufen kann.

Q.3.3 Angeklebte Halterungen

Q.3.3.1 Allgemeines

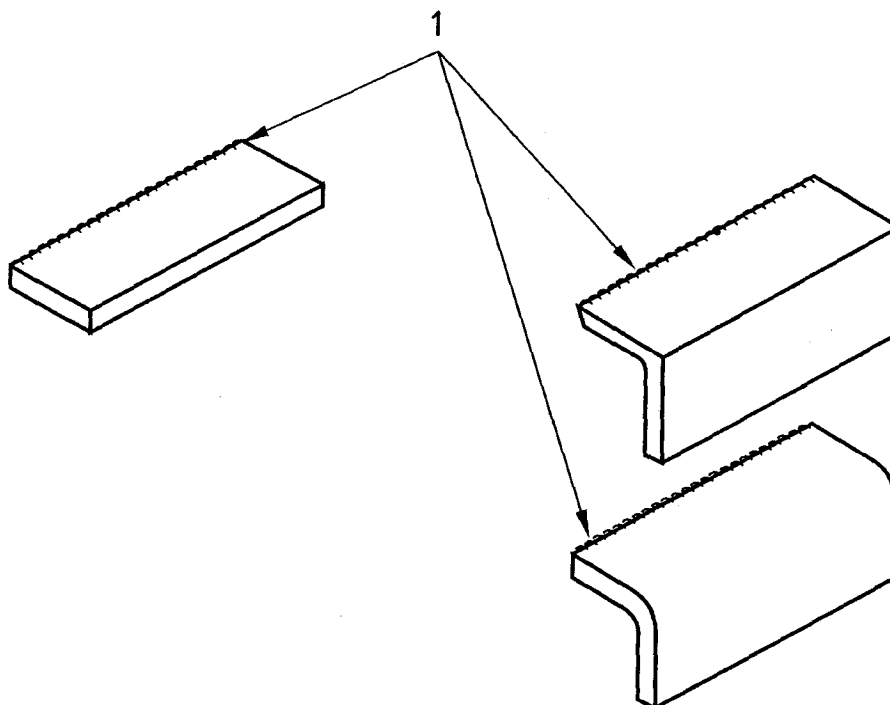
Werden die Halterungen an den Tankmantel angeklebt, sollten verwendete Werkstoffe und angewandte Verfahren den mechanischen und thermischen Belastungen bei Betrieb des Tanks standhalten. Die Tankmanteloberfläche um die Befestigungsstelle und die Kontaktfläche der Halterungen sollten sandgestrahlt werden 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, insbesondere die Temperatur zum Zeitpunkt der Verarbeitung, berücksichtigt werden. Verfahrens-, Zulassungs- und Abnahmeprüfungen sollten nach der Festlegung durchgeführt werden (siehe A.1).



Legende

- 1 Durchgehende Schweißnaht
- 2 Mantelschweißnaht

Bild Q.1 — Halterungsplatten



- 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 Prüfung sollte die Befestigung für einen Zeitraum von mindestens zwei Monaten den Temperaturen und ggf. Temperaturzyklen, die auf den Tankmantel im Betrieb einwirken, ausgesetzt werden.

Q.3.3.3 Zulassungsprüfungen

Die Klebeverbindungen sollten nur von zugelassenem Personal ausgeführt werden; das für die Arbeit vorgesehene Personal sollte die Zulassungsprüfung innerhalb eines Monats vor Beginn der Arbeiten abgelegt haben. Die Zulassungsprüfung sollte sechs Klebeverbindungen umfassen, die nach dem vorgeschlagenen Verfahren und im Beisein von Prüfern entsprechend der Vereinbarung zwischen Besteller und Tankkonstrukteur hergestellt werden.

Die nach dem vereinbarten Verfahren geprüften Verbindungen sollten mindestens das 12fache der erforderlichen Festigkeit aufweisen.

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, sollten sämtliche mit Klebstoff dieses Loses angebrachte Halterungen ersetzt werden.

Q.3.4 Außen angebrachte Tragrahmen

In bestimmten Fällen kann ein Tragrahmen geeignet sein, 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 Halterungen

Die Auslegung von sekundären Halterungen und ihre Befestigung an der primären Halterung ist Aufgabe des Auftragnehmers für die Dämmung und bedarf der Zustimmung des Tankkonstruktors. Bohrungen in an den Tankmantel angeschweißte Halterungen sollten gebohrt, nicht gestanzt werden. Gegebenenfalls verwendete Schneidschrauben sollten einen maximalen Durchmesser von 6 mm aufweisen.

Q.3.6 Dachdämmung

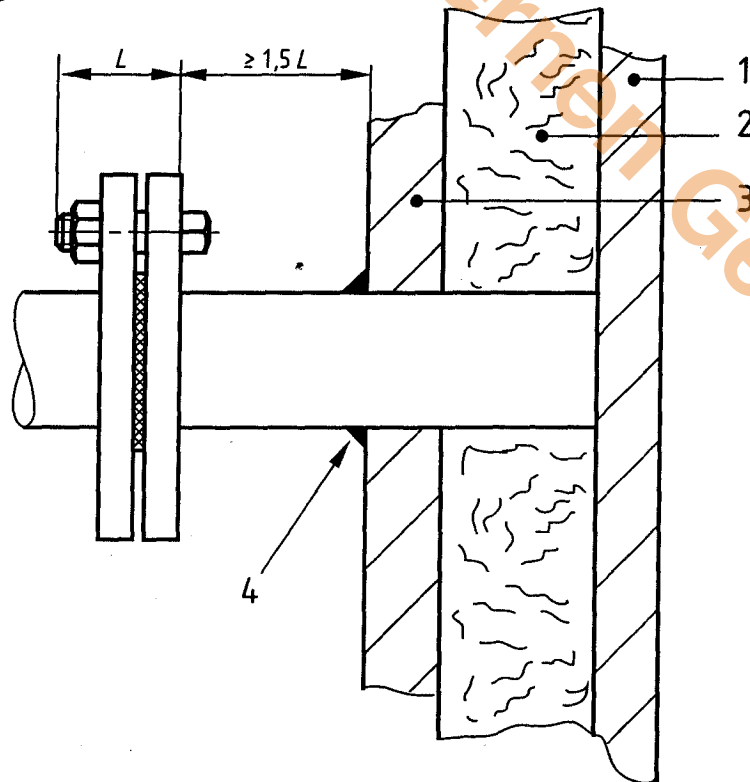
Eine möglicherweise erforderliche Dämmung des Daches sollte frühzeitig mit berücksichtigt werden. Das Dach sollte eine ausreichende Steifigkeit aufweisen, um die Durchbiegung auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Die Dachneigung sollte so gewählt werden, dass die Dämmung ausreichend gegen Witterungseinflüsse geschützt ist.

Bei Tanks, bei denen der Mantel, nicht aber das Dach gedämmt ist, sollte durch Berechnungen überprüft werden, ob die Spannungen, die im Tragwerk des Daches durch unterschiedliche Temperaturen von Dachblechen und Tragwerk hervorgerufen werden, zulässig sind. Temperaturunterschiede ergeben sich z. B. dann, wenn kalter Regen auf das Dach fällt.

Q.4 Einzelheiten der Auslegung

Q.4.1 Stutzen und Mannlöcher

Sofern nicht anders vereinbart, sollten Stutzen und Mannlöcher mit Flanschen aus dem Tankmantel über eine Länge herausragen, die mindestens der Dicke der Dämmung plus dem 1,5fachen der Schraubenlänge entspricht (siehe Bild Q.3). Ragt ein Stutzen weiter aus dem Tankmantel, sollte er gedämmt werden (siehe Q.6.1). Liegen mehrere Stutzen eng zusammen, sollten sie versetzt angeordnet werden, sodass der Abstand zwischen den gedämmten Flanschen mindestens 50 mm beträgt. Die Stutzen und Mannlöcher, die zu dämmen sind, sollten eindeutig gekennzeichnet sein.



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Dämmung
- 3 Verkleidung
- 4 Flüssigkeitsdichtung

Bild Q.3 — Typische Ausführung von Stutzen oder Mannlöchern mit Flansch

Q.4.2 Verbindungen von Treppen

Bei Treppen mit zwei Stützbalken sollte der innere Stützbalken so weit vom Tankmantel 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 (Windverband)

Waagerechte Halterungen sollten in Abständen von nicht mehr als 300 mm unter und 150 mm über Versteifungsringen (Windverband) angebracht werden. Zwischenversteifungen sollten, sofern sie nicht an der Innenseite des Tankmantels angeschweißt sind, in die Dämmung einbezogen werden.

Q.4.4 Dachüberstand

Ist das Tankdach mit einem Überstand über den Tankmantel ausgelegt, 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.

Q.4.5 Versteifungsringe (Windverband)

In bestimmten Fällen ist es wünschenswert, Versteifungsringe an der Innenseite des Tankmantels anzubringen (siehe Q.6.3).

Q.4.6 Außenliegende Versteifungsringe (Windverband) und Dämmung zwischen Tankboden und -mantel

Außenliegende Versteifungsringe und eine Dämmung zwischen Tankboden und -mantel stellen Störstellen in der Tankhülle dar und bedürfen deshalb der genauen Untersuchung durch die Konstrukteure von Dämmsystem und Tank, 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, sollten bei der Errichtung verursachte Schäden der Grundierung ausgebessert werden.

Wird die Dämmung erst am Standort aufgesprüht oder aufgeschäumt, 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, sollten Maßnahmen zum Schutz gegen halogeninduzierte beschleunigte Korrosion in Betracht gezogen werden.

Q.6 Dämmung

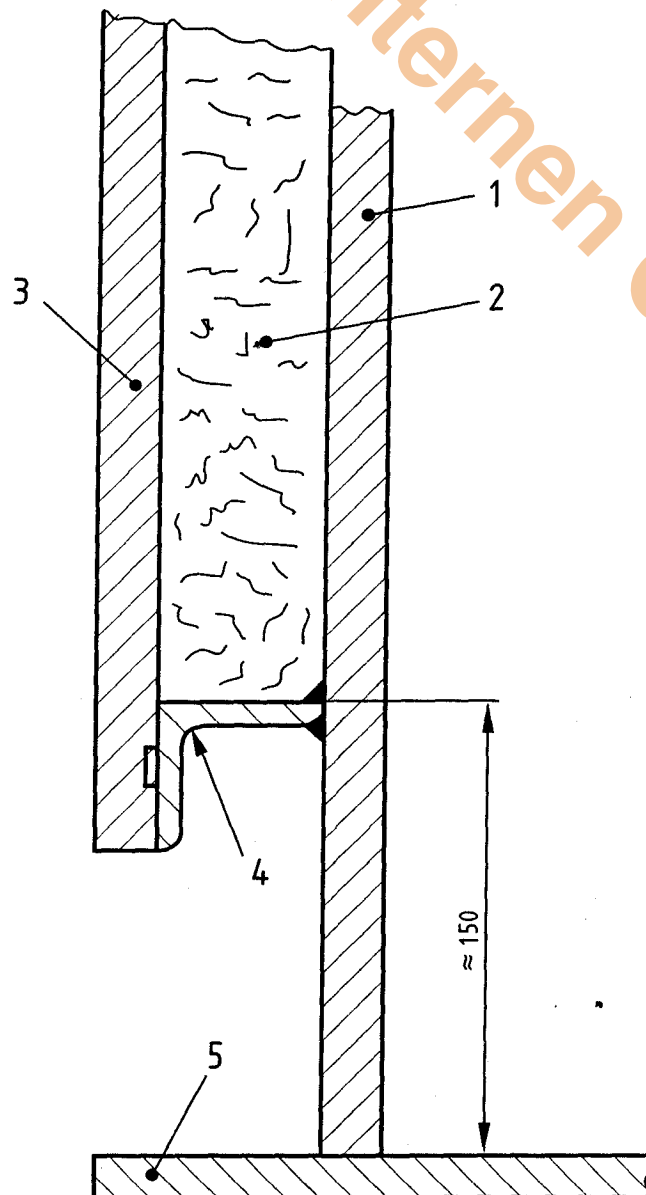
Q.6.1 Allgemeines

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). Wenn das der Fall ist, sollte der Tankmantel unterhalb der untersten waagerechten Halterung mit verschäumten Glaselementen, die mit Bitumen oder einem anderen geeigneten Klebstoff angebracht werden, gedämmt 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).

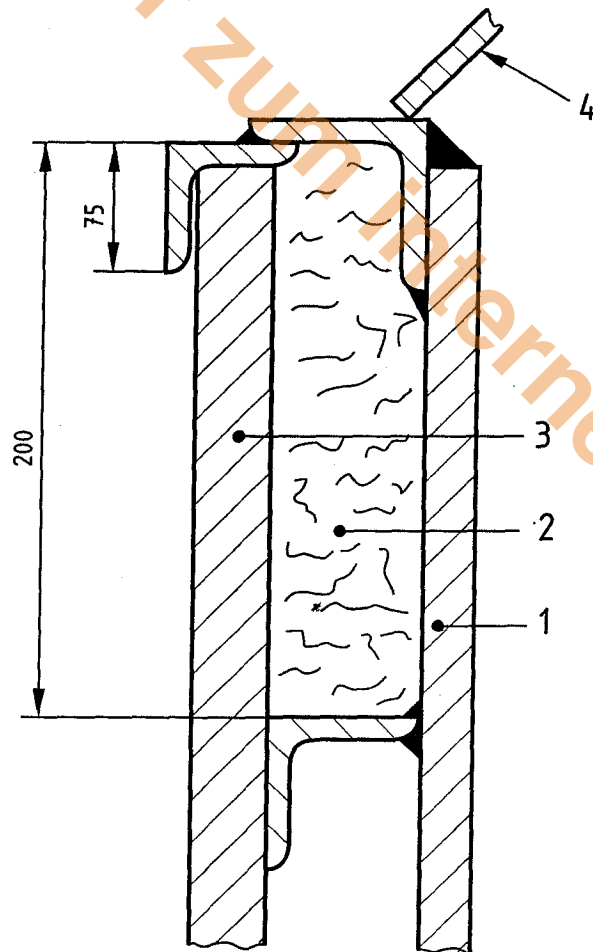
Maße in mm



Legende

- 1 Tankmantel
- 2 Dämmung
- 3 Verkleidung
- 4 Untere Halterung
- 5 Boden- oder Bodenrandblech

Bild Q.4 — Typischer Abschluss der Dämmung im Bereich des Tankbodens

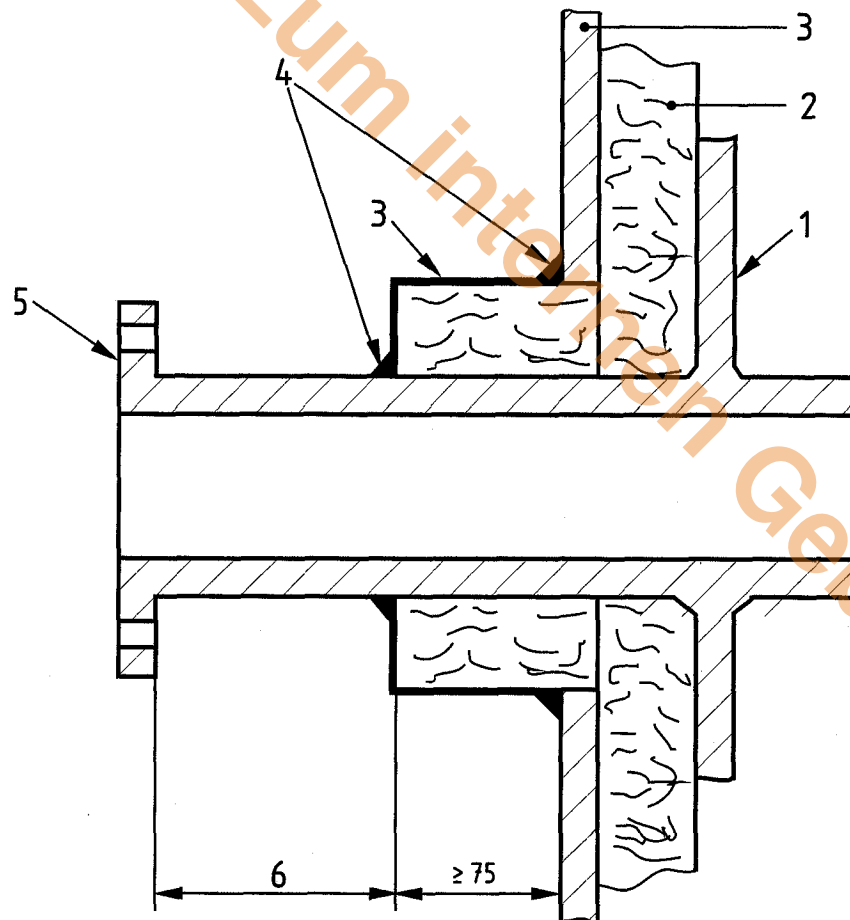
**Legende**

- 1 Tankmantel
- 2 Dämmung
- 3 Verkleidung
- 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 (siehe Bild Q.3) entspricht. Ist ihr Vorsprung größer, sollten sie gedämmt werden, bevor die Hauptdämmung an Mantel und Dach angebracht wird (siehe Bild Q.6).

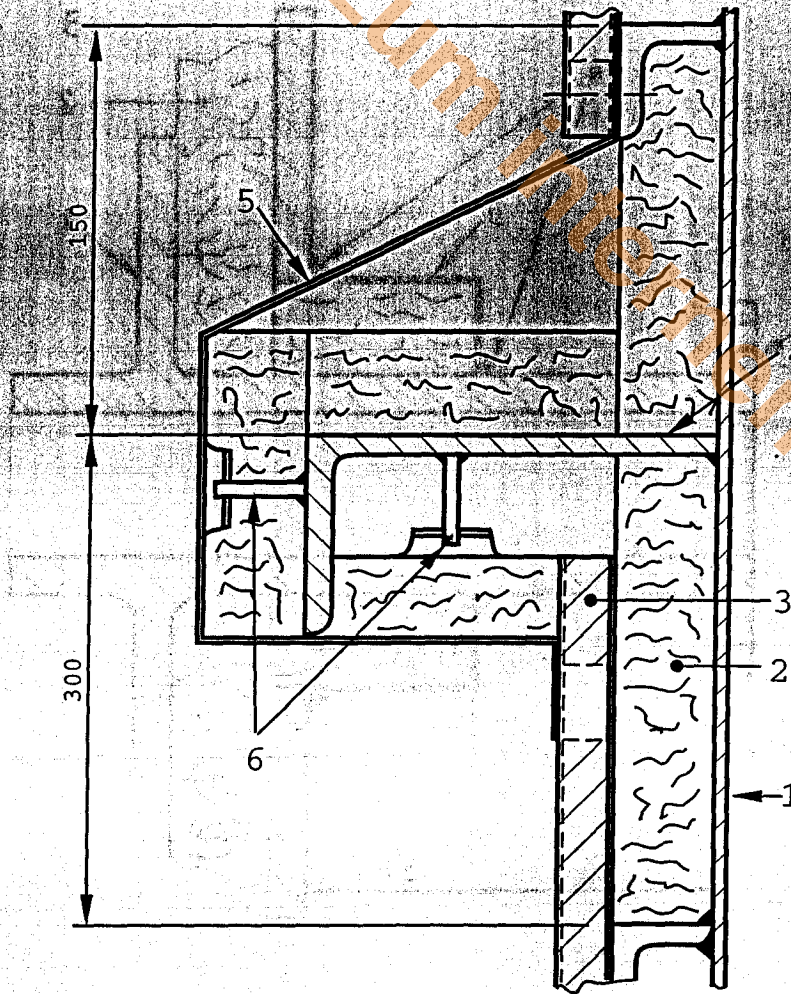
**Legende**

- 1 Tankmantel
- 2 Dämmung
- 3 Verkleidung
- 4 Flüssigkeitsdichtung
- 5 Stützenflansch
- 6 > 1½fache Schraubenlänge

Bild Q.6 — Typische Ausführung von Stützen oder Mannloch mit zusätzlicher Dämmung

Q.6.3 Versteifungsringe (Windverband)

Versteifungsringe und zugehörige Halterungen sollten in die Dämmung einbezogen werden, um Temperaturunterschiede zu vermeiden. 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
- 2 Dämmung
- 3 Verkleidung
- 4 Versteifungsring
- 5 Versteifungsstrebe
- 6 Stifte aus Baustahl (6 mm)

Bild Q.7 — Typische Ausführung einer örtlichen Dämmung am Versteifungsring (Windverband)

Die örtliche Dämmung am Versteifungsring ist eine wichtige Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Vermeidung von Frostschäden an der Tankwand. Die Dämmung wird in Form von Dämmstreifen oder -blöcken ausgeführt, die an den Versteifungsringen angebracht sind. Die Dämmung muss so ausgeführt werden, dass sie eine vollständige Dämmung der Tankwand gewährleistet und keine Wärmebrücken entstehen. Die Dämmung sollte aus einem nicht brennbaren Material bestehen und eine ausreichende Dämmstärke aufweisen. Die Dämmung ist mit einer Verkleidung zu versehen, die die Dämmung vor mechanischen Beschädigungen schützt und die äußere Oberfläche des Tanks darstellt.

Q.7 Verkleidung

Q.7.1 Allgemeines

Eine Verkleidung der Dämmung ist üblich. Die Wirksamkeit einer Dämmung hängt besonders von 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 sauber, fett- und korrosionsfrei und vor der Errichtung 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 sollte aus Wellblechen aus Aluminium oder feuerverzinktem Stahl bestehen, die an den Halterungen 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 Mindestdicke der Bleche sollte betragen:

- a) 1,0 mm für Aluminium,
- b) 0,7 mm für feuerverzinkten oder kunststoffbeschichteten Stahl.

Aluminiumbleche sollten EN 573-3:1995, Güte EN AW 3103, 3105 oder 5251, entsprechen.

Feuerverzinkter Baustahl sollte EN 10326 entsprechen.

In waagerechter Richtung sollte die Überlappung benachbarter Verkleidungsplatten mindestens eine Welle betragen; die Platten 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 den maximalen Windkräften nach der Auslegung standzuhalten.

In senkrechter Richtung sollten die Verkleidungsplatten darunter liegende Platten mindestens um 75 mm überlappen und mit Blindnieten mit Linsenkopf in einem Abstand vom Plattenrand von mindestens 25 mm an diesen befestigt werden.

Die Verkleidungsplatten sollten mit Befestigungsteilen an den Halterungen 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 Mindestdicke bestehen:

- a) 1,0 mm für Aluminium,
- b) 0,9 mm für feuerverzinkten oder kunststoffbeschichteten Stahl.

Die Überlappungen 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 in Abständen von höchstens 75 mm erfolgen.

Es ist darauf zu achten, dass über den Dachrand ablaufendes Regenwasser die Stabilität 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/m^3 bestehen.

Der Dämmstoff sollte an den waagerechten Halterungen angebracht und bei einer Verkleidung aus verzinktem Stahl mit (mindestens) 1 mm dickem verzinktem Bandagedraht, bei 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 Halterungen eingepasst werden, dass alle Kanten stumpf aneinander stoßen. Senkrechte Stöße eines Schusses sollten zu denen der benachbarten Schüsse versetzt sein. Die Bandagedrähte sollten in Abständen von höchstens 450 mm angebracht werden, wobei jede Platte mit mindestens zwei Drähten befestigt wird.

Q.8.1.2 Dämmplatten oder -blöcke aus anderen Werkstoffen mit Metallverkleidung

Alternativ zu Mineralwolle können als Wanddämmung auch vorgeformte Platten aus Polyurethan oder Polyisocyanurat verwendet werden. Die Platten können entweder auf gleiche Weise befestigt werden wie Mineralwolle (siehe Q.8.1.1) oder mit einem für die Betriebstemperatur geeigneten Klebstoff angeklebt werden.

Unter bestimmten Bedingungen können auch ausgeschäumte Glasblöcke erforderlich sein. Sie sollten mit 20 mm breiten und 0,8 mm dicken Bändern aus kompatibelem Material in Abständen von höchstens 450 mm an senkrechten Streben befestigt werden, die an höchstens 12 m auseinander liegenden waagerechten Halterungen angebracht werden sollten. Alternativ können 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 gewährleistet und mit dem Auftragnehmer für die Dämmung zu vereinbaren ist.

Q.8.2 Einbringen von Schaum hinter die Verkleidung 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 und 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 Verformung 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. 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 zugelassen sein.

Der Auftragnehmer für die Dämmung sollte die Umgebungs- und Substrattemperaturen angeben, bei denen 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 prüfen.

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 Umgebungs- und Substrattemperaturen angeben, bei denen zufrieden stellende Arbeitsergebnisse erzielt werden.

Die Dicke des Sprühschaums sollte die Auslegungsdicke nicht unterschreiten. Die Güte des Schaums sollte zwischen Besteller und Auftragnehmer für die Dämmung vereinbart werden. 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 prüfen.

Eine gegebenenfalls erforderliche Oberflächenbeschichtung zum Schutz gegen Witterungseinflüsse sollte nach dem vollständigen Aushärten des Schaums vorzugsweise aufgesprüht werden, und zwar in zwei Schichten mit unterschiedlichen Farben. Ist ein besonderer Schutz gegen mechanische Schäden und/oder Beschädigungen durch Vögel gefordert, sollte ein vereinbartes Verstärkungsmaterial zwischen den beiden Schichten 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 dangebracht werden.

Q.8.4 Dachdämmung

Eine Dämmung aus Mineralwolle mit Verkleidung sollte nach Q.3.5 und Q.3.6 befestigt werden, wobei ein Abstand 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 in 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 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. Bereiche, in denen Hebevorrichtungen verwendet wurden, sind zu reinigen und glatt zu schleifen.

Die Innenflächen dürfen keine Schweißgutspritzer aufweisen.

R.1.2 Tanks aus unlegierten Stählen

In Bereichen, 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, 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 heiß gereinigt und anschließend sterilisiert werden, um sämtliche Spuren des 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 Prüfungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;
 - Prüfung 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 mm betragen;
- der Bogenradius muss $r \geq 4 D$ sein;
- alle Teile müssen gebeizt und passiviert werden;
- folgende Prüfungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;
 - Prüfung auf Wurzeleinbrand;
 - Stichprobenprüfung der Eckradien;
 - Stichprobenprüfung 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, die Oberflächenrauheit muss im Mittel $Ra \leq 2,5 \mu\text{m}$ 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 Prüfungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;
 - Prüfung auf Wurzeleinbrand;
 - Prüfung der Eckradien mit Lehre;
 - Stichprobenprüfung der Rauheit.

Rohre und Anbauteile:

- Sämtliche Oberflächen müssen zu 100 % poliert sein, die Oberflächenrauheit muss im Mittel $Ra \leq 2,5 \mu\text{m}$ betragen;
- der Wurzeleinbrand muss zwischen -0 mm und +0,5 mm betragen;
- Rohrbögen mit großem Radius aus nahtlosem, geschweißtem Rohr mit glatt geschliffener Naht;
- die Eckradien müssen, wo durchführbar, mindestens 6 mm betragen;
- alle Teile müssen gebeizt und passiviert werden;
- folgende Prüfungen sind durchzuführen:
 - 100-%-Sichtprüfung;
 - Prüfung auf Wurzeleinbrand (endoskopisch);
 - Prüfung 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. Bereiche, in denen Hebevorrichtungen verwendet wurden, sind zu reinigen und glatt zu schleifen.

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 hydrostatischen Prüfung 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 Richtlinie Nr. 94/63/EC des Europäischen Parlaments und des Rates [5] ist zu beachten.

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.

**NUR FÜR INTERNEN GEBRAUCH
VERVIELFÄLTIGUNG VERBOTEN!**