

DIN EN 13094



ICS 13.300; 23.020.20

EntwurfEinsprüche bis 2019-07-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13094:2015-07**Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter –
Metalltanks mit Entleerung durch Schwerkraft –
Auslegung und Bau;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13094:2019**

Tanks for the transport of dangerous goods –
Metallic gravity discharge tanks –
Design and construction;
German and English version prEN 13094:2019

Citernes destinées au transport de matières dangereuses –
Citernes métalliques à vidange par gravité –
Conception et construction;
Version allemande et anglaise prEN 13094:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-05-31 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natank@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

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

Gesamtumfang 205 Seiten

DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13094:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 296 „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 104-03-23 AA „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Auslegung und Bau von Tanks“ im DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank).

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13094:2015-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert;
- b) Anwendungsbereich geändert;
- c) in Unterabschnitt 6.8.2.2 (alte Nummerierung: 6.9.2.2) wurde eine neue Maßnahme zum Schutz gegen Beschädigungen aufgenommen;
- d) der Unterabschnitt über Halterungen für die Bedienungsausrüstung (alt: 6.10.4, jetzt: 6.9.5) wurde überarbeitet;
- e) der Unterabschnitt über Trennwände, Schwallwände und Schwallbleche (alt: 6.11, jetzt: 6.10) wurde überarbeitet;
- f) für den Schutz von Bedienungsausrüstung auf der Tankoberseite wurde zusätzlich ein alternativer Stahl und bei Verwendung von Längs- und Querträgern wurden zusätzliche Anforderungen für Entwässerung hinzugefügt;
- g) die Verweisungen wurden aktualisiert, insbesondere bezüglich der Normen zum Schweißen und für zerstörungsfreie Prüfverfahren;
- h) Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung wurden entfernt (jetzt in EN 12972 enthalten);
- i) Anforderungen an Ausschnitte, Ausbuchtungen und Rohrleitungen wurden hinzugefügt;
- j) die Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen wurden verschärft;
- k) Druckfehler wurden korrigiert;
- l) der Abschnitt A.3 „Spannungsanalyse nach dem Finite-Elemente-Verfahren“ wurde grundlegend neu gefasst.

Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Metalltanks mit Entleerung durch Schwerkraft — Auslegung und Bau

Citernes destinées au transport de matières dangereuses — Citernes métalliques à vidange par gravité — Conception et construction

Tanks for the transport of dangerous goods — Metallic gravity discharge tanks — Design and construction

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D
STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Symbole.....	9
3.3 Abkürzungen	11
4 Bedienungsausrüstung.....	11
5 Werkstoffe.....	11
5.1 Allgemeines.....	11
5.2 Werkstoffeigenschaften	11
5.2.1 Kerbschlagzähigkeit.....	11
5.2.2 Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung.....	11
5.3 Kompatibilität von Tankkörperwerkstoffen mit den zu befördernden Stoffen.....	13
6 Auslegung.....	13
6.1 Querschnitt des Tankkörpers.....	13
6.1.1 Allgemeines.....	13
6.1.2 Anforderungen an Tankkörper mit nicht kreisrundem Querschnitt.....	13
6.1.3 Sumpfe und andere vorstehende Teile außerhalb des Tankkörpers.....	14
6.1.4 Seitliche oder untenliegende, in die Kontur des Tankkörpers einbeschriebene Ausschnitte.....	14
6.2 Nachweis der Auslegung	15
6.3 Dynamische Bedingungen	16
6.4 Überdruckbedingungen	17
6.5 Unterdruckbedingungen.....	17
6.6 Auslegungstemperatur.....	17
6.7 Auslegungsspannung.....	17
6.8 Ausgewählte Dicken	17
6.8.1 Mindestwanddicke des Tankkörpers.....	17
6.8.2 Reduzierung der Dicke des Tankkörpers	18
6.9 Öffnungen im Tankkörper, Kragenringe und Verschlüsse	22
6.9.1 Allgemeines.....	22
6.9.2 Untersuchungsöffnungen und Einsteigeöffnungen.....	22
6.9.3 Kragenringe und Verschlüsse.....	23
6.9.4 Deckel	23
6.9.5 Halterungen für die Bedienungsausrüstung.....	23
6.10 Trennwände im Tankkörper, Schwallwände und Schwallbleche.....	23
6.11 Befestigungseinrichtungen des Tankkörpers	24
6.12 Andere Anbauteile an den Tankkörper.....	24
6.13 Im Tankkörper fest eingebaute Rohrleitungen.....	24
6.13.1 Allgemeines.....	24
6.13.2 Durch den Tankkörper geführte Entwässerungsleitungen der Tankoberseite	25
6.13.3 Durch den Tankkörper geführte Versorgungsleitungen.....	25
6.14 Schutz der an der Tankoberseite angebrachten Bedienungsausrüstung.....	25
6.14.1 Allgemeine Anforderungen.....	25

6.14.2	Mindestanforderungen.....	26
6.15	Elektrische Verbindung und Erdung.....	34
7	Herstellung des Tankkörpers.....	35
7.1	Allgemeines.....	35
7.2	Schneiden und Kantenvorbereitung.....	35
7.3	Umformung.....	36
7.3.1	Allgemeines.....	36
7.3.2	Warmumformen — zusätzliche Anforderungen.....	36
7.4	Schweißen.....	36
7.4.1	Qualifikation.....	36
7.4.2	Schweißverbindungen.....	36
7.4.3	Vorübergehend angebrachte Anbauteile.....	37
7.4.4	Untersuchung und Prüfung von Schweißnähten.....	37
7.5	Herstellungstoleranzen.....	37
7.5.1	Allgemeines.....	37
7.5.2	Ausrichtung der Bleche.....	37
7.5.3	Formfehler.....	38
7.5.4	Dicke.....	38
7.5.5	Böden.....	38
7.6	Ausbesserung von Fehlern.....	38
7.6.1	Allgemeine Anforderungen.....	38
7.6.2	Ausbesserung von Schweißfehlern.....	39
8	Kennzeichnung.....	39
8.1	Direkte Kennzeichnung des Tanks.....	39
8.2	Kennzeichnung von Tankschildern.....	39
Anhang A (normativ)	Nachweisverfahren zur Tankauslegung.....	40
A.1	Allgemeines.....	40
A.2	Dynamische Prüfung - Verfahren zum Nachweis der Belastungen nach 6.3.2.....	40
A.2.1	Allgemeines.....	40
A.2.2	Prüfprogramm.....	41
A.3	Finite-Elemente-Verfahren.....	41
A.3.1	Allgemeines.....	41
A.3.2	Auswahl der Software.....	42
A.3.3	Validierung.....	42
A.3.4	Finite-Elemente-Netz.....	43
A.3.5	Netzkriterien.....	43
A.3.6	Zulassung.....	44
A.3.7	Anforderungen an die Verfahren zur Spannungsermittlung.....	44
A.3.8	Bewertungskriterien.....	45
A.3.9	Archivierbare Aufzeichnung.....	47
A.4	Referenzauslegung.....	47
A.5	Berechnungsverfahren - Arbeitsblatt.....	48
A.5.1	Einleitung.....	48
A.5.2	Symbole und Einheiten.....	50
A.5.3	Ausgewählte Dicken.....	56
A.5.4	Verbindliche Dicken.....	57
A.5.5	Nachweis der Spannungen bei Prüfdruck.....	58
A.5.6	Nachweis von Spannungen unter Betriebsbedingungen.....	61
A.5.7	Berechnung der Spannung in den Anbauteilen des Tankkörpers.....	67
A.5.8	Boden aus mehreren geschweißten Teilen.....	68
Anhang B (normativ)	Verfahren zur Messung des spezifischen Arbeitsaufnahmevermögens.....	69
B.1	Kurzbeschreibung.....	69
B.2	Prüfeinrichtung.....	69
B.3	Prüfstücke aus den zu prüfenden Werkstoffen.....	74

B.4	Verfahren.....	76
B.5	Ergebnisse	77
B.5.1	Prüfwerte.....	77
B.5.2	Berechnung der Ergebnisse	77
B.5.3	Annahmeveraussetzungen für den Werkstoff.....	77
B.6	Globales Arbeitsaufnahmevermögen [siehe 6.8.2.2 i)].....	77
B.7	Vergleichende Verfahren zur Berechnung der aufgenommenen Energie bei Umkippen oder Schlageinwirkung [siehe 6.8.2.2 j)].....	78
B.7.1	Berechnung der aufgenommenen Energie	78
B.7.2	Prüfverfahren.....	78
B.7.3	Anzuwendendes Verfahren der Finite-Elemente-Analyse.....	79
Anhang C (normativ) Auslegung von Kragenringen, Flanschen und Verschlüssen		80
Anhang D (informativ) Beispiele für Schweißnahtausführungen.....		82
D.1	Allgemeines.....	82
D.2	Tankkörperbau	82
D.2.1	Kehlnähte	82
D.2.2	Schweißnahtarten.....	83
D.3	Befestigung von Verstärkungselementen.....	93
D.3.1	Befestigung von Verstärkungselementen, die dynamische Beanspruchungen aufnehmen.....	93
D.3.2	Befestigung von Verstärkungselementen, die keine dynamischen Beanspruchungen aufnehmen.....	94
D.4	Befestigung von Abzweigungen	95
D.5	Befestigung von Flanschen, Muffen (Ring) und Verstärkungsbüchsen am Tank	97
D.6	Befestigung von Flanschen an Abzweigungen	98
D.7	Befestigung von Heizkanälen an Tankkörpern.....	99
Literaturhinweise.....		101

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13094:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 296 „Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument wird EN 13094:2015 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Normungsauftrag erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Diese Europäische Norm wurde zur Inbezugnahme in der RID und/oder in den technischen Anhängen des ADR vorgelegt.

Im Vergleich mit EN 13094:2015 wurden die folgenden grundlegenden Änderungen vorgenommen:

- a) in 6.8.2.2 wurde eine neue Maßnahme zum Schutz gegen Beschädigungen aufgenommen;
- b) 6.9.4 wurde überarbeitet;
- c) 6.10 wurde überarbeitet;
- d) für den Schutz von Bedienungsausrüstung an der Tankoberseite wurde zusätzlich ein alternativer Stahl und bei Verwendung von Längs- und Querträgern wurden zusätzliche Anforderungen für Entwässerung hinzugefügt;
- e) die Verweisungen wurden aktualisiert, insbesondere bezüglich der Normen zum Schweißen und für zerstörungsfreie Prüfverfahren;
- f) Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung wurden entfernt;

ANMERKUNG Diese sind nun in EN 12972 enthalten.

- g) Anforderungen an Ausschnitte im Tankkörper, Ausbuchtungen und Rohrleitungen wurden eingeführt;
- h) die Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen wurden verschärft;
- i) Druckfehler wurden korrigiert.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an die Auslegung und den Bau von Metalltanks mit Entleerung durch Schwerkraft fest, die für die Beförderung von Stoffen mit einem Dampfdruck von höchstens 110 kPa (1,1 bar) (absoluter Druck) bei 50 °C vorgesehen sind.

ANMERKUNG 1 Tanks mit Entleerung durch Schwerkraft haben keinen höchsten Betriebsdruck. Während des Betriebs kann es allerdings zu einem Druckaufbau im Tankkörper auftreten, z. B. aufgrund des begrenzten Durchflusses durch das System zur Gasrückführung, oder der Öffnungsdrücke von Belüftungseinrichtungen. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Betriebsdrücke den Prüfdruck des Tanks oder 0,5 bar, je nachdem, welcher Wert am höchsten ist, nicht überschreiten.

Dieses Dokument legt Anforderungen an Öffnungen, Verschlüsse, Rohrleitungen, Halterungen für die Bedienungsausrüstung und die bauliche Ausrüstung fest.

ANMERKUNG 2 Abgesehen von Rohrleitungen legt dieses Dokument keine Anforderungen an Teile der Bedienungsausrüstung fest.

Dieses Dokument gilt für Flugfeldtankfahrzeuge, wenn diese auf öffentlichen Straßen eingesetzt werden. Es gilt auch für intermodale Tanks (z. B. Tankcontainer und Tankwechselbehälter) für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße und der Schiene.

ANMERKUNG 3 Dieses Dokument gilt nicht für fest verbundene Eisenbahnkesselwagen.

2 Normative Verweisungen

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

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 12972:2018, *Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Prüfung, Inspektion und Kennzeichnung von Metalltanks*

EN 13317, *Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Bedienungsausrüstung von Tanks — Baugruppe Deckel für Einsteigeöffnungen*

EN 14025, *Tanks für die Beförderung gefährlicher Güter — Metallische Drucktanks — Auslegung und Bau*

EN ISO 3834-1, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 1: Kriterien für die Auswahl der geeigneten Stufe der Qualitätsanforderungen (ISO 3834-1)*

EN ISO 3834-2, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen (ISO 3834-2)*

EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1)*

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

EN ISO 9606-2, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen (ISO 9602-2)*

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

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

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

EN ISO 15609-2, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 2: Gasschweißen (ISO 15609-2)*

EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613)*

EN ISO 15614 (alle Teile), *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung (ISO 15614, alle Teile)*

EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

ISO 1496-3, *Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 3: Tank containers for liquids, gases and pressurized dry bulk*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

ANMERKUNG Siehe auch Bild A.1.

3.1.1

Schwallblech

Bauteil zur Hemmung des Schwall des Tankinhalts, das keine Schwallwand ist

3.1.2

Fassungsraum

gesamtes Innenvolumen des Tankkörpers oder Tankkörperabteils

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn es nicht möglich ist, den Tankkörper oder das Tankkörperabteil wegen seiner Form oder seines Baus vollständig zu befüllen, sollte dieser geringere Fassungsraum für die Bestimmung des Füllungsgrades und die Kennzeichnung des Tanks verwendet werden.

3.1.3

zuständige Behörde

Behörde(n) oder sonstige Stelle(n), die in jedem Land in jedem Einzelfall gemäß Landesrecht als solche bestimmt wird (werden)

Anmerkung 1 zum Begriff: Bezüglich der zuständigen Behörden wird auf ADR [2] und OTIF-Vorschriften (gewöhnlich als RID bezeichnet) [3] verwiesen.

3.1.4

Trennwand

dicht verschlossene Wand zwischen benachbarten Abteilen in Mehrkammertankkörpern

3.1.5

Widerstandsmoment

Flächenträgheitsmoment (Flächenmoment zweiten Grades) einer Konstruktion (und, wenn zutreffend, des zugehörigen Teils des Tankkörpers) um ihre neutrale Faser herum, geteilt durch die maximale Entfernung zwischen der neutralen Faser und der äußersten Faser des in die Berechnung einbezogenen Querschnitts

3.1.6

Tankkörper

Teil des Tanks, der den zu befördernden Stoff enthält, einschließlich der Öffnungen und ihrer Verschlüsse, jedoch mit Ausnahme der Bedienungsausrüstung und der äußeren baulichen Ausrüstung

3.1.7

spezifisches Arbeitsaufnahmevermögen

Integral unter der Kurve der aufgetragenen Kraft über dem gemessenen Vorschub des Prüfstücks bis zu dem Punkt, an dem die Höchstkraft erreicht ist und der Prüfstempel das Prüfstück durchstößt

3.1.8

globales Arbeitsaufnahmevermögen

Fähigkeit eines Tankkörpers mit mehreren Trennwänden oder Schwallwänden einem seitlichen Stoß durch einen Balken zu widerstehen

3.1.9

Baustahl

Stahl mit einer garantierten Mindestzugfestigkeit zwischen 360 N/mm² und 490 N/mm² und einer garantierten Mindestbruchdehnung, die den in 5.2.2.3.1 festgelegten Anforderungen an Stähle entspricht

3.1.10

Bezugsstahl

Stahl mit einer Zugfestigkeit von 370 N/mm² und einer Bruchdehnung von 27 %

3.1.11

Schwallwand

nicht dicht verschlossene, rechtwinklig zur Fahrtrichtung in Tankkörper oder in Tankkörperabteile eingebaute Wand mit einer Fläche von mindestens 70 % der Querschnittsfläche an der betreffenden Stelle des Tankkörpers, die dazu vorgesehen ist, die Wirkung des Schwall zu verringern

3.1.12

höchste Auslegungsmasse

Summe aus der Leermasse des Tanks (Tara) und der höchstzulässigen Masse der Füllung, für die der Tank ausgelegt ist

3.1.13

elliptischer Querschnitt

Querschnitt, der die folgenden Kriterien erfüllt:

- der Querschnitt der Form ist in einen Kreis eingefasst;
- der elliptische Querschnitt hat die gleiche Breite wie der Kreis;
- der Mindestradius der Krümmung beträgt nicht weniger als 250 mm;
- die Höchstbreite des Kreises beträgt 2 550 mm;
- die Höchstbreite des elliptischen Querschnitts ist nicht größer als die zulässige Höchstbreite des Fahrzeugs;
- der Höchstradius der Krümmung beträgt nicht mehr als 2 000 mm;
- der Querschnitt ist konvex.

[QUELLE EN 14564:2019, 3.10]

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole:

A	Bruchdehnung, in Prozent (%)
A_1	Mindestbruchdehnung des verwendeten Metalls (siehe 6.9.1), in Prozent (%)
B	Lochkreisdurchmesser oder, bei elliptischer Anordnung, Mittelwert aus Haupt- und Nebendurchmesser, in Millimeter (mm)
c	Abstand vom Beginn eines Krepfenübergangs zum Rand des Tankkörpers, in Millimeter (mm) ANMERKUNG 1 Dieser Abstand wird zum Anbringen eines gewölbten Bodens an einem Tankkörper verwendet.
e	Dicke des Tankkörpers, in Millimeter (mm)
e_c	Dicke eines flachen Verschlusses, in Millimeter (mm)
e_d	Dicke eines gewölbten Verschlusses, in Millimeter (mm)
e_f	Dicke eines Bodens oder einer Trennwand, in Millimeter (mm)
e_{rs}	Dicke eines Verstärkungsteils (en: reinforcing section), in Millimeter (mm)
e_r	Dicke eines Flansches an einer Öffnung, in Millimeter (mm)
e_{rd}	Dicke eines gewölbten Flansches an einem Verschluss, in Millimeter (mm)
e_{vn}	ausgewählte Dicke(n) des Tankkörpers, in Millimeter (mm)
$e_{v, min}$	Minstdicke des Tankkörpers nach 6.9.1, in Millimeter (mm)
e_0	Minstdicke des Tankkörpers in Bezugsstahl, in Millimeter (mm)
e_1	Dicke des Tankkörpers im dicksten Bereich, in Millimeter (mm)
e_2	Dicke des verwendeten Metalls im dünneren Bereich, in Millimeter (mm)

g	Erdbeschleunigung, in Meter je Quadratsekunde (m/s^2) ANMERKUNG 2 Der Wert für g beträgt $9,81 \text{ m/s}^2$.
L	Überlappung einer Überlappnaht, in Millimeter (mm)
L_c	Länge des Verstärkungselements, in Millimeter (mm)
L_r	Länge des Verstärkungsringes, in Millimeter (mm)
L_0	Anfangsmesslänge des Probestabs für den Zugversuch, in Millimeter (mm)
l	Länge des Übergangs zwischen Blechen mit unterschiedlicher Dicke, in Millimeter (mm)
l_1	Länge der Überlappung der abgeschrägten Kante, in Millimeter (mm)
l_2	Länge der Schweißnaht an der Grundfläche einer abgeschrägten Verbindung, in Millimeter (mm)
N	Sicherheitsfaktor
P_{ta}	statischer Druck (Überdruck), in Megapascal (MPa)
P_e	Prüfdruck des Tanks, in Megapascal (MPa)
P_{ec}	Prüfdruck des Abteils, in Megapascal (MPa)
P_c	Berechnungsdruck des Tanks, in Megapascal (MPa)
P_{dyn}	dynamischer Druck, in Megapascal (MPa)
P_{ts}	Öffnungsdruck der Belüftungseinrichtung, in Megapascal (MPa)
P_{vd}	Dampfdruck (Überdruck) des Stoffes bei Auslegungstemperatur, in Megapascal (MPa)
R	Innenradius eines gewölbten Verschlusses, in Millimeter (mm)
R_d	ermittelte Zugfestigkeit, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
R_e	Streckgrenze für Stähle mit ausgeprägter Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze für Stähle ohne eindeutig definierte Streckgrenze (1 %-Dehngrenze für austenitische Stähle), in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
R_{et}	Streckgrenze für Stähle mit ausgeprägter Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze für Stähle ohne ausgeprägte Streckgrenze (1 %-Dehngrenze für austenitische Stähle) bei Mindestauslegungstemperatur, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
R_m	Zugfestigkeit, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
R_{mt}	Zugfestigkeit bei Mindestauslegungstemperatur, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
R_{m1}	Mindestzugfestigkeit des verwendeten Metalls, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)
S_B	Gesamt-Querschnittsfläche, in Quadratmillimeter (mm^2)
S_0	Ausgangsquerschnittsfläche des beim Zugversuch verwendeten Probestabs, in Quadratmillimeter (mm^2)
w	tatsächliche Tiefe der Kehlnaht (d. h. Abstand von der Oberfläche der Schweißnaht bis zur Schweißnahtwurzel)
Z_0	Mindest-Widerstandsmoment des Bezugsstahls, in Kubikzentimeter (cm^3)
Z_1	Mindest-Widerstandsmoment des verwendeten Metalls, in Kubikzentimeter (cm^3)

σ_c	Auslegungsspannung für den Deckelwerkstoff nach 6.8, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm ²)
σ_r	Auslegungsspannung für den Flanschwerkstoff nach 6.8, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm ²)

3.3 Abkürzungen

FEM Finite-Elemente-Verfahren

4 Bedienungsausrüstung

Die Bedienungsausrüstung muss mindestens mit den einschlägigen Vorschriften übereinstimmen.

ANMERKUNG Für Rohrleitungen siehe 6.13.

5 Werkstoffe

5.1 Allgemeines

5.1.1 Der Konstrukteur muss die beim Bau des Tankkörpers zu verwendenden Werkstoffe unter Einbeziehung von Werkstoffnormen für ferritischen Stahl, austenitischen Stahl, austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stahl oder Aluminiumlegierungen auswählen, die von einem nationalen oder internationalen Normungsinstitut veröffentlicht wurden oder anderweitig von der zuständigen Behörde anerkannt sind. Der Werkstoff muss stets den in 5.2 festgelegten Anforderungen entsprechen.

5.1.2 Die für den Bau des Tankkörpers verwendeten Werkstoffe müssen gut verformbar sein. Sie sind als ungeeignet einzustufen, wenn sich bei dem für eine bestimmte Auslegung des Tankkörpers erforderlichen Verformungsgrad Risse bilden oder andere Anzeichen für Fehler im Tankwerkstoff auftreten, selbst wenn die in dieser Europäischen Norm festgelegten Werkstoffanforderungen erfüllt sind.

5.1.3 Zu verwenden sind Werkstoffe mit nachgewiesener Beständigkeit gegen Sprödbbruch und Spannungsrisskorrosion.

5.1.4 Wenn eine Prüfung nach dem jeweils zutreffenden Abschnitt von EN ISO 15614-1 durchgeführt wird, dürfen die Eigenschaften der bei der Herstellung von geschweißten Tankkörpern verwendeten Werkstoffe nicht die Mindestwerte unterschreiten, die für den jeweiligen nach 5.1.1 ausgewählten Werkstoff im Schweißnahtbereich ohne Wärmebehandlung nach dem Schweißen festgelegt sind.

5.2 Werkstoffeigenschaften

5.2.1 Kerbschlagzähigkeit

Wenn eine niedrigere Auslegungstemperatur vorgeschrieben ist, muss diese Zähigkeit bei der niedrigeren Temperatur erreicht werden. Ferritische Stahlwerkstoffe dürfen nur dann verwendet werden, wenn die Werkstoffnorm (z. B. EN 10028-2) eine Kerbschlagzähigkeit von mindestens 27 J bei –20 °C garantiert.

5.2.2 Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung

5.2.2.1 Allgemeines

5.2.2.1.1 Die für A , R_e und R_m anzuwendenden Werte müssen mit Ausnahme von 5.2.2.1.2 und 5.2.2.1.3 den Mindestwerten entsprechen, die für den nach der entsprechenden Norm ausgewählten Werkstoff festgelegt sind.

5.2.2.1.2 Bei Verwendung austenitischer Stähle darf der für R_e in der Berechnung verwendete Wert den für den ausgewählten Werkstoff nach der entsprechenden Werkstoffnorm festgelegten Mindestwert unter der Voraussetzung überschreiten, dass:

- die höheren Werte in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 bescheinigt werden; und
- der in der Berechnung für R_e eingesetzte Wert einen Wert nicht überschreitet, der dem 1,15-Fachen des für den ausgewählten Werkstoff nach der entsprechenden Werkstoffnorm festgelegten R_e -Wertes entspricht.

5.2.2.1.3 Bei Verwendung von Feinkornstahl darf nach den Festlegungen der entsprechenden Werkstoffnorm der Wert für R_e 460 N/mm² und der Wert für R_m 725 N/mm² nicht überschreiten.

5.2.2.2 Streckgrenze und Zugfestigkeit

Stähle mit einem Verhältnis $R_e/R_m > 0,85$ dürfen zum Bau geschweißter Tankkörper nicht verwendet werden. Zur Bestimmung des Verhältnisses R_e/R_m müssen die Werte verwendet werden, die in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 bescheinigt wurden.

5.2.2.3 Bruchdehnung

5.2.2.3.1 Der Werkstoff ist nach EN ISO 6892-1 zu prüfen. Die Bruchdehnung A , in Prozent, darf nicht kleiner sein als:

- 16 % bei Feinkornstählen;
- 20 % bei sonstigen Stählen; und
- 12 % bei Aluminiumlegierungen.

5.2.2.3.2 Außerdem darf die Bruchdehnung A , in Prozent, für Stahl den nach Gleichung (1) berechneten Wert nicht unterschreiten:

$$A = \frac{10000 \text{ N/mm}^2}{R_d} \quad (1)$$

ANMERKUNG Für A , R_d und R_{m1} ist nur der numerische Wert mit der Einheit nach 3.2 angegeben.

5.2.2.3.3 Bei Bestimmung der Bruchdehnung, in Prozent, nach EN ISO 6892-1 für Bleche muss die Achse der Zugprobe senkrecht zur Walzrichtung liegen; sind in der Werkstoffnorm niedrigere Werte in Walzrichtung angegeben, sind diese Werte in der Berechnung zu verwenden.

5.2.2.3.4 Bei der Bestimmung der Bruchdehnung, in Prozent, muss ein Probestab mit kreisrundem Querschnitt verwendet werden, dessen Anfangsmesslänge dem 5-fachen Stabdurchmesser entspricht. Werden Probestäbe mit rechteckigem Querschnitt verwendet, muss die Messlänge nach Gleichung (2) berechnet werden:

$$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0} \quad (2)$$

ANMERKUNG Dehnungen, die an festen Längen ermittelt werden, können auf proportionale Dehnungen umgerechnet werden, und zwar unter Anwendung von EN ISO 2566-1 oder EN ISO 2566-2, je nachdem, was zutrifft.

5.3 Kompatibilität von Tankkörperwerkstoffen mit den zu befördernden Stoffen

5.3.1 Der Hersteller muss eine Liste der gefährlichen Güter vorlegen, die ohne Beschädigung des Tanks oder, sofern zutreffend, seiner Auskleidung befördert werden dürfen. Die entsprechend der Bescheinigung zugelassenen Stoffe oder Stoffklassen müssen mit den Kennwerten des Tanks kompatibel sein.

ANMERKUNG Gemäß RID/ADR (4.3.4.1.2) darf die Auflistung der zugelassenen Stoffe durch Stoffgruppen nach der Tankcodierung unter Berücksichtigung der zutreffenden Sondervorschriften ersetzt werden.

5.3.2 Wenn absehbar ist, dass der Kontakt zwischen dem beförderten Stoff und dem für den Bau des Tankkörpers verwendeten Werkstoff eine fortschreitende Verringerung der Wanddicke zur Folge hat, muss diese Dicke bei der Herstellung um einen entsprechenden Anteil erhöht werden.

ANMERKUNG Dieser Korrosionszuschlag wird bei der Berechnung der Mindestwanddicke des Tankkörpers nicht berücksichtigt (siehe 6.9.1).

5.3.3 Wenn der Tankkörper mit einer nichtmetallischen Schutzauskleidung versehen wird, dürfen dafür ausschließlich Werkstoffe und Verfahren zur Anbringung am Tankkörper verwendet werden, die nachgewiesenermaßen die Dichtheit bei jeglicher unter normalen Transportbedingungen auftretender Verformung sicherstellen.

5.3.4 Wenn Tankkörper, die für die Beförderung flüssiger Stoffe mit einem Flammpunkt bis höchstens 60 °C vorgesehen sind, mit nicht leitfähigen Schutzauskleidungen versehen werden, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um elektrostatische Aufladungen, die eine Entzündungsgefahr darstellen könnten, zu verhindern.

ANMERKUNG Diese Anforderung gilt auch für die UN-Nummern 1361 Kohle und 1361 Ruß der Verpackungsgruppe II.

6 Auslegung

6.1 Querschnitt des Tankkörpers

6.1.1 Allgemeines

Ein Tankkörper darf eine kreisrunde, elliptische oder andere Querschnittsform (einschließlich kofferförmig) oder einen daraus kombinierten Querschnitt aufweisen, entsprechend den Begriffsbestimmungen nach EN 14564.

Wird für einen Querschnitt eine Kombination von Formen verwendet, so muss die erforderliche Mindestdicke für den gesamten Querschnitt an dieser Stelle nach 6.8.1 die größte der für die verwendeten Formen erforderlichen Mindestdicken sein.

6.1.2 Anforderungen an Tankkörper mit nicht kreisrundem Querschnitt

Für Tankkörper mit nicht kreisrundem Querschnitt:

- a) darf der Wölbungsradius des Tankmantels seitlich nicht größer als 2 m, oben und unten nicht größer als 3 m sein;
- b) muss der Übergangsradius von oberer/unterer und seitlicher Wölbung mindestens 200 mm betragen.

ANMERKUNG 6.8.1 enthält eine Berechnung für einen zu berechnenden äquivalenten Durchmesser.

6.1.3 Sümpfe und andere vorstehende Teile außerhalb des Tankkörpers

6.1.3.1 Hervorstehende Teile außerhalb des wesentlichen Querschnitts des Tankkörpers sind auf ein Mindestmaß zu begrenzen, und es muss sichergestellt sein, dass sie aus allen Richtungen des Tankkörpers geschützt sind, es sei denn, dies erfolgt durch Bestandteile des Fahrzeugs (z. B. Rahmenlängsträger, Fahrwerkskomponenten, Achsen usw.).

Die Querschnittsfläche jedes einzelnen vorstehenden Teils darf 10 % der Querschnittsfläche des Tankkörpers an dieser Stelle ohne das vorstehende Teil nicht überschreiten.

Wenn das vorstehende Teil nicht geschützt ist, darf seine Dicke die nach 6.8.1 für den Tankkörper festgelegte Dicke nicht unterschreiten.

Wenn das vorstehende Teil geschützt ist, muss seine Dicke der Dicke des Tankkörpers entsprechen.

6.1.3.2 Tankkörper und ihre Abteile dürfen mit Sümpfen und/oder innerer Kanalisierung ausgestattet sein, um:

- die vollständige Entleerung des beförderten Stoffes zu unterstützen;
- die Entfernung von mitgeführtem Wasser aus dem beförderten Stoff zu erleichtern; oder
- ein Bodenventil abseits von einem Bereich anzuordnen, in dem das Risiko einer Beschädigung besteht, z. B. in der Nähe des Kupplungsabschnitts eines Sattelauflegers.

Sümpfe dürfen höchstens 150 mm aus der Kontur des Tankkörpers hervorstehen.

Innere Kanalisierung und Sümpfe müssen aus dem gleichen Werkstoff hergestellt sein wie der Tankkörper, in den sie eingebaut sind; Flachmaterial darf verwendet werden. Ihre Minstdicke muss mindestens derjenigen des Tankkörpers nach 6.8.2.1 entsprechen.

Ein Sumpf darf aus einem senkrechten zylindrischen Teil bestehen, das mit inneren oder äußeren Kanalisierungsabschnitten kombiniert ist, um den Montageflansch des Bodenventils abzusenken.

6.1.4 Seitliche oder untenliegende, in die Kontur des Tankkörpers einbeschriebene Ausschnitte

ANMERKUNG Vorläufiger Text; Bauweisen noch nicht in das ADR aufgenommen.

6.1.4.1 Seitliche Ausschnitte zur Aufnahme von Bedienungsausrüstung

Seitliche Ausschnitte, die Platz für Bedienungsausrüstung wie z. B. Durchflussmessgeräte bieten, sind nach den folgenden Kriterien auszulegen:

- An keiner Stelle darf die Gesamtquerschnittsfläche von Ausschnitten 20 % der Gesamtquerschnittsfläche des Tankkörpers ohne die Ausschnitte an dem Ort, an dem sich die Ausschnitte befinden, überschreiten;
- Die Länge eines Ausschnitts darf 40 % der Länge des Tankkörpers nicht überschreiten, wobei keinesfalls 1 400 mm überschritten werden dürfen;
- Der Mindestabstand von den Seiten des Ausschnitts zu den Böden muss mindestens 200 mm betragen;
- Höhe und Tiefe des Ausschnitts müssen so bemessen sein, dass er nicht in den Bereich von 50 mm um die Mittelachsen des Tankkörpers hineinragt;
- Die Dicke darf den in 6.8.1 festgelegten Wert nicht unterschreiten.
- Die Schweißnähte müssen vollständig durchgeschweißt sein (oder aus Überlappnähten bestehen);

- Ein Ausschnitt darf nicht über ein Abteil oder einen Abschnitt des Tankkörpers hinausgehen.

6.1.4.2 Ausschnitte zur Aufnahme von Tankkörperhalterungen oder anderer Teile der baulichen Ausrüstung

Ausschnitte zur Aufnahme von Teilen der baulichen Ausrüstung (z. B. Kupplungen für Anhänger oder Sattelaufleger) sind nach den folgenden Kriterien auszulegen:

- Die Querschnittsfläche des Ausschnitts darf 30 % der Gesamtquerschnittsfläche des Tankkörpers ohne Ausschnitt an der Stelle, an der sich dieser befindet, nicht überschreiten;
- Die Länge des Ausschnitts darf 35 % der Länge des Tanks nicht überschreiten;
- Bedienungsausrüstung darf nicht direkt an eine konkave Fläche innerhalb des Ausschnitts angeschweißt werden;
- Die Schweißnaht muss vollständig durchgeschweißt sein;
- Die Minstdicke darf den in 6.8.1 festgelegten Wert nicht unterschreiten;
- Die Verbindung des Bodens der tragenden Platte mit dem Tankkörper muss mit einer Trennwand erfolgen, deren Auslegung derjenigen für einen Boden entspricht;
- Die Bauweise darf die vollständige Entleerung des zu befördernden Produkts nicht beeinträchtigen.

6.2 Nachweis der Auslegung

Die Minstdicke des Tankkörpers muss Folgendem entsprechen:

a) Anhang A, Abschnitt A.5 für:

- zylindrische Teile;
- nicht zylindrische Teile, für die ein äquivalenter Durchmesser angenommen wird;
- kugelförmige Teile;
- Böden und kegelförmige Teile.

b) Anhang C

- für Kragenringe, Flansche und Verschlüsse.

Wenn Anhang A, Abschnitt A.5, Anhang C und Anhang D nicht vollständig erfüllt sind, müssen zusätzlich zu Anhang A, Abschnitt A.5, für Anbauteile, bauliche Ausrüstung, hervorstehende Teile und Ausschnitte Anhang A, Abschnitte A.2 bis A.4 oder eine Kombination dieser Verfahren angewendet werden.

Der Hersteller muss Dokumente zum Nachweis der Auslegung vorlegen.

Die Auslegung muss in jedem Fall den in der Europäischen Norm festgelegten Mindestanforderungen entsprechen.

6.3 Dynamische Bedingungen

6.3.1 Die dynamischen Bedingungen bei der in 6.6 festgelegten Auslegungstemperatur und die Anforderungen an die Druckprüfung nach EN 12972 müssen ohne Überschreitung der in 6.7 festgelegten Spannungen erfüllt werden.

6.3.2 Tankkörper, Anbauteile und die zugehörigen Teile der baulichen Ausrüstung müssen so ausgelegt sein, dass sie den Kräften und den dynamischen Drücken standhalten, die sich aus den Kombinationen des höchsten Wertes von P_{ta} oder P_{ts} mit jeweils einer der folgenden Beschleunigungen ohne Überschreitung der in 6.7 festgelegten Auslegungsspannungen ergeben:

- einer in Fahrtrichtung auf die höchste Auslegungsmasse wirkenden Beschleunigung von 2 g;
- für den vorderen Boden darf dabei nur die maximale Masse des im ersten (vorderen) Abteil beförderten Stoffes berücksichtigt werden;
- einer rechtwinklig zur Fahrtrichtung auf die höchste Auslegungsmasse wirkenden Beschleunigung von 1 g;
- einer vertikal aufwärts auf die höchste Auslegungsmasse wirkenden Beschleunigung von 1 g;
- einer vertikal abwärts auf die höchste Auslegungsmasse wirkenden Beschleunigung von 2 g.

Die Berechnungen dürfen für die gesamte Konstruktion oder für einzelne Unterkonstruktionen durchgeführt werden, vorausgesetzt, die Randbedingungen werden eingehalten.

Handelt es sich bei dem Tankkörper um ein freitragendes Fahrzeugteil unter Spannung, werden die so einwirkenden Spannungen zusätzlich zu den Spannungen aus anderen Quellen aufgebracht.

Wenn Schwallbleche bei der Berechnung berücksichtigt werden, muss ihre Wirkung nach einem oder einer Kombination der in Anhang A aufgeführten Verfahren nachgewiesen werden.

Wenn eine Befestigungseinrichtung einer Schubspannung ausgesetzt ist, darf die maximale Spannung das 0,8-Fache der Auslegungsspannung für die Befestigungseinrichtungen nicht überschreiten.

Zusätzlich muss bei Längsbeschleunigungen von selbsttragenden Anhängern (Anhänger ohne Längsrahmen, auf denen der Tank getragen wird) folgendes berücksichtigt werden:

- a) Bei vorderen Befestigungen die höchste Auslegungsmasse des Anhängers, die als wirksam auf die Stelle anzusehen ist, an der der Königszapfen am Tank befestigt ist; und
- b) Bei hinteren Befestigungen die höchste Auslegungsmasse des Tanks, die als wirksam auf die Befestigungen des Tanks mit dem Fahrgestell anzusehen ist. Die ungleichmäßige Massenverteilung auf die Tanksättel (vordere und hintere Befestigung) muss berücksichtigt werden.

6.3.3 Tankkörper mit einer maximalen Länge unterhalb 2,9 m müssen so ausgelegt sein, dass sie den in 6.3.2 festgelegten Kräften standhalten, mit der Ausnahme, dass in allen horizontalen Richtungen die Kräfte der doppelten höchsten Auslegungsmasse entsprechen müssen. Dies gilt nicht für

- Tanks, die dauerhaft an einem Fahrgestell befestigt sind;
- Aufsetztanks für Straßenfahrzeuge, die am Fahrgestell in nur einer Ausrichtung befestigt werden können.

6.4 Überdruckbedingungen

6.4.1 Der Tankkörper muss so ausgelegt sein, dass er einem maximalen Prüfdruck standhält, der dem jeweils höheren der nachfolgend aufgeführten Drücke entspricht:

- a) dem Druck, der von einer Wassersäule erzeugt wird, die der doppelten Höhe des Tankkörpers, multipliziert mit der relativen Dichte des Füllgutes mit der höchsten Dichte, entspricht;
- b) dem Druck, der von einer Wassersäule erzeugt wird, die der doppelten Höhe des Tankkörpers entspricht;

6.4.2 Im Fall von Tankkörpern, die in mehrere Abteile unterteilt sind, jedoch mit Ausnahme von Tanks für intermodale Tanks, muss jedes Abteil so ausgelegt sein, dass es einem auf alle Teile des Abteils wirkenden Prüfdruck von mindestens $\max(0,2 \text{ bar}; 1,3 \times P_{\text{ta water}}; 1,3 \times P_{\text{ta}})$ standhalten.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Beständigkeit gegen eine Druckprüfung sind in EN 12972 enthalten.

6.5 Unterdruckbedingungen

Der Tankkörper und die Trennwände müssen einem Unterdruck von 3 kPa unter Atmosphärendruck standhalten.

6.6 Auslegungstemperatur

Die Auslegungstemperatur muss mindestens den Bereich von -20°C bis $+50^\circ\text{C}$ umfassen. Wenn absehbar ist, dass der Tankkörper ungünstigeren Bedingungen ausgesetzt ist, muss, sofern zutreffend, die Auslegungstemperatur auf den Bereich von -40°C bis $+50^\circ\text{C}$ erweitert werden. Der Auslegungstemperaturbereich für Tankkörper, die für die Beförderung von Stoffen bei erhöhten Temperaturen vorgesehen sind, muss mindestens bis zur höchsten Betriebstemperatur erweitert werden.

6.7 Auslegungsspannung

Die maximale Membranspannung im Werkstoff des Tankkörpers und seiner Befestigungseinrichtungen darf den niedrigeren Wert von $0,75 R_e$ oder $0,5 R_m$ nicht überschreiten; für Tankcontainer und Tankwechselbehälter dürfen die Spannungen im Werkstoff der Befestigungseinrichtungen $0,66 R_e$ nicht überschreiten.

6.8 Ausgewählte Dicken

ANMERKUNG Minstdicken gelten nach der Umformung oder Verformung des Werkstoffs. Siehe 8.3.1.1.

6.8.1 Mindestwanddicke des Tankkörpers

Tankkörper, die aus Baustahl (mit einer garantierten Mindest-Zugfestigkeit von 360 N/mm^2 bis 490 N/mm^2) hergestellt werden, müssen die folgende Minstdicke aufweisen, sofern nicht die in 6.8.2 festgelegten Bedingungen erfüllt sind:

- 5 mm für Tankkörperdurchmesser bis einschließlich 1,8 m;
- 6 mm für Tankkörperdurchmesser oberhalb 1,8 m (mit Ausnahme von Tanks für die Beförderung von pulverförmigen oder körnigen Stoffen).

Für nicht kreisrunde Tankkörper muss aus der Querschnittsfläche ein äquivalenter Durchmesser berechnet werden. Weist der Tankkörper Abschnitte mit unterschiedlichen Querschnittsflächen auf, müssen für jeden Abschnitt äquivalente Durchmesser berechnet werden.

ANMERKUNG Siehe auch 6.1.1.

Für kegelförmige Tankkörper muss der größte Durchmesser bzw. der größte äquivalente Durchmesser eines Abschnitts für die Berechnung der Mindestdicke des Tankkörperabschnitts verwendet werden.

Ist der Tankkörper aus einem anderen Werkstoff hergestellt, muss die äquivalente Mindestdicke nach Gleichung (3) bestimmt werden:

$$e_1 = \frac{464e_0}{\sqrt[3]{(R_{m1}A_1)^2}} \quad (3)$$

Wird die Wanddicke zur Aufnahme von ätzenden Stoffen erhöht, darf die zusätzliche Dicke bei der Berechnung der Mindestwanddicke nicht berücksichtigt werden.

Die tatsächliche Mindestdicke darf die in Tabelle 2 angegebenen absoluten Mindestwerte nicht unterschreiten.

6.8.2 Reduzierung der Dicke des Tankkörpers

6.8.2.1 Wenn ein Schutz des Tankkörpers gegen Beschädigungen nach 6.8.2.2 bis 6.8.2.3 vorhanden ist, darf die in 6.8.1 festgelegte Mindestdicke um höchstens 2 mm für Tanks aus Bezugsstahlstahl verringert werden (bzw. für Tanks aus einem anderen Werkstoff um den nach Gleichung (3) berechneten äquivalenten Dickenwert), allerdings dürfen die in Tabelle 1 angegebenen absoluten Mindestdicken nicht unterschritten werden.

Tabelle 1 — Absolute Mindestwanddicke des Tankkörpers

Durchmesser ^a m	Mindestwanddicke des Tankkörpers				
	Austenitische Stähle mm	Austenitisch- ferritische Stähle mm	Sonstige Stähle mm	Reines (99,8 %) Aluminium mm	Aluminium- legierungen mm
≤ 1,80	2,5 ^b	3	3	6	4
> 1,80	3	3,5	4	8	5

^a Zu nicht kreisrunden Querschnitten siehe 6.3.
^b Bei Tankcontainern und Tankwechselbehältern, die nicht gegen Beschädigung geschützt sind, muss die Wanddicke des Tankkörpers unabhängig vom verwendeten Werkstoff stets mindestens 3 mm betragen.

6.8.2.2 Tankfahrzeuge und Aufsetztanks sind als geschützt gegen Beschädigungen anzusehen, wenn eine der folgenden in a) bis j) angegebenen Maßnahmen angewendet wird; als Maße der Abstände zwischen den Verstärkungselementen gelten dabei die Abstände zwischen ihren Befestigungspunkten auf dem Tankkörper.

a) Tanks mit kreisrundem und/oder elliptischem Querschnitt oder einer Kombination dieser Querschnitte und einem maximalen Wölbungsradius von 2 m, die durch Trennwände oder Schwallwände bzw. äußere oder innere Verstärkungsringe verstärkt werden, die so angebracht sind, dass mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein muss:

- 1) der Abstand zwischen zwei benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 1,75 m;
- 2) der Fassungsraum zwischen zwei benachbarten Trenn- oder Schwallwänden beträgt höchstens 7 500 l.

Verstärkungsring und zugehöriger Tankkörper müssen ein Widerstandsmoment von mindestens 10 cm^3 aufweisen, wenn sie aus Referenzstahl bestehen, oder ein äquivalentes Widerstandsmoment, wenn sie aus einem anderen Metall (siehe 6.14.2.5) bestehen und das Widerstandsmoment für die neutrale Faser parallel zum Tankkörper berechnet wird.

Äußere Verstärkungselemente dürfen keine hervorstehenden Kanten mit einem Radius von weniger als 2,5 mm aufweisen.

Bei Tankkörpern mit konkaven Radien und Ausschnitten des Tankkörpers muss die Dicke dieser konkaven und ausgeschnittenen Teile die volle in 6.8.1 festgelegte Dicke aufweisen.

- b) Bei doppelwandigen Tankkörpern mit einer Zwischenschicht aus einem starren Feststoff (z. B. Schaum mit einer Dicke von mindestens 50 mm) beträgt die Dicke der Außenwand mindestens 0,5 mm bei Baustahl oder 0,8 mm bei Aluminium bzw. 2 mm bei glasfaserverstärktem Kunststoff. Bei Anwendung anderer Dämmstoffe (z. B. Mineralwolle mit einer Dicke von mindestens 100 mm) weist die Außenwand bei austenitischem Stahl eine Dicke von mindestens 0,8 mm auf, und die Außenwand der Böden darf aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit einer Dicke von mindestens 3 mm bestehen.

Andere Werkstoffkombinationen, die zum Schutz gegen Beschädigungen verwendet werden, müssen ein nach Anhang B bestimmtes spezifisches Arbeitsaufnahmevermögen aufweisen, das der nach 6.8.1 erforderlichen Mindestdicke entspricht; die innere Wanddicke doppelwandiger Tanks darf den in 6.8.2.1 festgelegten Mindestwert nicht unterschreiten.

- c) Tankkörper mit anderen als in a) angegebenen Formen sind in Höhe der Mitte ihrer vertikalen Höhe und über mindestens 30 % ihrer Höhe mit einem zusätzlichen Schutz versehen, der so ausgelegt ist, dass sich ein nach Anhang B bestimmtes spezifisches Arbeitsaufnahmevermögen ergibt, das mindestens dem Arbeitsaufnahmevermögen eines Tankkörpers aus Bezugsstahl entspricht, wobei die Wanddicke 5 mm für Tankdurchmesser bis einschließlich 1,80 m bzw. 6 mm für Tankdurchmesser oberhalb 1,80 m beträgt.

Der zusätzliche Schutz muss dauerhaft am Tankkörper angebracht werden.

Diese Anforderung ist ohne weiteren Nachweis des spezifischen Arbeitsaufnahmevermögens als erfüllt anzusehen, wenn:

- 1) zum zusätzlichen Schutz ein Blech aus dem gleichen Werkstoff wie der Tankkörper gehört, das über den zu verstärkenden Bereich der Außenseite des Tanks so geschweißt wird, dass die Wanddicke die in 6.8.1 festgelegte Mindestwanddicke nicht unterschreitet oder dieser Bereich aus demselben Werkstoff wie der Tank besteht und die Wanddicke die in 6.8.1 festgelegte Mindestwanddicke nicht unterschreitet; und
 - 2) gewölbte Endböden der vollen Wanddicke mit zusätzlichem Seitenschutz verwendet werden, der mindestens ein Drittel der gewölbten Länge bedeckt.
- d) Bei Tankkörpern mit einfachen Böden der vollen, in 6.8.1 festgelegten Dicke entsprechen die Verstärkungselemente den beiden nachfolgenden Anforderungen:
- 1) das Fassungsvermögen zwischen zwei Trennwänden beträgt höchstens 7 500 l;
 - 2) das Fassungsvermögen zwischen Trennwand und Schwallwand beträgt höchstens 4 000 l.
- e) Bei Tankkörpern mit Doppelböden entsprechen die Verstärkungselemente den beiden nachfolgenden Anforderungen:
- 1) das Fassungsvermögen zwischen zwei Trennwänden beträgt höchstens 7 500 l;

- 2) das Fassungsvermögen zwischen Trennwand und Schwallwand beträgt höchstens 4 000 l.

Der innere Boden muss eine Dicke aufweisen, die mindestens der in 6.8.2.1 festgelegten Mindestdicke entspricht, und der äußere Boden muss mindestens eine Dicke von 2 mm aufweisen, wenn er aus Bezugsstahl besteht, oder eine nach Gleichung (3) berechnete äquivalente Dicke, wenn er aus einem anderen Metall besteht.

- f) Bei Tankkörpern mit Doppelböden, die einen Abstand von mehr als 100 mm voneinander aufweisen und den Anforderungen nach e) entsprechen, sind die Trennwände so angeordnet, dass das Fassungsvermögen dazwischen jeweils höchstens 7 500 l beträgt.
- g) Bei Tankkörpern mit anderen als in a) angegebenen Formen, müssen alle nachstehend aufgeführten Bedingungen erfüllt werden:
- 1) das Volumen zwischen benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 7 500 l;
 - 2) das Volumen jedes Abteils beträgt höchstens 15 000 l, ausgenommen bei Tanks, die für die Beförderung von Flüssigkeiten ab 100 °C und unterhalb ihres Flammpunkts vorgesehen sind;
 - 3) der Abstand zwischen benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 1,4 m;
 - 4) die Eckradien am Übergang zwischen den Radien der oberen, unteren und seitlichen Wölbung betragen mindestens 300 mm;
 - 5) die Dicken der Böden müssen einer der folgenden Anforderungen entsprechen:
 - i) einfache Böden entsprechen der vollen in 6.9.1 festgelegten Dicke;
 - ii) Doppelböden mit einem Abstand zwischen 100 mm bis 200 mm, wobei bei Verwendung von Bezugsstahl der innere Boden eine Dicke von mindestens der in 6.9.2 festgelegten Mindestdicke und der äußere Boden eine Dicke von mindestens 2 mm aufweisen muss, bzw. bei Verwendung eines anderen Metalls die jeweils nach Gleichung (3) berechnete äquivalente Dicke.
- h) Bei Aufsetztanks wird ein allseitiger Schutz durch die Bordwände oder die Kabine des Trägerfahrzeugs bereitgestellt. Die Bordwände müssen einen Schutz mindestens bis zur Hälfte der Höhe des Tankkörpers sicherstellen.
- i) Bei Tankkörpern mit anderen als in a) angegebenen Formen müssen bei der Anwendung der Anforderungen des globalen Arbeitsaufnahmevermögens alle nachstehenden Bedingungen erfüllt sein:
- 1) das Volumen zwischen benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 7 500 l;
 - 2) das Volumen eines Abteils beträgt höchstens 15 000 l, ausgenommen bei Tanks, die für die Beförderung von Flüssigkeiten ab 100 °C und unterhalb ihres Flammpunkts vorgesehen sind;
 - 3) der Abstand zwischen benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 1,75 m;
 - 4) der mittlere Abstand zwischen benachbarten Verstärkungselementen beträgt höchstens 1,4 m;
 - 5) die Eckradien am Übergang zwischen den Radien der oberen, unteren und seitlichen Wölbung betragen mindestens 250 mm;
 - 6) die Dicke der Böden entspricht d);

- 7) der schwächste 4-Meter-Abschnitt des Tankkörpers weist ein globales Arbeitsaufnahmevermögen von mindestens 100 kNm auf.

Dabei gelten die folgenden Werte für das globale Arbeitsaufnahmevermögen:

- i) für Trenn- oder Schwallwände mit einer maximalen Wanddicke nach 6.8.1: 40 kNm;
- ii) für Trenn- oder Schwallwände mit einer Mindestwanddicke nach 6.8.2.1: 20 kNm;
- iii) für die Böden: 20 kNm.

Für das globale Arbeitsaufnahmevermögens dürfen höhere Werte oder Werte für andere Arten von Verstärkungselementen ausschließlich dann verwendet werden, wenn sie durch Versuche bestätigt werden, die in Übereinstimmung mit B.5 durchgeführt wurden oder von der zuständigen Behörde als gleichwertig anerkannt wurden.

Bei Anwendung der Finite-Elemente-Analyse für die Verifizierung ist A.3 zu berücksichtigen. Darüber hinaus muss eine Validierung der Computer-Software und des Verfahrens zu deren Anwendung seitens der zuständigen Behörde für elastisch-plastische Berechnungen erfolgen.

Der Hersteller muss der zuständigen Behörde die maßgebenden Validierungsbeispiele vorlegen (Vergleiche zwischen Berechnungsergebnissen und tatsächlichen Prüfergebnissen). Bei Querschnitten von Tankkörpern, die die Anforderungen nach 6.3 nicht erfüllen, insbesondere konkave Radien und Ausschnitte des Tankkörpers mit kleineren Radien als 250 mm, muss die Dicke dieser konkaven und ausgeschnittenen Teile die volle in 6.8.1 festgelegte Dicke aufweisen.

- j) Bei Tankkörpern mit anderen als in a) angegebenen Formen, müssen alle nachstehend aufgeführten Bedingungen erfüllt sein:
- 1) der Wölbungsradius des seitlichen, oberen und unteren Tankmantels beträgt höchstens 2 m;
 - 2) die Eckradien am Übergang zwischen den Radien der oberen, unteren und seitlichen Wölbung betragen mindestens 300 mm;
 - 3) zwischen Trenn- und/oder Schwallwänden beträgt der Fassungsraum höchstens 7 500 l oder der Abstand höchstens 1,75 m;
 - 4) die bei Schlageinwirkung oder Umkippen aufgenommene Energie entspricht mindestens der eines Tankkörpers mit kreisrundem oder elliptischem Querschnitt, der in den folgenden Parametern übereinstimmt:
 - i) Werkstoff von Tankkörper, Böden, Trenn- und/oder Schwallwänden sowie Befestigungseinrichtungen;
 - ii) Querschnittsfläche (bei elliptischem Querschnitt dieselbe Breite);
 - iii) Wanddicke von Tankkörper, Böden, Trenn- und Schwallwänden (mindestens nach 6.8.2.1);
 - iv) Fassungsraum zwischen Trenn- und/oder Schwallwänden bzw. Abstand zwischen benachbarten Trenn- und/oder Schwallwänden;
 - v) maximaler Kalotteninnenradius der Böden;
 - vi) Abstand, Typ und Maße von Befestigungseinrichtungen des Tankkörpers;

vii) Anzahl und Art der Böden, Trenn- und/oder Schwallwände;

viii) Anzahl, Maße und Lage von Öffnungen.

Die vergleichenden Verfahren zur Berechnung der aufgenommenen Energie sind nach B.7 durchzuführen.

6.8.2.3 Tankkörper von fest verbundenen Tanks und Aufsetztanks, die entweder einen Fassungsraum von höchstens 5 000 l aufweisen oder in Abteile mit einem Fassungsraum von jeweils höchstens 5 000 l unterteilt sind, sind als geschützt gegen Beschädigungen anzusehen, wenn ihre Wanddicke bei Baustahl oder bei Verwendung anderer Werkstoffe ihre äquivalente Wanddicke, die nach Gleichung (3) bestimmt wird, die in Tabelle 2 angegebenen Werte nicht unterschreitet.

Tabelle 2 — Mindestwanddicke von kleinen Tankkörpern und Mehrkammertankkörpern

Fassungs- raum eines Tankkörpers oder eines Tankabteils	Max. oberer/ unterer Krümmungs- radius	Max. seitlicher Krümmungs- radius	Mindest- dicke für Bezugs- stahl	Son- stige Stähle	Austeni- tischer nicht- rostender Stahl	Austeni- tisch- ferritischer nicht- rostender Stahl	Alu- minium- legie- rungen	Reines (99,8 %) Alumi- nium
m ³	m	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤ 3,5	3	2	3	3	2,5	3	4	6
> 3,5 aber ≤ 5	3	2	4	4	3	3,5	5	8
≤ 5	2	2	3	3	2,5	3	4	6

Tankcontainer und Tankwechselbehälter sind als geschützt gegen Beschädigungen anzusehen, wenn eine der nachstehend aufgeführten Maßnahmen angewendet wird:

- der Tankkörper ist doppelwandig ausgeführt nach 6.8.2.2 b); oder
- der Tank ist durch ein vollständig umschließendes Rahmenwerk mit Längs- und Querträgern geschützt, das die Anforderungen nach ISO 1496-3 erfüllt.

6.9 Öffnungen im Tankkörper, Kragenringe und Verschlüsse

6.9.1 Allgemeines

Halterungen für die Befestigung von Deckeln und Bedienungsausrüstung am Tankkörper müssen den Anforderungen des Herstellers der Ausrüstung entsprechen, wobei Anforderungen an die Festigkeit und Ebenheit enthalten sein dürfen.

6.9.2 Untersuchungsöffnungen und Einsteigeöffnungen

Jeder Tankkörper und jedes Abteil mit einem Fassungsraum ab 3 000 l muss mit einer Einsteigeöffnung ausgerüstet sein, um eine Prüfung von innen zu ermöglichen. Tankkörper und Abteile mit einem Fassungsraum unterhalb 3 000 l müssen mit entweder einer Untersuchungsöffnung oder einer Einsteigeöffnung ausgerüstet sein.

Die Durchmesser der Öffnungen müssen Folgendem entsprechen:

- mindestens 100 mm und höchstens 300 mm bei Untersuchungsöffnungen;
- mindestens 500 mm bei kreisrunden Einsteigeöffnungen.

Bei nicht kreisrunden Einsteigeöffnungen darf kein Maß 500 mm unterschreiten.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass der Zugang mit vollständiger Rettungsausrüstung einschließlich eines frei tragbaren Isoliergeräts möglich ist.

Die Mindestmaße von Einsteigeöffnungen und Untersuchungsöffnungen in ausgekleideten Tanks müssen auch nach Anbringen der Auskleidung noch eingehalten werden.

6.9.3 Kragenringe und Verschlüsse

Kragenringe und Flansche einer Öffnung müssen Anhang C entsprechen.

Deckel, Befestigungen und ihre Dichtflächen müssen für einen Innendruck von mindestens 265 kPa ausgelegt sein.

Die für Öffnungen, Dichtflächen und Deckel verwendeten Werkstoffe müssen Abschnitt 5 entsprechen.

6.9.4 Deckel

Verschlüsse von Öffnungen mit einem Innendurchmesser von mindestens 200 mm müssen aus metallischen Werkstoffen nach Abschnitt 5 bestehen.

6.9.5 Halterungen für die Bedienungsausrüstung

Halterungen von Teilen der Bedienungsausrüstung sind so anzuordnen oder zu schützen, dass sie Schutz gegen das Risiko von Abreißen oder Beschädigung der Ausrüstung bieten.

Bei Tankkörpern und Abteilen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 10 000 l müssen sich die Halterungen für an der Oberseite des Tankkörpers angebrachte Bedienungsausrüstung, die sich zur Atmosphäre öffnen können, einschließlich Belüftungseinrichtung, Notentlastungsventilen und Überdruckventilen, so nah wie möglich an der volumetrischen Mittellinie des Tankkörpers oder Tankabteils befinden, um sicherzustellen, dass sie während des Transports mit dem füllungsfreien Raum des Tankabteils verbunden bleiben, und um zu vermeiden, dass die Ventile durch die Auswirkungen des Schwall des Inhalts geöffnet werden.

6.10 Trennwände im Tankkörper, Schwallwände und Schwallbleche

6.10.1 Schwallwände und Trennwände müssen entweder:

- a) bis zu einer Tiefe von mindestens 100 mm gewölbt sein; oder
- b) sie müssen gerillt, gerollt oder auf andere Weise verstärkt sein.

Bei Anwendung der Nachweisverfahren nach A.3 oder A.5 muss die sich aus dem Kalottenradius ergebene Tiefe der Wölbung überprüft werden.

6.10.2 Trenn- und Schwallwände sowie Unterlegbleche müssen durchgehend an den Tankkörper angeschweißt werden; ausgenommen davon sind die Anforderungen nach 6.10.4.

6.10.3 Die Dicke von Trenn- und Schwallwänden darf die für den Tankkörper festgelegte Minstdicke nicht unterschreiten; die Werkstoffeigenschaften von Trennwänden müssen mindestens denen eines Tankkörpers mit Minstdicke entsprechen.

6.10.4 Schwallwände, Schwallbleche und Verstärkungselemente, die mehr als 70 mm in das Innere des Tankkörpers hineinragen, müssen oben und unten sowie an den Seiten mit Öffnungen versehen sein, um das Entleeren eines teilweise oder vollständig umgekippten Tankkörpers zu unterstützen und die Bildung von Dampfpolstern zu verhindern, die beim Befüllen zu Fehlfunktionen der Füllstandsmesssysteme führen können.

Öffnungen an der Oberseite müssen eine Gesamtquerschnittsfläche von mindestens 2 000 mm² aufweisen und vollständig oberhalb einer waagerechten Linie angeordnet sein, die 100 mm unterhalb des Scheitels des Tankkörperquerschnitts liegt. Öffnungen am Boden, einschließlich vorhandener Sümpfe, müssen die Restentleerung des Tanks an der Entladestelle sicherstellen.

6.10.5 Mit Ausnahme von vorderen Abteilen (jeweils mit einem Fassungsvermögen von 1 500 l oder weniger) von festverbundenen Tanks, die an einem steifen Fahrgestell befestigt sind, dürfen an Böden grenzende Abteile nicht mit Trennwänden in Längsrichtung versehen sein.

Wenn Schwallbleche oder Schwallwände in Längsrichtung in an Böden grenzenden Abteilen vorhanden sind, muss stets ein Abstand von mindestens 200 mm zwischen ihnen und dem Boden des Tankkörpers verbleiben.

6.11 Befestigungseinrichtungen des Tankkörpers

6.11.1 Befestigungseinrichtungen für den Tankkörper müssen so ausgelegt sein, dass die in 6.7 festgelegten Spannungen nicht überschritten werden, wenn sie den in 6.3.1, 6.3.2 und 6.3.3 festgelegten statischen und dynamischen Kräften ausgesetzt sind.

6.11.2 Für die am Tankkörper anzuschweißenden Befestigungseinrichtungen müssen Unterlegbleche oder andere Verstärkungen verwendet werden, um den Anforderungen nach 6.11.1 zu entsprechen. Die Werkstoffe, die für Unterlegbleche oder ähnliche, direkt an den Tankkörper angeschweißte Verstärkungen verwendet werden, müssen mit dem Tankkörperwerkstoff kompatibel und fehlerfrei schweißbar sein.

6.12 Andere Anbauteile an den Tankkörper

6.12.1 Verstärkungen für Anbauteile an den Tankkörper müssen so ausgelegt sein, dass die in 6.7 festgelegte Spannung nicht überschritten wird.

6.12.2 Bei der Auslegung, wie die Anbauteile am Tankkörper befestigt werden, müssen sowohl der Zweck der Anbauteile als auch das Risiko einer Beschädigung des Tankkörpers bei Einwirkung zusätzlicher Kräfte auf die Anbauteile berücksichtigt werden.

6.12.3 Zwischen dem das Produkt aufnehmenden Tankkörper sowie inneren oder äußeren Anbauteilen und Verstärkungen entstehende abgeschlossene Räume müssen mit Entwässerungseinrichtungen versehen sein. Diese Entwässerungseinrichtungen dürfen nicht verschlossen werden.

6.13 Im Tankkörper fest eingebaute Rohrleitungen

6.13.1 Allgemeines

Durch den Tankkörper führende Rohre müssen so angeordnet und ausgelegt werden, dass das Risiko einer Beschädigung des Tankkörpers durch Kräfte, die von außen auf Rohr oder Tankkörper aufgebracht werden, auf ein Mindestmaß begrenzt ist.

Dauerhaft am Tankkörper befestigte Rohrleitungen müssen so ausgelegt sein, dass auf ihre Halterungen und den Tankkörper keine zusätzlichen Spannungen und Belastungen aufgebracht werden, die durch die Ausdehnung oder Kompression des Tankkörpers oder des Rohrleitungssystems selbst verursacht werden.

Rohre müssen aus einer nahtlosen metallischen Bauart bestehen; die für ihren Bau verwendeten Werkstoffe müssen für die im Tankkörper beförderten Stoffe geeignet sein und müssen den Anforderungen nach Abschnitt 5 entsprechen.

Rohre mit einem Innendurchmesser oberhalb 55 mm, die an einer beliebigen Stelle über eine Länge von mehr als 50 mm außerhalb des Tankkörpers verlaufen, müssen so bemessen sein, dass bei unbeabsichtigter

Beschädigung des Rohres außerhalb des Tankkörpers der außenliegende Teil des Rohres so abbricht, dass der Tankkörper nicht beschädigt wird.

Bei allen Änderungen der Rohrleitungsdurchmesser müssen Reduzierstücke verwendet werden.

Die Wanddicke von Rohren muss mindestens der in Tabelle 3 angegebenen Wanddicke oder der Wanddicke des Tankkörpers, sofern diese niedriger ist, entsprechen.

Tabelle 3 — Mindestwanddicke von durch den Tankkörper führenden Rohren

Maße in Millimeter

Innendurchmesser	Austenitischer Stahl	Baustahl	Aluminiumlegierung
≤ 55	2,5	3,0	4,0
> 55	3,0	4,0	5,0

6.13.2 Durch den Tankkörper geführte Entwässerungsleitungen der Tankoberseite

Entwässerungsleitungen der Tankoberseite müssen:

- den Anforderungen nach 6.14.1.3 und 6.14.2 entsprechen;
- einen Mindestinnendurchmesser von 38 mm aufweisen, durchgehend den gleichen Durchmesser haben und unverstopft sein;
- so ausgelegt oder mit Einrichtungen versehen sein, die das Eindringen von Fremdkörpern verhindern, die zu einer Verstopfung führen können; und
- durchgehend unverstopft sein und entweder direkt zum Boden oder über einen unverschlossenen Sammelcontainer ableiten.

6.13.3 Durch den Tankkörper geführte Versorgungsleitungen

Durch den Tankkörper geführte offene Rohre, die nicht zur Entwässerung dienen, müssen außerhalb der Oberseite des Tankkörpers (oder eines anderen Bereichs mit einer Entwässerung) einen Mindestabstand von 20 mm aufweisen.

6.14 Schutz der an der Tankoberseite angebrachten Bedienungsausrüstung

6.14.1 Allgemeine Anforderungen

6.14.1.1 Die Schutzeinrichtung gegen Beschädigungen bei Umkippen muss an der Oberseite des Tankkörpers angebracht werden, wobei sie die Bedienungsausrüstung aufnimmt, die an der Oberseite des Tankkörpers angebracht ist und diesen mit dem Inneren des Tankkörpers verbindet.

6.14.1.2 Schutzeinrichtung(en) und Befestigungsposition(en) für die Bedienungsausrüstung muss/müssen so ausgelegt sein, dass die an der Tankoberseite angebrachte Bedienungsausrüstung mindestens 25 mm innerhalb der Kontur der Schutzeinrichtung liegt.

6.14.1.3 Weist der von der/den Schutzeinrichtung(en) umgebene Bereich keinen Abfluss auf, ist ein Entwässerungssystem vorzusehen.

6.14.1.4 Der gesamte Schutz der Tankoberseite muss so ausgelegt sein, dass er einer senkrecht aufgetragenen statischen Belastung, die der doppelten Masse der höchsten Auslegungsmasse des

Tankfahrzeugs entspricht, ohne bleibende Verformung standhält. Diese Berechnung ist nicht erforderlich, wenn die Schutzeinrichtung den in 6.14.2 festgelegten Anforderungen entspricht.

6.14.1.5 Wenn Notentlastungsventile vorgesehen sind, dürfen keine Abdeckungen befestigt werden, es sei denn, sie sind so ausgelegt, dass sie die volle Abblasmenge des Ventils berücksichtigen und dieses nicht in seiner Funktion einschränken.

6.14.2 Mindestanforderungen

6.14.2.1 Allgemeines

Spezielle Arten von Schutzeinrichtungen müssen die in den folgenden Unterabschnitten festgelegten Anforderungen erfüllen:

- a) 6.14.2.2 für Bauteile in Längs- und Querrichtung;
- b) 6.14.2.3 für die Tankkörperkonturen;
- c) 6.14.2.4 für Auffangwannen;
- d) 6.14.2.5 für Überrollbügel;
- e) 6.14.2.6 für kastenförmige Bauteile in Querrichtung.

6.14.2.2 Bauteile in Längs- und Querrichtung

ANMERKUNG 1 Eine typische Anordnung der Bauteile in Längs- und Querrichtung zum Schutz der Bedienungsausrüstung ist in Bild 1 dargestellt.

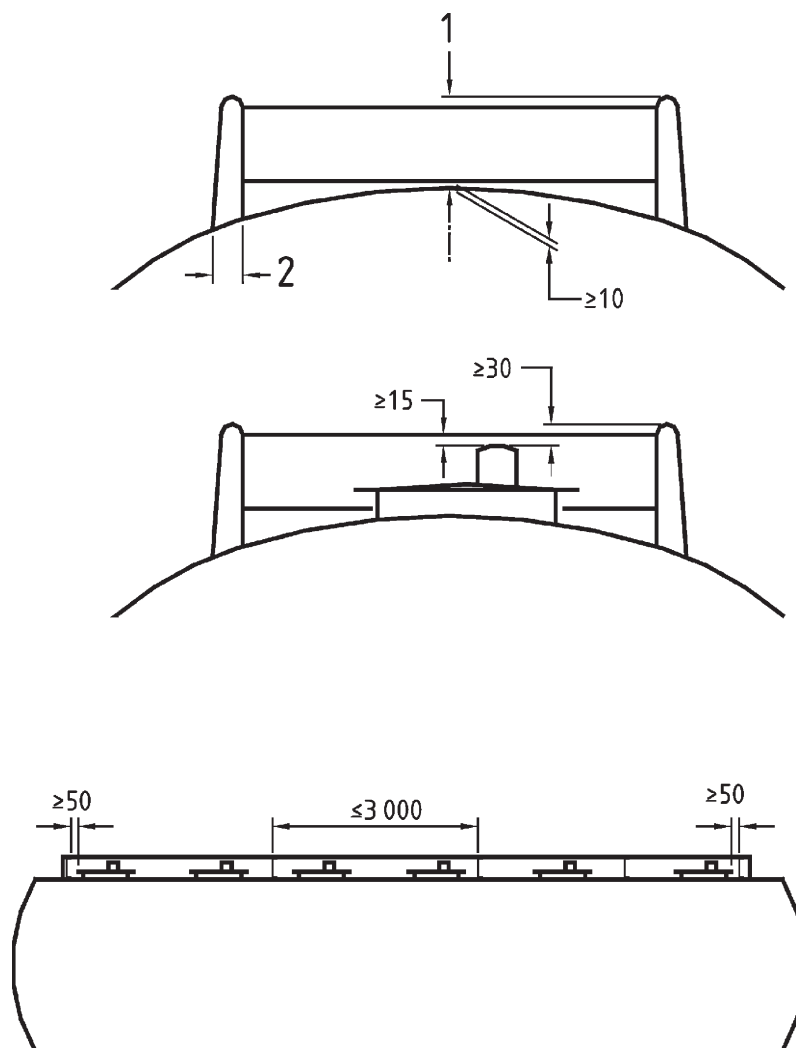
Wenn in Längs- und Querrichtung angeordnete Bauteile zum Schutz der Bedienungsausrüstung verwendet werden:

- a) müssen sie so angeordnet werden, dass sie einen geschlossenen Kastenquerschnitt bilden, wenn sie auf dem Tankscheitel angebracht sind;
- b) muss die Breite der Bauteile in Längsrichtung bei einer Messung in Höhe des Tankscheitels mindestens ein Drittel der Höhe betragen;
- c) darf die Höhe der Bauteile in Längsrichtung das höchste Teil der Bedienungsausrüstung zuzüglich 30 mm nicht unterschreiten;
- d) müssen die Bauteile in Querrichtung die beiden Bauteile in Längsrichtung tragen, wobei der dazwischenliegende Abstand 3 000 mm nicht überschreiten darf;
- e) müssen die Bauteile in Querrichtung mindestens 50 mm über das vorderste und mindestens 50 mm über das hinterste Teil der Bedienungsausrüstung hinausragen;
- f) darf die Höhe der Bauteile in Querrichtung das höchste Teil der Bedienungsausrüstung zuzüglich 15 mm nicht unterschreiten;
- g) muss an der Mittellinie des Tankkörpers der senkrechte Abstand zwischen den Bauteilen in Querrichtung und dem Tankkörper mindestens 10 mm betragen;
- h) muss der Querschnitt von Bauteilen in Querrichtung oberhalb der waagerechten Achse ein kleinstes Widerstandsmoment von mindestens 10 cm^3 bei Verwendung von Bezugsstahl bzw. ein äquivalentes Widerstandsmoment bei Verwendung eines anderen Metalls aufweisen. Das Widerstandsmoment muss

auch dann erhalten bleiben, wenn Ausschnitte für eine gesonderte Gassammelleitung oder für andere Rohre vorgesehen sind;

- i) müssen Bauteile in Querrichtung an ihrer niedrigsten Stelle mindestens eine Entwässerungsöffnung aufweisen;
- j) darf die Wanddicke der Bauteile in Längs- und Querrichtung nicht geringer sein als:
 - 1) 2 mm bei austenitischem Stahl;
 - 2) 2,5 mm bei sonstigen Stählen;
 - 3) 4 mm bei Aluminiumlegierungen.
- k) sind mindestens zwei Entwässerungsleitungen vorzusehen, eine an jeder Seite der senkrechten Mittelachse des Tankkörpers, bei deren Auslegung die Neigung(en) des Tanks unter Betriebsbedingungen zu berücksichtigen ist/sind; sie dürfen nicht verstopft sein und keinen zusätzlichen Zwecken dienen, wie der Aufnahme von Kabeln und Pneumatikleitungen.

ANMERKUNG 2 Bauteile in Längsrichtung können für die Gassammelleitung verwendet werden.



Legende

- 1 Höhe des in Längsrichtung über dem Scheitel des Tankkörpers angeordneten Schutzelements (gemessen an der oberen Mittellinie des Tankkörpers)
- 2 Breite des in Längsrichtung angeordneten Schutzelements (gemessen an der Grundfläche) – mindestens ein Drittel der Höhe

Bild 1 — Typische Anordnung von Bauteilen in Längs- und Querrichtung zum Schutz der Bedienungsausrüstung

6.14.2.3 Tankkörperkonturen

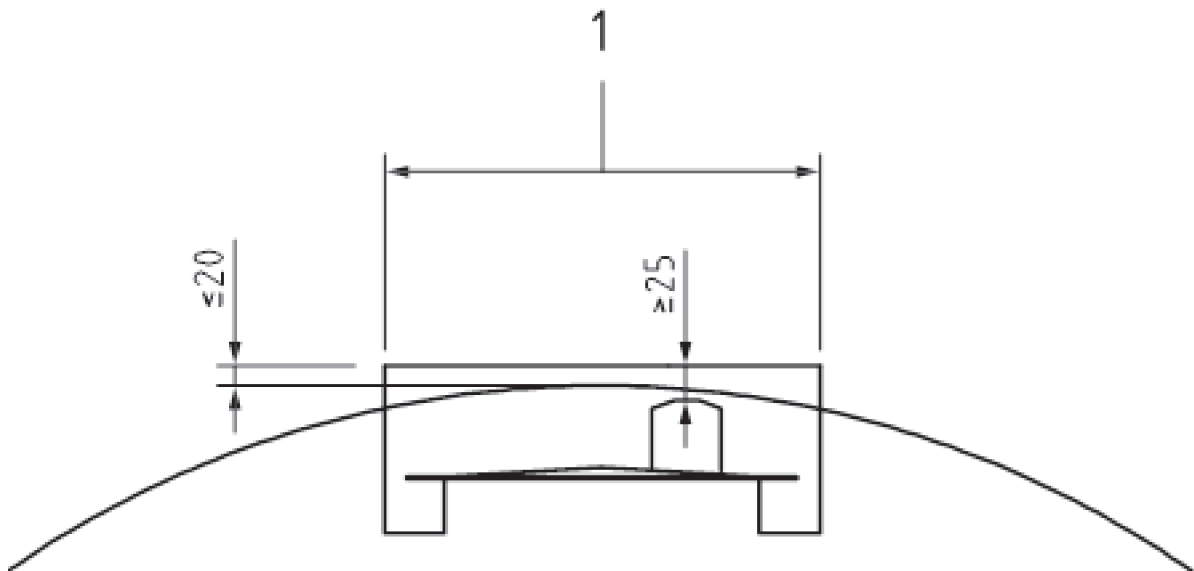
ANMERKUNG Eine typische Anordnung für die Kontur des Tankkörpers zum Schutz der Bedienungsausrüstung ist in Bild 2 dargestellt.

Wenn es nicht möglich ist, den Tankkörper oder das Tankkörperabteil aufgrund seiner Form seines Baus vollständig zu befüllen, ist dieser geringere Fassungsraum für die Bestimmung des Füllungsgrades und die Kennzeichnung des Tanks zu verwenden.

Sind Teile der Bedienungsausrüstung vollständig innerhalb der zum Schutz des Tankkörpers vorgesehenen Kontur angebracht:

- a) müssen sie in einem Schutzring angeordnet werden, der so in den Tankkörper eingelassen ist, dass sich alle Ausrüstungsteile mindestens 25 mm innerhalb der Kontur der Ringoberkante befinden;
- b) darf der Ring nicht mehr als 20 mm über die Kontur des Tankkörpers hinausragen;
- c) darf der Außendurchmesser des Schutzrings nicht größer als 700 mm sein;
- d) darf die Wanddicke des Rings nicht kleiner sein als:
 - 1) 6 mm bei Baustahl;
 - 2) 4 mm bei austenitischem Stahl;
 - 3) 5 mm bei austenitisch-ferritischem Stahl;
 - 4) 8 mm bei Aluminiumlegierungen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Außenmaß ≤ 700

Bild 2 — Typische Anordnung einer Tankkörperkontur zum Schutz der Bedienungsausrüstung

6.14.2.4 Auffangwannen

ANMERKUNG Eine typische Anordnung von Auffangwannen zum Schutz der Bedienungsausrüstung ist in Bild 3 dargestellt.

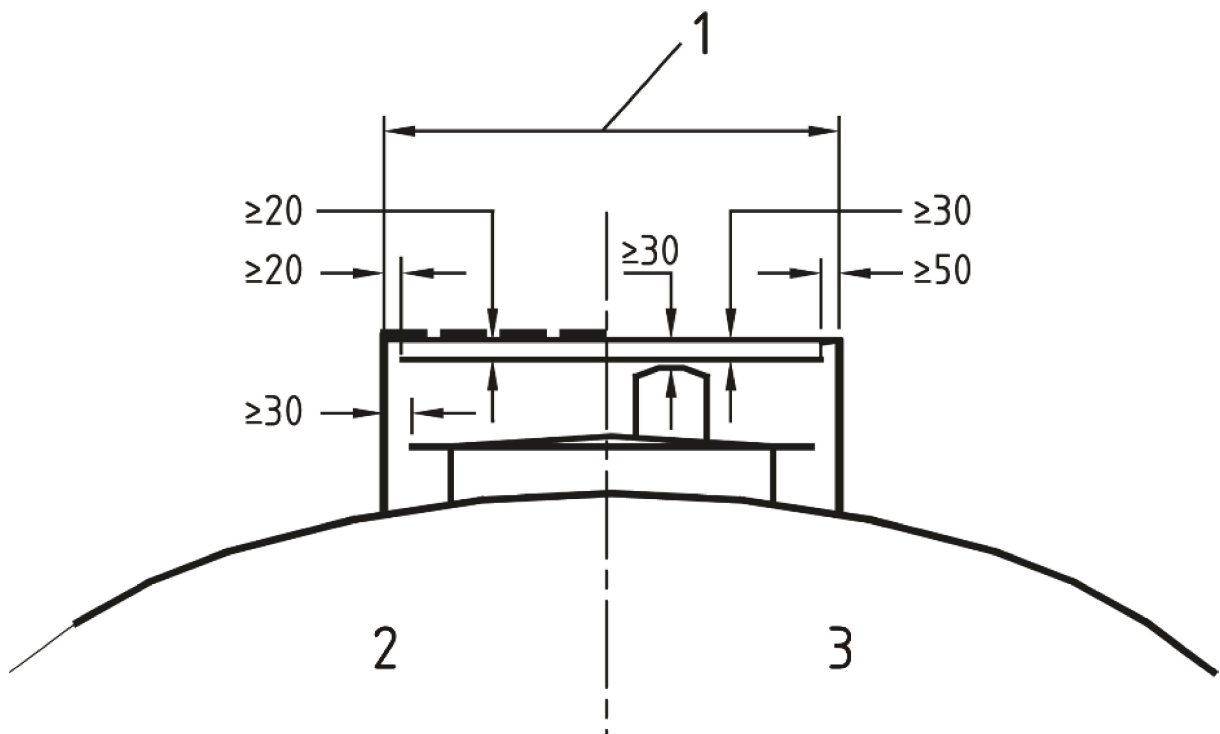
Wird eine Auffangwanne zum Schutz der Bedienungsausrüstung verwendet:

- a) darf ihre Höhe nicht die Höhe des höchsten Teils der Bedienungsausrüstung zuzüglich 30 mm unterschreiten;
- b) muss sie alle Teile der Bedienungsausrüstung unter Einhaltung eines seitlichen Mindestabstands von 30 mm zwischen Auffangwanne und zu schützender Ausrüstung vollständig einschließen;
- c) muss bei Anwendung einer Auffangwanne ohne Abdeckung die Oberkante der Auffangwanne zweimal nach innen gefaltet werden, mindestens 30 mm (waagrecht) und 20 mm (senkrecht abwärts);
- d) muss bei Anwendung von Auffangwannen mit Abdeckung die Oberkante der Auffangwanne zweimal nach innen gefaltet werden, mindestens 20 mm (waagrecht) und 20 mm (senkrecht abwärts);
- e) darf der Außendurchmesser der Auffangwanne 900 mm nicht überschreiten; bei rechtwinkligen Auffangwannen darf die Breite 900 mm und die Länge 1 500 mm nicht überschreiten;
- f) darf die Wanddicke die in Tabelle 4 angegebenen Werte nicht unterschreiten.

Tabelle 4 — Mindestdicke von Auffangwannen und Schutzabdeckungen

	Auffangwannen mm	Schutzabdeckungen mm
Baustahl	4,0	2,0
Austenitischer Stahl	2,5	1,5
Austenitisch-ferritischer Stahl	3,0	2,0
Aluminiumlegierung	6,0	3,0

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Breite/Durchmesser: jeweils ≤ 900 ; Länge (sofern rechtwinklig): $\leq 1\,500$
- 2 Auffangwanne mit Abdeckung
- 3 Auffangwanne ohne Abdeckung

Bild 3 — Typische Anordnung von Auffangwannen zum Schutz der Bedienungsausrüstung

6.14.2.5 Überrollbügel

ANMERKUNG Eine typische Anordnung der Überrollbügel zum Schutz der Bedienungsausrüstung ist in Bild 4 dargestellt.

Überrollbügel sind auf Verstärkungselementen des Tanks, wie z. B. Trennwänden oder Schwallwänden, anzubringen.

Die Werte des Widerstandsmoments gelten für Bezugsstahl (Z_0); werden andere Werkstoffe für die Überrollbügel verwendet, muss das äquivalente Widerstandsmoment dieses Werkstoffs (Z_1) nach Gleichung (4) bestimmt werden. Bei Verwendung von Baustahl ist keine Berechnung erforderlich.

$$Z_1 = \frac{10\,000 \text{ N/mm}^2}{R_{m1} A_1} \times Z_0 \quad (4)$$

Wird die Bedienungsausrüstung durch Überrollbügel geschützt:

- a) müssen die Überrollbügel rechtwinklig zur Fahrtrichtung angebracht werden;
- b) müssen die Überrollbügel so niedrig wie möglich sein;
- c) muss die Bedienungsausrüstung mindestens 50 mm innerhalb der Kontur des Überrollbügels liegen;

- d) müssen die Überrollbügel vor dem ersten und hinter dem letzten Teil der Bedienungsausrüstung angebracht werden;
- e) darf der Abstand der einzelnen Überrollbügel voneinander höchstens 3 000 mm betragen;
- f) muss das Widerstandsmoment eines jeden Überrollbügels mindestens 5 cm^3 zuzüglich 1 cm^3 je 1 000 l Fassungsraum des Tankkörpers betragen, darf dabei jedoch 30 cm^3 nicht übersteigen;
- g) müssen die Überrollbügel und Versteifungen mit dem Tankkörper an örtlich verstärkten Stellen verbunden werden, um die Risiken einer Beschädigung des Tankkörpers zu verringern;
- h) müssen die Überrollbügel aus Stabilitätsgründen auf der Längsachse des Tankkörpers versteift werden;
- i) darf der Winkel der Versteifungen zum Tankkörper höchstens 45° betragen;
- j) müssen die Versteifungen so hoch wie möglich am Überrollbügel angebracht werden;
- k) muss das Widerstandsmoment aller Versteifungen zusammen mindestens dem für den Überrollbügel angesetzten Wert entsprechen;
- l) wenn Verstärkungsplatten als Versteifungen verwendet werden, muss deren Beulwiderstand mindestens dem Widerstand der Rohrleitungen nach h), i), j) und k) entsprechen.

Maße in Millimeter

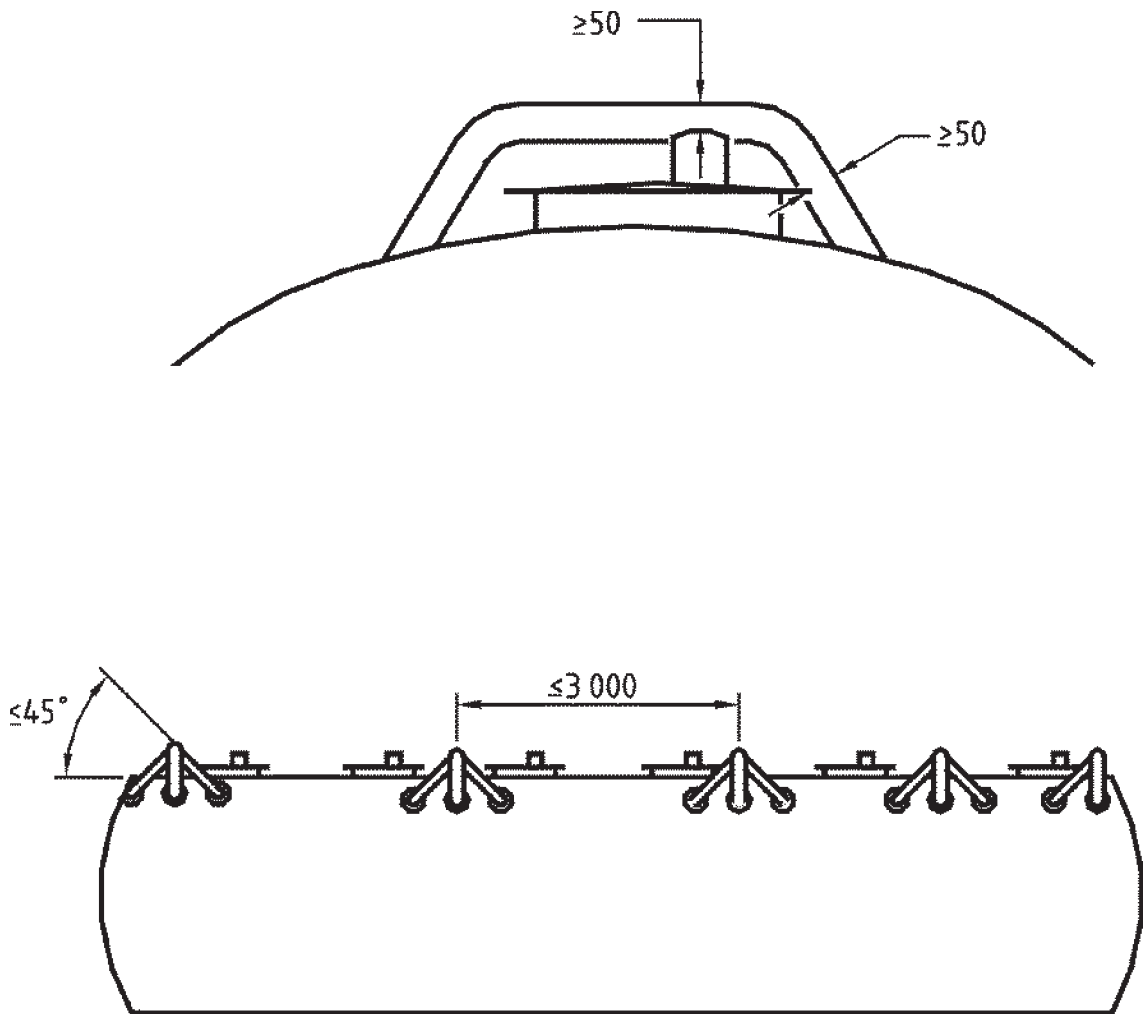


Bild 4 — Typische Anordnung der Überrollbügel zum Schutz der Bedienungsausrüstung

6.14.2.6 Kastenförmige Bauteile in Querrichtung

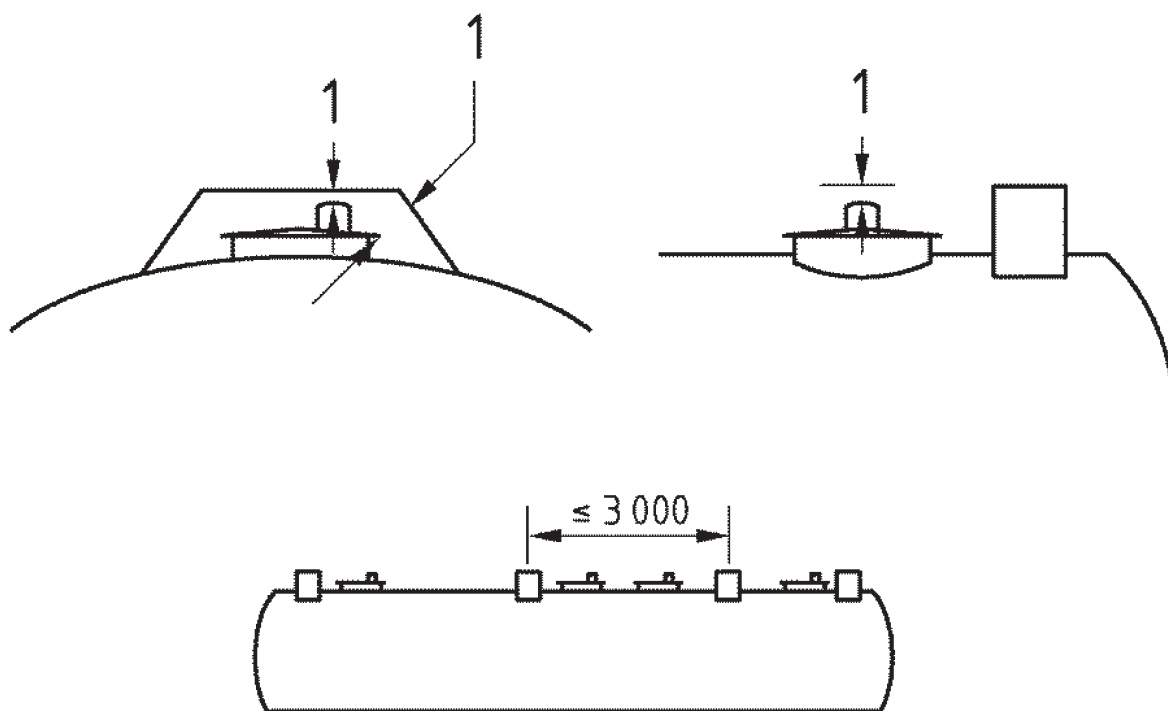
ANMERKUNG Eine typische Anordnung der kastenförmigen Bauteile in Querrichtung zum Schutz der Bedienungsausrüstung ist in Bild 5 dargestellt.

Wird die Bedienungsausrüstung durch kastenförmige Bauteile in Querrichtung geschützt:

- a) müssen diese aus Werkstoffen nach Abschnitt 5 als Metallblecherzeugnisse hergestellt sowie durchgängig an den Tankkörper geschweißt sein und geschlossene Abschnitte damit bilden;
- b) muss die Höhe der kastenförmigen Bauteile in Querrichtung so niedrig wie möglich sein, aber in jedem Fall Folgendem entsprechen:
 - 1) bei Tanks für körnige Stoffe mindestens dem höchsten Teil der Bedienungsausrüstung zuzüglich 25 mm;
 - 2) bei Tanks für alle andere Stoffe mindestens dem höchsten Teil der Bedienungsausrüstung zuzüglich 50 mm.
- c) müssen die kastenförmigen Bauteile in Querrichtung vor dem ersten und hinter dem letzten Teil der Bedienungsausrüstung angebracht werden;

- d) darf der Abstand der einzelnen kastenförmigen Bauteile voneinander höchstens 3 000 mm betragen;
- e) muss das Widerstandsmoment jedes kastenförmigen Bauteils in Querrichtung mindestens 5 cm^3 zuzüglich 1 cm^3 je 1 000 l Fassungsraum des Tankkörpers betragen, darf dabei jedoch 30 cm^3 nicht übersteigen;
- f) muss ein vergleichbares Widerstandsmoment nach der Gleichung in 6.14.2.5 berechnet werden, wenn ein anderer Werkstoff als Baustahl für das kastenförmige Bauteil in Querrichtung verwendet wird;
- g) ist keine zusätzliche Versteifung erforderlich, wenn die Breite des kastenförmigen Bauteils in der Längsebene des Tanks größer als dessen Höhe ist, gemessen am höchsten Punkt des Tankkörpers; andernfalls gelten die Festlegungen nach 6.14.2.5.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 ≥ 25 für körnige Stoffe
- ≥ 50 für alle anderen Stoffe

Bild 5 — Typische Anordnung der kastenförmigen Bauteile in Querrichtung zum Schutz der Bedienungsausrüstung

6.15 Elektrische Verbindung und Erdung

Die Elektrische Verbindung muss den Anforderungen nach EN 14025:2018, 5.6, entsprechen, sofern zutreffend.

7 Herstellung des Tankkörpers

7.1 Allgemeines

7.1.1 Die Herstellungsverfahren müssen so gewählt werden, dass durch den Verformungsgrad, der für bestimmte Tankkonstruktionen erforderlich ist, keine Rissbildung oder andere Hinweise auf Werkstofffehler im Tankkörper auftreten.

7.1.2 Der Hersteller des Tankkörpers muss ein Identifizierungssystem für die bei der Herstellung verwendeten Werkstoffe anwenden, damit für alle Werkstoffe im Tankkörper eine Rückverfolgung zu ihrer Herkunft möglich ist. Im Rahmen dieses Systems:

- a) müssen geeignete Verfahren zur Prüfung der Identität von Werkstoffen für den Tankkörper und dessen Befestigungseinrichtungen, die von Lieferanten bezogen werden, angewendet werden; diese Verfahren müssen auf der Bereitstellung von Prüfbescheinigungen für den Werkstoff 3.1 nach EN 10204 und/oder auf Abnahmeprüfungen basieren;
- b) ist sicherzustellen, dass vor dem Schneiden und Formen von Tankkörperteilen die ursprünglich verwendete Werkstoffkennzeichnung auf alle Teile übertragen wird, die nach dem Beenden des Vorgangs ohne Kennzeichnung wären.

7.2 Schneiden und Kantenvorbereitung

7.2.1 Der Werkstoff muss durch Brennschneiden, maschinelle Bearbeitung, Kaltschneiden oder ein anderes geeignetes Verfahren auf Größe und Form zugeschnitten werden. Die Oberflächen müssen nach dem Brennschneiden durch Schleifen oder andere maschinelle Verfahren nachbearbeitet werden, um grobe Kerben, Schlacke und Zunder zu beseitigen. Kaltgeschnittene Bleche mit einer Dicke oberhalb 10 mm müssen vor dem Schweißen nachbearbeitet werden. Sofern der Hersteller nicht nachweisen kann, dass der Werkstoff durch den Schneidvorgang nicht beeinträchtigt wurde, sind durch Brennschneiden erzeugte Schnittkanten ferritischer Legierungsstähle durch Schleifen oder andere maschinelle Verfahren über eine Länge von mindestens 1,5 mm zu glätten.

7.2.2 Zu verschweißende Kanten müssen nach dem Schneiden und der Kantenvorbereitung einer Inspektion unterzogen werden; das Schweißen darf nur durchgeführt werden, wenn keiner der folgenden Mängel vorliegt:

- Einreißen des Werkstoffs (Schichtenbildungen);
- Walzzunderstellen;
- Spannungsrisse als Folge des Brennschneidens;
- Kupfer- oder Kohlenstoffablagerungen;
- zur Oberfläche hin offene Dopplungen;
- Spuren von Farbe, es sei denn, die Farbe beeinträchtigt die Schweißqualität nicht;
- Spuren von Schmiermitteln oder anderen Verschmutzungen der Oberfläche, die die Schweißqualität beeinträchtigen könnten;
- Schlackeneinschlüsse.

7.3 Umformung

7.3.1 Allgemeines

7.3.1.1 Werkstoffe müssen mittels geeigneter Verfahren unter der Voraussetzung in die erforderliche Form gebracht werden, dass der Grad der Biegeumformungen und die Biegeradien die entsprechenden Festlegungen der Werkstoffnorm nicht unterschreiten. Nach dem Formen muss die Dicke dem in 6.8.1 festgelegten Mindestwert entsprechen. Bleche müssen bis zu ihren Kanten auf die exakte Form bearbeitet werden, sofern nicht nach der Verformung eine Nachbearbeitung durchgeführt werden muss.

7.3.1.2 Falls Bleche vor der Verformung durch Stumpfschweißen zu verbinden sind, muss die Schweißverbindung nach der Verformung einer zerstörungsfreien Prüfung nach 7.4.4 unterzogen werden, wenn der Radius des verformten Abschnitts bei Verwendung von Stählen kleiner als die 20-fache Werkstoffdicke und bei Verwendung von Aluminium kleiner als die 40-fache Werkstoffdicke ist.

Wenn Bleche mit unterschiedlichen Dicken vor der Formgebung stumpfgeschweißt werden, sollte dieser Wert als Dicke des dickeren Blechs angenommen werden.

7.3.1.3 Gegebenenfalls muss die Schweißnaht selbst vor der Umformung zurückgeschliffen werden, um große Spannungen in der Schweißnaht zu vermeiden.

7.3.2 Warmumformen — zusätzliche Anforderungen

7.3.2.1 Wird ein Warmumformverfahren angewendet, darf die Werkstofffestigkeit nach dem Umformen die in der Werkstoffspezifikation festgelegten Mindestwerte für die in 5.2 angegebenen Eigenschaften nicht unterschreiten.

7.3.2.2 Der nach allen Warmumformverfahren zurückbleibende Grobzunder muss durch ein geeignetes Entzunderungsverfahren entfernt werden, das nachgewiesenermaßen die Werte für die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit nicht so weit verringert, dass die bei der ursprünglichen Auslegung erforderlichen Werte unterschritten werden.

7.3.2.3 Stahlbleche aus austenitischem Stahl, die zu erwärmen oder warm zu bearbeiten sind, müssen in einer neutralen oder oxidierenden Atmosphäre ohne direkte Flammenbeaufschlagung gleichmäßig auf eine Temperatur erwärmt werden, die nicht über der vom Werkstoffhersteller für die Warmumformung empfohlenen Temperatur liegt. Ein Umformen darf nicht erfolgen, wenn die Temperatur des Werkstoffs auf Werte unterhalb 900 °C abgesunken ist; eine langsame Abkühlung zwischen 750 °C und 600 °C ist zu vermeiden.

7.4 Schweißen

7.4.1 Qualifikation

7.4.1.1 Ein System zur Sicherung der Schweißqualität nach EN ISO 3834-1 und EN ISO 3834-2 muss eingeführt und verwendet werden.

7.4.1.2 Schweißverfahren müssen nach den maßgebenden Abschnitten von EN ISO 15607, EN ISO 15609-1, EN ISO 15609-2, EN ISO 15613 oder mit den maßgebenden Teilen und Abschnitten der Normenreihe von EN ISO 15614, sofern zutreffend, zugelassen sein.

7.4.1.3 Mit dem Schweißen des Tankkörpers sind Personen mit einer Qualifizierung nach EN ISO 9606-1, EN ISO 9606-2 oder EN ISO 14732, sofern zutreffend, zu beauftragen.

7.4.2 Schweißverbindungen

7.4.2.1 Schweißnahtangaben müssen so ausgewählt werden, dass Folgendes berücksichtigt wird:

- das Herstellungsverfahren;
- die Betriebsbedingungen;
- die Möglichkeit zur Durchführung notwendiger zerstörungsfreier Prüfungen.

7.4.2.2 Geeignete Schweißnahtangaben sind in Anhang D und in EN 14025 enthalten.

Wenn andere Schweißnahtangaben verwendet werden, muss die Auslegung nach Anhang B, B.7, bewertet werden.

7.4.2.3 Wenn ein Teil des Tankkörpers aus zwei oder mehreren Schüssen gefertigt ist, müssen:

- entweder die Längsschweißnähte benachbarter Schüsse mindestens 50 mm voneinander entfernt sein; oder
- eine Schweißnahtkreuzung durch ein kreisrundes Blech aus dem gleichen Werkstoff mit einem Durchmesser von mindestens 150 mm ersetzt werden, sofern das verwendete Kreuzschweißverfahren nicht zu den für den Tankkörper zugelassenen Schweißverfahren gehört.

7.4.3 Vorübergehend angebrachte Anbauteile

7.4.3.1 Die Anzahl der vorübergehend direkt an den Tankkörper angeschweißten Anbauteile muss auf das erforderliche Mindestmaß begrenzt werden. Von den für vorübergehend angebrachte Anbauteile verwendeten Werkstoffen muss bekannt sein, dass sie mit dem Tankkörperwerkstoff kompatibel, d. h. fehlerfrei zu verschweißen sind.

7.4.3.2 Vorübergehend angebrachte Anbauteile müssen vor der Wasserdruckprüfung vom Tankkörper entfernt werden. Für das Entfernen ist ein Verfahren anzuwenden, das die Unversehrtheit des Tanks sicherstellt. Jede erforderliche Ausbesserung durch Schweißen beschädigter Stellen muss nach dem jeweils zutreffenden Teil der EN ISO 15607 durchgeführt werden.

7.4.3.3 Anbauteile aus unterschiedlichen Metallen dürfen an Zwischenteile angeschweißt werden, z. B. dauerhaft mit dem Tank verbundene Unterlegbleche. Für Verbindungen aus unterschiedlichen Metallen müssen kompatible Schweißzusatzstoffe verwendet werden.

7.4.4 Untersuchung und Prüfung von Schweißnähten

Die Anforderungen an die Untersuchung und Prüfung von Schweißnähten sind in der EN 12972 enthalten.

7.5 Herstellungstoleranzen

7.5.1 Allgemeines

Die Herstellungstoleranzen müssen EN 12972 entsprechen.

7.5.2 Ausrichtung der Bleche

7.5.2.1 Sofern am Übergang keine Abschrägung vorgesehen ist, darf der Oberflächenversatz benachbarter Bleche an Längs- und Rundschweißnähten höchstens 25 % der Dicke des dünneren Blechs und höchstens 1 mm betragen.

7.5.2.2 Bei einer Schrägstoßverbindung zwischen den Oberflächen darf das Abschrägungsverhältnis nicht mehr als 1:3 betragen. Wenn von einem der Bleche für die Schrägstoßverbindung Werkstoff entfernt wird, darf die Blechdicke nicht unter die bei der Auslegung erforderliche Dicke verringert werden.

ANMERKUNG Der Schrägstoß kann die gesamte Breite der Schweißnaht einnehmen, wobei auf die untere Fläche bei Bedarf zusätzliches Schweißmetall aufgebracht wird.

7.5.2.3 Bei Schrägstoßverbindungen muss der Abstand zwischen der Oberfläche des dickeren Blechs und der Mittellinie des dünneren Blechs Folgendem entsprechen:

- für Längsschweißnähte mindestens 35 % der Dicke des dünneren Blechs;
- für Rundschweißnähte mindestens 25 % der Dicke des dünneren Blechs.

7.5.3 Formfehler

Wülste und Dellen müssen glatt sein, und deren Tiefe darf bei Messung als Abweichung gegenüber der üblichen Krümmung oder der Außenlinie des zylindrischen Tankkörpers 2 % ihrer Länge oder Breite nicht überschreiten.

7.5.4 Dicke

Die Dicke der Tankwände muss nach der Herstellung mindestens der in 6.8 festgelegten Mindestdicke entsprechen; jede Dickenänderung muss allmählich verlaufen.

7.5.5 Böden

Böden müssen den folgenden Anforderungen entsprechen:

- die Gesamthöhe des Tankendbodens darf, abzüglich vorhandener Bords, die durch die Auslegung festgelegte Höhe nicht unterschreiten;
- der Krempenradius darf den durch die Auslegung festgelegten Wert nicht unterschreiten;
- der Kalottenradius darf den durch die Auslegung festgelegten Wert nicht überschreiten.

7.6 Ausbesserung von Fehlern

7.6.1 Allgemeine Anforderungen

7.6.1.1 Fehler müssen durch Anwendung von mechanischen oder/und thermischen Verfahren ausgebessert werden.

7.6.1.2 Oberflächenfehler im Grundwerkstoff, z. B. Lichtbogeneinschläge, Werkzeugspuren, Schneidmarken usw., müssen durch Schleifen beseitigt werden. Zwischen dem abgeschliffenen Bereich und dessen Umgebung muss ein glatter Übergang entstehen.

7.6.1.3 Alle Ausbesserungen müssen nach 7.1 bis 7.5 durchgeführt werden.

7.6.1.4 Nach Abschluss einer Ausbesserung muss die Werkstoffdicke innerhalb der bei der Auslegung festgelegten Toleranzen liegen; sie darf keinesfalls die nach 6.8.1 bestimmte Mindestdicke unterschreiten.

7.6.1.5 Nach Abschluss der Ausbesserung muss der davon betroffene Bereich in Abhängigkeit vom verwendeten (mechanischen oder thermischen) Ausbesserungsverfahren auf geeignete Weise untersucht werden; wurden bei der Ausbesserung Schweißarbeiten durchgeführt, müssen mindestens die in 7.4 aufgeführten Festlegungen eingehalten werden.

7.6.2 Ausbesserung von Schweißfehlern

7.6.2.1 Der Umfang einer Ausbesserung muss in Abhängigkeit von Lage, Größe und Art des Fehlers festgelegt werden. Entweder müssen lediglich der Fehler und die den Fehler umgebende Fläche ausgebessert werden, oder aber die fehlerhafte Schweißnaht ist vollständig zu entfernen.

7.6.2.2 Ausbesserungen, bei denen Schleif- oder andere werkstoffabtragende Verfahren, aber keine Schweißverfahren angewendet werden, sind so auszuführen, dass ein glatter Übergang zu den umgebenden Bereichen erreicht wird.

7.6.2.3 Für das Fugenhobeln müssen Elektroden verwendet werden, um eine Verschmutzung der übrigen Werkstoffoberflächen möglichst gering zu halten. Werden für Tanks aus nichtrostendem Stahl Elektroden aus Kohlenstoff oder aus unlegiertem Stahl verwendet, muss die Werkstoffoberfläche im fugengehobelten Bereich um mindestens 0,3 mm abgeschliffen werden, bevor weitere Ausbesserungsarbeiten durchgeführt werden.

7.6.2.4 Der Bereich um einen ausgebesserten Fehler muss mit dem gleichen Verfahren untersucht werden, das ursprünglich nach 7.4.4 verwendet wurde.

8 Kennzeichnung

8.1 Direkte Kennzeichnung des Tanks

Der Tankkörper muss alle folgenden Kennzeichnungen dauerhaft und haltbar gestempelt oder geschweißt auf einem Teil tragen, das mit ihm verschweißt ist, jedoch nicht mit dem beförderten Stoff in Berührung kommt, z. B. auf einem Auflager des Tankkörpers; die Informationen dürfen auf einem separaten Schild angebracht sein, das seinerseits an den Tankkörper angeschweißt ist:

- Verweisung auf dieses Dokument prEN 13094:2019;
- Name und/oder Logo des Herstellers;
- Seriennummer;
- Datum der Herstellung.

Die Lage der Kennzeichnung ist vom Hersteller in den Unterlagen zur Typzulassung anzugeben.

8.2 Kennzeichnung von Tankschildern

Ein Schild, das mit der Tankidentität und den Tankinformationen gekennzeichnet ist, muss den Vorschriften entsprechend sicher befestigt werden.

Anhang A (normativ)

Nachweisverfahren zur Tankauslegung

A.1 Allgemeines

Eines der in A.2 bis A.5 beschriebenen Verfahren oder eine Kombination dieser Verfahren muss als Nachweis der Auslegung des Tanks und der Konstruktion zu dessen Befestigung am Fahrzeug angewendet werden.

A.2 Dynamische Prüfung – Verfahren zum Nachweis der Belastungen nach 6.3.2

A.2.1 Allgemeines

A.2.1.1 Allgemeines

Messungen der Beschleunigung und der zugehörigen Dehnung müssen mittels folgender Prüfungen durchgeführt werden:

- a) Bremsen (A.2.1.2);
- b) Überfahren einer Holperstrecke (A.2.1.3);
- c) langsame Kreisfahrt im Spurkreis mit einem Minstdurchmesser von 15 m (anwendbar auf Fahrzeugkombinationen, deren Gesamtlänge 18,65 m nicht überschreitet; für andere Fahrzeugkombinationen können andere Spurkreisdurchmesser gelten) (A.2.1.4).

Die in A.2.1.2 bis A.2.1.4 festgelegten Prüfungen müssen an Tankkörpern durchgeführt werden, die zu mindestens 97 % ihres Fassungsvermögens mit Wasser befüllt sind. Führt dies zu einem Überladen des Prüffahrzeugs, muss dies im Prüfverfahren berücksichtigt und mit der zuständigen Behörde eine geeignete Vorgehensweise vereinbart werden; beispielsweise dürfen bei Mehrkammertankkörpern einige Abteile ungefüllt bleiben und die Prüfung darf mit den Abteilen in gefülltem Zustand wiederholt werden. In jedem Fall ist jedoch jedes Abteil bis zu dessen Nenn-Fassungsvermögen mit der Prüfflüssigkeit und nicht nur einfach mit der zulässigen Masse zu befüllen.

Die lineare Extrapolation der gemessenen Dehnungen muss durchgeführt werden unter Berücksichtigung:

- der Differenz zwischen den gemessenen Beschleunigungen und den in A.2.1.2 bis A.2.1.4 festgelegten Auslegungsbeschleunigungen;
- der Differenz zwischen der Masse der Prüfflüssigkeit (Wasser) und der am Tankschild ausgewiesenen maximalen Masse der zugelassenen Stoffe.

A.2.1.2 Prüfung a) — Bremsen

Das Bremsen ist auf ebener und trockener Strecke mit einer Verzögerung von etwa 0,6 g durchzuführen. Die gemessenen Werte sind bis auf die erforderlichen 2 g linear zu extrapolieren.

A.2.1.3 Prüfung b) — Überfahren einer Holperstrecke

Das Befahren einer Teststrecke, wie sie im Automobilbau zur Sicherstellung der Dauerfestigkeit benutzt wird, ist nicht erforderlich. Es genügen ebene Strecken, auf denen sich Hindernisse (z. B. Holzschwellen, 45 mm hoch und in Fahrtrichtung abgeschrägt, in einem Abstand, der dem zwischen der ersten und letzten Achse des Tankfahrzeugs entspricht) befinden.

Die Hindernisse sind beidseitig und abwechselnd einseitig rechts/links zu positionieren. Die Geschwindigkeit des Tankfahrzeugs und die Höhe der Hindernisse sind so zu wählen, dass sich Werte ergeben, die eine realistische Extrapolation auf 2 g ermöglichen.

A.2.1.4 Prüfung c) — Langsame Kreisfahrt in einem Spurbereich mit 15 m Minstdurchmesser

Die Geschwindigkeit ist so zu wählen, dass die Kippgrenze des Tankfahrzeugs nicht erreicht wird. Erforderlichenfalls ist eine Stützvorrichtung vorzusehen. Bei Erreichen einer Querschleunigung von 0,4 g ist eine lineare Extrapolation vorzunehmen.

A.2.2 Prüfprogramm

Umfang und Einzelheiten des Prüfprogramms müssen mit der zuständigen Behörde für jeden Einzelfall vereinbart werden.

Dehnmessstreifen müssen in den Bereichen des Tanks und seiner Anbauteile angebracht werden, in denen die höchsten Spannungen zu erwarten sind (besonders in den Bereichen an der Unterseite selbsttragender Tankfahrzeuge, in denen erfahrungsgemäß Spannungsspitzen auftreten). Die Dehnmessstreifen müssen bei Nulllast (bei leerem Tank) kalibriert werden.

Die Beschleunigungswerte für die x-, y- und z-Koordinaten müssen mit Hilfe von Beschleunigungsmessern ermittelt werden, die an folgenden Stützvorrichtungen des Tanks anzubringen sind:

- a) für fest verbundene Tankfahrzeuge: an den vorderen und hinteren Auflagern des Tanks;
- b) für Sattelaufleger: oberhalb des Königszapfens und des hinteren Fahrgestells;
- c) für Deichselanhänger: oberhalb des vorderen und des hinteren Fahrgestells;
- d) für selbsttragende Tanks (ohne Längsrahmen an der Tankunterseite): an der Vorderseite.

Der maximale Druck, der durch den Schwall (Druckstoß) des Füllgutes in Fahrtrichtung entsteht, muss mittels eines Messfühlers bestimmt werden, der am vorderen Boden des Tankabteils mit dem größten Volumen und in einer Höhe angebracht wird, die einem Drittel der von der Unterseite des Tanks gemessenen Höhe entspricht.

A.3 Finite-Elemente-Verfahren

A.3.1 Allgemeines

A.3.1.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält das Verfahren für die Auslegung durch Analyse auf Grundlage von Spannungskategorien. Er ist anwendbar für Tanks zur Beförderung gefährlicher Güter.

ANMERKUNG EN 13445-3:2014, Anhang C, kann als alternatives Verfahren angewendet werden.

Das beschriebene Verfahren wird als Spannungsanalyse bezeichnet und besteht aus der Auswertung elastisch berechneter Spannungen an jedem beliebigen Punkt eines Tanks und dem anschließenden Nachweis ihrer Zulässigkeit anhand geeigneter Bewertungskriterien.

Es darf für eine Komponente oder sogar für ein Bauteil angewendet werden. In jedem Fall aber müssen alle relevanten Anforderungen dieses Anhangs für diese Komponenten oder dieses Bauteil erfüllt sein.

Die Dicken dürfen nicht geringer sein als die in Anhang A festgelegten Dicken, sofern zutreffend.

A.3.1.2 Spezielle Begriffe und Symbole

A.3.1.2.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Anhangs gelten die folgenden Begriffe zusätzlich zu den in Abschnitt 3 angegebenen:

A.3.1.2.2 Hauptspannungen

Spannungen, die den Gesetzen des Gleichgewichts der aufgebrachten Lasten (Druck, Kräfte und Momente) entsprechen

A.3.1.2.3 Vergleichsspannung

Die Vergleichsspannung S_{eq} ist eine skalare Größe, die entweder nach der Theorie der maximalen Schubspannung oder der Gestaltänderungsenergiehypothese definiert wird, berechnet aus den Hauptspannungen S_1 , S_2 , S_3 des Spannungszustands.

— S_1 , S_2 , S_3 Hauptspannungen des Tensors der Komponenten.

A.3.2 Auswahl der Software

Die Software, die für das Finite-Elemente-Verfahren zur Analyse verwendet wird, muss:

- a) für dünnwandige Tankkörper anwendbar sein;
- b) in der Lage sein, die Biegespannungen über die gesamte Werkstoffdicke zu berechnen;
- c) in der Lage sein, die Durchbiegungen des Tankkörpers zu berechnen;
- d) automatisch warnen, wenn bei Elementform, Kantenlängenverhältnis oder anderen Parametern die vom Softwarelieferanten festgesetzten Grenzen überschritten werden;
- e) in der Lage sein, das Modell so abzubilden, dass unbeabsichtigte Verbindungsfehler zwischen Elementen deutlich sichtbar sind;
- f) in der Lage sein, doppelte Elemente anzuzeigen;
- g) ein Modelliersystem besitzen, das die Aufbringung eines hydrostatischen Drucks ermöglicht;
- h) die Fähigkeit besitzen, automatisch die höchste Membranspannung sowie die nächstfolgenden Stellen mit maximalen Spannungen zu lokalisieren.

A.3.3 Validierung

Der Tankhersteller muss den Nachweis erbringen, dass er zur Anwendung der Software berechtigt ist und dass die Software dem aktuellsten Stand entspricht.

Der Hersteller muss entsprechende Validierungsbeispiele für dünnwandige Tanks zur Verfügung stellen, sofern diese Beispiele verfügbar sind.

Sind keine Beispiele verfügbar muss die Analyse validiert werden, indem sie einen der oder beide nachfolgend aufgeführten Parameter misst:

- Spannungen im Tankkörper (mittels Dehnmessstreifen) während der Druckprüfung;
- Durchbiegung während der hydrostatischen Druckprüfung.

Der Hersteller muss einen Bericht und Zugang sowohl zum Modell als auch zur Software bieten, so dass das Modell hinsichtlich aller folgenden Punkte überprüft werden kann:

- a) Die Geometrie, einschließlich Bilder relevanter globaler und lokaler Einzelheiten im Finite-Elemente-Modell und Beschreibungen geometrischer Vereinfachungen;
- b) Verweisungen auf geeignete technische Zeichnungen und/oder Diagramme;
- c) Die Elementarten, charakteristische Elementgrößen, Netzempfindlichkeitsstudien und Bilder des Finite-Elemente-Netzes (siehe Anhang A, Unterabschnitt A.3.4);
- d) Die Werkstoffeigenschaften in der Simulation, einschließlich der verwendeten Quellen und Einheiten. Werkstoffeigenschaften müssen mit einer Begründung der verwendeten Werte einhergehen;
- e) Die Lastfälle und Randbedingungen;
- f) Das für jeden Lastfall eingesetzte Analyseverfahren;
- g) Die Analyse und Nachbearbeitung der Ergebnisse, Spannungen und Durchbiegungen (siehe Anhang A, Unterabschnitt A.3.6).

Bilder des Finite-Elemente-Netzes sollten Bereiche lokaler Netzverfeinerungen und Bereiche der verschiedenen Elementtypen zeigen, sofern vorhanden. Wenn verschiedene Elementtypen einbezogen werden, muss eine Beschreibung der Kopplung entlang aller inkompatiblen Elementschnittstellen angegeben werden.

A.3.4 Finite-Elemente-Netz

Die Netzqualität [siehe A.3.2, d)] muss den Qualitätskriterien für die Finite-Elemente-Software entsprechen.

Es muss eine Netzempfindlichkeitsstudie durchgeführt werden, um die Eignung des eingesetzten Finite-Elemente-Netzes nachzuweisen.

A.3.5 Netzkriterien

- a) Für dünne Strukturen sind wie jeweils anwendbar Tankkörperelemente zu verwenden;
- b) Elemente müssen einen mittigen Knoten aufweisen, empfohlen als rechteckige oder dreieckige Elemente;
- c) Die Netzqualität muss innerhalb der Qualitätskriterien für die Finite-Elemente-Software liegen:
 - 1) Die Elementgröße darf die 10-fache Dicke des Tankkörpers nicht überschreiten;
 - 2) Die Elementgröße darf in transienten Bereichen (etwa 500 mm Durchmesser) die 4-fache Dicke nicht überschreiten; und
 - 3) Die Elementgröße darf die 2-fache Dicke des Tankkörpers in relevanten Bereichen für die Spannungsauswertung nicht überschreiten.

A.3.6 Zulassung

Der Hersteller muss nachweisen, dass alle folgenden Kriterien erfüllt sind:

- a) Das Modell ist ausreichend detailliert, insbesondere im Bereich der Auflager;
- b) Das Modell ist repräsentativ für die gesamte Tankkonstruktion, soweit diese die Spannungen im Tankkörper beeinflusst;
- c) Die von der Software gesetzten Grenzen wurden nicht überschritten;
- d) Jeder in 6.3.2 und 6.3.3 festgelegte Lastfall wurde korrekt angewendet und die resultierenden Spannungen im Tankkörper überschreiten nicht die in 6.8 angegebene Grenze nach den in A.3.8.1 festgelegten Regeln;
- e) Unter den in 6.3.2 festgelegten Lastfällen wurde die ermittelte Spannung nach EN 13445-3:2014, Anhang C, bewertet;
- f) Die Primärspannung f liegt innerhalb der Grenzen von 6.8;
- g) Bei signifikanten Druckmembranspannungen wurde die Möglichkeit des Einbeulens untersucht, und in Fällen, in denen die äußere Last stark konzentriert ist, wurde die Summe der Membran- und Biegespannungen (Gesamtdruckspannung) auf einen Beulsicherheitsfaktor von 2,2 aus A.5 begrenzt;

Keiner der vorstehend genannten Fälle erzeugt Verformungen, die die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion beeinträchtigen würden. Die Vergleichsspannung muss wie folgt ermittelt werden:

— Theorie der maximalen Schubspannung (Tresca):

$$S_{eq} = \text{Max} (|S1 - S2|; |S2 - S3|; |S3 - S1|)$$

— Gestaltänderungsenergiehypothese (von Mises):

$$S_{eq} = \sqrt{(S1^2 + S2^2 + S3^2 - S1 \cdot S2 - S2 \cdot S3 - S3 \cdot S1)}$$

Es können beide Verfahren für die Berechnung der Vergleichsspannung verwendet werden.

A.3.7 Anforderungen an die Verfahren zur Spannungsermittlung

A.3.7.1 Annahme linearelastischen Verhaltens

Einzelspannungen sind unter den nachstehenden Annahmen linearelastischen Verhaltens zu ermitteln:

- Werkstoffverhalten ist linearelastisch nach dem Hooke'schen Gesetz;
- Werkstoff ist isotrop;
- Verschiebungen und Dehnungen sind klein (Theorie erster Ordnung).

A.3.7.2 Auswahl des Verfahrens zur Spannungsermittlung

Der Hersteller ist für die Auswahl des Verfahrens zur Spannungsermittlung verantwortlich. Diese Verfahren dürfen rechnerisch, analytisch oder möglicherweise experimentell sein.

Die folgenden Anforderungen gelten nur für die rechnerischen Verfahren zur Spannungsermittlung.

Lassen sich die Bauteile des untersuchten Tanks als Tankkörper, Platten und Balken klassifizieren, ist allgemein die Verwendung von Berechnungsverfahren zulässig, die den Status dieser Bauteile durch globale mechanische Parameter beschreiben (d. h. verallgemeinerte Verformungen und Spannungsergebnisse in einem Schritt entsprechen einer linearen Verteilung der Spannungen und Dehnungen über die Wanddicke).

In jedem Fall müssen die verwendeten Verfahren ausreichend genau bzw. konservativ sein, um sicherzustellen, dass die für die Analyse erforderlichen Spannungen durch die berechneten Spannungen hinlänglich genau repräsentiert sind. Unter diesem Aspekt wird die Anwendung geprüfter und anerkannter Verfahren empfohlen.

A.3.8 Bewertungskriterien

A.3.8.1 Allgemeines

Die gesamte Auslegung muss die in A.3.8.2 angegebenen Spannungskriterien entsprechend der folgenden Tabelle erfüllen.

Behälterbauteil	Betrachteter Bereich	Spannungsart	Spannungsursache	
			Druck	Andere Lasten
Zylinder-, Kugel-, Kegel- oder Torusschale (Öffnungen)	Von globalen Störstellen oder dem Punkt der Aufbringung einer externen Punktlast weit entfernter Bereich	Membranspannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$ ($1,5 \times f$ wenn der Tankkörper nicht achsensymmetrisch ist)	$1,5 \times f$
	Bereich in der Nähe einer Verbindung mit anderem Tankkörper, einem Boden, einem Flansch oder dem Punkt der Aufbringung einer externen Punktlast; Bereich in der Nähe eines Ausschnitts (mit oder ohne Stützen)	Membranspannung	$1,5 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	$1,5 \times f$
Torisphärischer oder elliptisch gewölbter Boden (Öffnungen)	Von Ausschnitten oder dem Punkt der Aufbringung einer externen Punktlast entfernter mittlerer Bereich	Membranspannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$1,5 \times f$	
	Mittlerer Bereich in der Nähe eines Ausschnitts (mit oder ohne Stützen) oder dem Punkt der Aufbringung einer externen Punktlast; Randbereich ^a	Membranspannung	$1,5 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	$1,5 \times f$

Behälterbauteil	Betrachteter Bereich	Spannungsart	Spannungsursache	
			Druck	Andere Lasten
Ebener Boden, ebene Wand	Von globalen Störstellen weit entfernter Bereich; Bereich in der Nähe eines Ausschnitts (mit oder ohne Stützen)	Membran-spannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$1,5 \times f$	
	Bereich in der Nähe von Rändern oder Versteifungen	Membran-spannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	$1,5 \times f$
Stützen	Von der Verbindung zur Behälterwand weit entfernter Bereich	Membran-spannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$ ($1,5 \times f$ wenn der Tankkörper nicht achsensymmetrisch ist)	$1,5 \times f$
	Bereich in der Nähe eines Tankkörpers oder eines gewölbten Bodens	Membran-spannung	$1,5 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	$1,5 \times f$
	Bereich in der Nähe eines ebenen Bodens oder einer ebenen Wand ^b	Membran-spannung	$1,5 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$1,5 \times f$ oder $3 \times f^c$	$1,5 \times f$
Andere, dem Tank nicht zugehörige Bauteile des Tankkörpers	Gesamtkonstruktion	Membran-spannung	$1 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	$1,5 \times f$
	Sehr lokalisierte Punkte von Ausrichtungsänderungen	Membran-spannung	$1,5 \times f$	
		Oberflächen-spannung	$3 \times f$	

^a Auch wenn es bei torisphärischen Böden zwei verschiedene periphere Störstellen (Verbindungen zwischen Kugel- und Torusschale sowie Torusschale und Zylindermantel) gibt, ist die Spannungsverteilung im allgemeinen auf einen einzigen Bereich lokaler Primärmembranspannung in der Kreme begrenzt.

Verhalten sich die relativen Maße und Wanddicken von Kugel-, Torus- und Zylinderelement so, dass zwei derartige Bereiche existieren, gilt die für den „Randbereich“ angegebene Klassifizierung in der Nähe jeder Störstelle. Der dazwischen liegende Bereich ist als „von globalen Störstellen weit entfernter Bereich“ zu klassifizieren, für den die Regeln für den Abstand zwischen Bereichen mit lokaler Primärmembranspannung anzuwenden sind.

^b Bei einem Ausschnitt mit Stützen in einer ebenen Platte (Boden oder Wand), für den das Konzept des Bereichs lokaler Primärmembranspannung nicht zutreffend ist, ist die meridionale Ausdehnung des Bereichs lokaler Primärmembranspannung am Stützengrund für den Stützen selbst von der Außenseite von Boden oder Wand zu messen.

^c Der Wert $1,5 \times f$ ist zu verwenden, wenn die Stützenfestigkeit bei der Berechnung der Spannungen in der ebenen Platte (Boden oder Wand) berücksichtigt wird. Ist dies nicht der Fall, gilt $3 \times f$.

Die erste Berechnung führt zu konservativen Ergebnissen für den Stutzen und ist nur von Interesse, wenn die Einbeziehung der Stutzenfestigkeit zu einer signifikanten Abnahme der Dicke von ebenem Boden bzw. ebener Wand führt.

- zwei benachbarte Bereiche lokaler Primärmembranspannung, die den Wert der Nenn-Auslegungsspannung f um das 1,1-fache überschreiten, müssen in einer Entfernung von mindestens $2,5\sqrt{(R \cdot e_a)}$ in Meridianrichtung liegen. Hierbei ist R der mittlere Oberflächenradius der Wölbung und e_a die analysierte Wanddicke.
- verschiedene Abschnitte lokaler Primärmembranspannungen (z. B. solche, die aus konzentrierten Lasten auf Stützen resultieren), in denen die zulässige Membranspannung um das 1,1-fache höher liegt als die Nenn-Auslegungsspannung f , müssen so angeordnet sein, dass sie sich diese Abschnitte nicht überschneiden.

A.3.8.2 Spannungskriterien

Für f muss der für den jeweils betrachteten Lastzustand (normale und außergewöhnliche Betriebszustände sowie Prüfzustände) zutreffende Wert bei Berechnungstemperatur verwendet werden. Zusätzlich müssen für die Abschnitte zwischen Bereichen mit lokaler Primärmembranspannung folgende Bedingungen erfüllt sein:

- zwei benachbarte Bereiche lokaler Hauptmembranspannung, die den Wert der höchsten Auslegungsspannung f um das 1,1-fache überschreiten, müssen in einer Entfernung von mindestens $2,5\sqrt{(R \cdot e_a)}$ in Meridianrichtung liegen. Dabei ist R der mittlere Oberflächenradius der Wölbung und e_a die analysierte Wanddicke.
- verschiedene Abschnitte lokaler Hauptmembranspannungen (z. B. solche, die aus konzentrierten Lasten auf Stützen resultieren), in denen die zulässige Membranspannung um das 1,1-fache höher liegt als die höchste Auslegungsspannung f , müssen so angeordnet sein, dass sich die Abschnitte nicht überschneiden.

A.3.9 Archivierbare Aufzeichnung

Der Hersteller muss der zuständigen Behörde auf anerkannten Speichermedien vollständige Einzelheiten liefern zu:

- a) Dem Modell und allen Lastfällen;
- b) Den für alle Lastfälle berechneten Spannungen und Verformungen; und
- c) Den zugehörigen Eingabedateien.

A.4 Referenzauslegung

Neue Tankauslegungen dürfen zugelassen werden, wenn der Hersteller einen zufrieden stellenden Bericht zum Vergleich mit einer bereits vorhandenen Referenzauslegung vorlegen kann. Dieser Bericht muss mindestens Folgendes enthalten:

- fünf aufeinanderfolgende Hersteller-Seriennummern für identische Referenztanks;
- die Datumsangaben für die Druckprüfung am ersten und am letzten Tank der Referenzserie;

- die Prüfbescheinigungen der zuständigen Behörde für alle fünf Tanks, aus denen hervorgeht, dass mindestens 6 Jahre (5 Jahre für Tankcontainer) nach dem Datum der ersten Druckprüfung an keinem der benannten Referenz tanks Beschädigungen an Tankkörper, Trennwänden, Schwallwänden, Schwallblechen und Auflagern aufgetreten sind;
- eine schriftliche Erklärung der Tankeigentümer für die zuständige Behörde, dass während der Qualifizierungsdauer keine Ausbesserungen an Tankkörper, Trennwänden, Schwallwänden, Schwallblechen und Auflagern durchgeführt wurden. Wurde bei einem beliebigen Tank der Referenzserie eine unplanmäßige Ausbesserung am Tankkörper oder an den Auflagern durchgeführt, muss der Umfang der Referenzserie auf sieben Tanks mit aufeinander folgenden Seriennummern erhöht werden. In der erweiterten Referenzserie darf nur ein Tank auf diese Weise beschädigt und ausgebessert worden sein;
- eine Erklärung der zuständigen Behörde, dass die Auslegung des Prüfobjekts durch die Referenz auslegung in der nach EN 12972:2018, 4.2.1, erforderlichen Weise abgedeckt wird;
- eine Erklärung der zuständigen Behörde, ob in der Auslegung des Prüfobjekts beliebige Merkmale des Tankkörpers, der Trennwände, der Schwallwände, der Schwallbleche und der Auflager eine weitere Analyse oder Prüfung erfordern;
- Kopien der Originalzeichnungen des Herstellers für die Referenz auslegung und die Auslegung des Prüfobjekts.

Falls nachgewiesen wurde, dass der vorhandene Tankkörper und dessen Bauteile in der Lage sind, den während des Betriebs auftretenden Kräften über die festgelegte Dauer standzuhalten, muss davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen nach 6.4.2 erfüllt sind.

ANMERKUNG Die zuständige Behörde kann dann dem Hersteller gestatten, diese Bauart für die Auslegung neuer Tanks zu verwenden, sofern die Abweichungen der Auslegung innerhalb der Grenzen nach EN 12972:2018, 4.2.1, liegen.

A.5 Berechnungsverfahren – Arbeitsblatt

A.5.1 Einleitung

A.5.1.1 Allgemeines

Dieses Verfahren gilt für den Nachweis der Auslegung von Tankkörpern mit:

- kreisrundem oder elliptischem Querschnitt; und
- anderen Querschnitten mit Betriebsdrücken P_{ts} von höchstens 0,14 bar (14 kPa).

Zur Berechnung der Spannungen in den Bereichen, die durch dieses Verfahren nicht abgedeckt sind (z. B. Auflager oder Anbauteile), muss eines der in A.1 bis A.4 angegebenen Verfahren angewendet werden.

A.5.1.2 Berechnungsverfahren

A.5.1.2.1 Allgemeines

Der Nachweis der Auslegung erfolgt entsprechend A.5.1.2.1 bis A.5.1.2.3.

Die Ergebnisse bestimmen die ausgewählte Minstdicke der verschiedenen Teile des Tankkörpers (siehe A.5.1.4).