

DIN EN 14620-1

DIN

ICS 23.020.10

Teilweiser Ersatz für
DIN 4119-1:1979-06 und
DIN 4119-2:1980-02**Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -165 °C –****Teil 1: Allgemeines;****Deutsche Fassung EN 14620-1:2006**

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and -165 °C –

Part 1: General;

German version EN 14620-1:2006

Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat, verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les températures de service sont comprises entre 0 °C et -165 °C –

Partie 1: Généralités;

Version allemande EN 14620-1:2006

Gesamtumfang 38 Seiten

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



Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 14620-1:2006) wurde von der Arbeitsgruppe 6 „Tanks für tiefkalt verflüssigte Gase“ des CEN/TC 265 „Standortgefertigte Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ (Sekretariat: BSI (Vereinigtes Königreich)) erarbeitet.

Als nationales Spiegelgremium im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der NA 104-01-05 AA „Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke“ des Normenausschusses Tankanlagen (NATank) an der Erstellung der Norm beteiligt.

Änderungen

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

- a) Inhalt auf Festlegungen für Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen eingeschränkt.

Frühere Ausgaben

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

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

Deutsche Fassung

**Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender,
zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt
verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C
und -165 °C —
Teil 1: Allgemeines**

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,
flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated,
liquefied gases with operating temperatures between
0 °C and -165 °C —
Part 1: General

Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat,
verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au
stockage de gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les températures
de service sont comprises entre 0 °C et -165 °C —
Partie 1: Généralités

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Februar 2006 angenommen.

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

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

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



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

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

Nur zum internen Gebrauch

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Auswahl einer geeigneten Konzeption	9
4.1 Tankausführungen	9
4.2 Risikobeurteilung	14
5 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle	17
6 Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltplan	17
7 Allgemeine Betrachtungen zur Auslegung	17
7.1 Allgemeines	17
7.2 Schutzsysteme	22
7.3 Einwirkungen (Lasten)	24
8 Inspektion und Wartung	27
Anhang A (informativ) Physikalische Eigenschaften der Gase	28
Anhang B (normativ) Angaben zur Auslegung	29
Anhang C (normativ) Erdbebenberechnung	31
Anhang D (informativ) Heizsystem des Tanks	34
Literaturhinweise	36
Tabelle	
Tabelle A.1 — Physikalische Eigenschaften der reinen Gase	28
Bilder	
Bild 1 — Beispiele für einwandige Tanks	11
Bild 2 — Beispiele für einwandige Tanks mit Auffangtasse	12
Bild 3 — Beispiele für doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle	13
Bild 4 — Beispiel für einen Membrantank	14
Bild D.1 — Typische Aufzeichnung der Heizzeiten	35

Normen-Download-Beuth-SV Büro Wachsmann Holger Wachsmann; Elektro-ingenieur-KdNr.: 5799584-LjNr.: 9680977001-2021-03-09 16:26

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14620-1:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Standortgefertigte Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2007 zurückgezogen werden.

EN 14620 *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeines*
- *Teil 2: Metallische Bauteile*
- *Teil 3: Bauteile aus Beton*
- *Teil 4: Dämmung*
- *Teil 5: Prüfen, Trocknen, Inertisieren und Kaltfahren*

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm behandelt stehende, zylindrische, standortgefertigte, oberirdische Tanks, deren zur Aufnahme der Flüssigkeit vorgesehener Primärbehälter aus Stahl besteht. Der Sekundärbehälter, falls vorhanden, darf aus Stahl oder Beton, oder aus einer Kombination von beiden bestehen. Innentanks, die nur aus Spannbeton hergestellt werden, fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

Diese Europäische Norm legt Grundsätze und Anwendungsregeln für die Bemessung der „Sicherheits-hülle“ bei Bau, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb (unbeabsichtigter Betrieb eingeschlossen) und Außerbetriebsetzung fest. Anforderungen an Zusatzausrüstungen wie Pumpen, Pumpsonden, Armaturen, Rohrleitungen, Messgeräte, Treppen usw. werden nicht behandelt, außer wenn sie die Bemessung des Tanks beeinflussen können.

Diese Europäische Norm gilt für Lagertanks, die für die Lagerung von Produkten vorgesehen sind, die in der dualen Phase, d. h. in der Flüssigkeits- und Dampfphase, bei atmosphärischem Druck einen Siedepunkt unterhalb der Umgebungstemperatur haben. Das Gleichgewicht zwischen Flüssigkeits- und Dampfphase wird aufrechterhalten durch Abkühlung des Produkts auf eine Temperatur, die dem Siedepunkt bei atmosphärischem Druck oder einer etwas niedrigeren Temperatur entspricht, verbunden mit einem leichten Überdruck im Lagertank.

Der maximale Auslegungsüberdruck für die in diesem Dokument behandelten Tanks ist auf 500 mbar begrenzt. Für höhere Drücke kann auf EN 13445, Teile 1 bis 5 Bezug genommen werden.

Der Betriebsbereich der zu lagernden Gase liegt zwischen 0 °C und –165 °C. Tanks zur Lagerung von verflüssigtem Sauerstoff, Stickstoff und Argon sind aus dem Geltungsbereich ausgenommen.

Die Tanks werden zur Lagerung großer Volumina von Kohlenwasserstoffprodukten und Ammoniak mit niedrigen Siedepunkten verwendet, die allgemein als „Tiefkalt verflüssigte Gase“ (RLG) bezeichnet werden. In den Tanks werden üblicherweise Methan, Ethan, Propan, Butan, Ethylen, Propylen, Butadien gelagert (Flüssigerdgas (LNG) und Flüssiggas (LPG) sind eingeschlossen).

ANMERKUNG Die Eigenschaften der Gase sind in Anhang A aufgeführt.

Da für diese Tanks sehr viele Größenordnungen und Gestaltungsmöglichkeiten anwendbar sind, können durch die Anforderungen dieser Europäischen Norm nicht alle Einzelheiten abgedeckt werden, die bei Auslegung und Bau der Tanks zu beachten sind. Wenn für die Auslegung einer spezifischen Tankanlage keine vollständigen Anforderungen vorliegen, obliegt die Festlegung von Auslegungsdetails und -grundlagen mit einer dieser Europäischen Norm entsprechenden Zuverlässigkeit dem Konstrukteur im Einvernehmen mit dem vom Besteller bevollmächtigten Vertreter.

In dieser Europäischen Norm werden allgemeine Anforderungen an Konzeption und Auswahl der Tanks sowie allgemeine Auslegungsbetrachtungen festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich Änderungen).

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten*

EN 1991-1-6, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen – Einwirkungen während der Bauausführung*

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1997-1:2004, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1998-1:2004, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*

ENV 1998-4:1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*

EN 14620-2, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 2: Metallische Bauteile*

EN 14620-3:2006, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 3: Bauteile aus Beton*

EN 14620-4, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 4: Dämmung*

EN 14620-5, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 5: Prüfen, Trocknen, Inertisieren und Kaltfahren*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Einwirkung

- a) Kraft (Last), die auf ein Tragwerk wirkt (direkte Einwirkung)
- b) aufgezwungene Verformung oder Beschleunigung, die z. B. durch Temperaturänderungen, Feuchtigkeitsänderungen, ungleiche Setzung oder Erdbeben hervorgerufen wird (indirekte Einwirkung)

3.2

Ringraum

Raum zwischen dem Innen- und Außenmantel oder Außenwand eines freistehenden Tanks

3.3

Fundamentplatte

durchgehendes Betonfundament des Tanks (entweder auf dem Erdboden oder erhöht)

3.4

Verdampfungsrate

boil-off

das Verdampfen der tiefgekühlten Flüssigkeit durch Wärme, die durch die um den Tank angebrachte Dämmung dringt

3.5

Damm

in einem größeren Abstand um den Tank herum angeordnete niedrige Erd- oder Betonkonstruktion zur Aufnahme ausgelaufener Flüssigkeit

3.6 Beschichtung
verstärkte oder nicht verstärkte Polymerschicht, die auf den Beton aufgebracht wird, um als Sperre gegen Flüssiggasdampf, Wasserdampf und in einigen Fällen als Flüssigkeitssperre zu wirken

3.7 Auftragnehmer
Unternehmen, mit dem der Besteller einen Auftrag für Auslegung, Bau, Prüfung und Inbetriebnahme eines Lagertanks abschließt

3.8 Auslegungsdruck
höchstzulässiger Überdruck oberhalb des Lagerguts

3.9 Auslegungsunterdruck
höchstzulässiger Unterdruck (Vakuum) oberhalb des Lagerguts

3.10 Auslegungswandtemperatur
niedrigste Temperatur, für die ein metallisches Bauteil ausgelegt wird

ANMERKUNG Bei der Auslegungswandtemperatur kann es sich um die niedrigste Auslegungstemperatur (für den Primärbehälter) oder um eine errechnete höhere Temperatur handeln.

3.11 einwandiger Tank mit Auffangtasse
siehe 4.1.2

3.12 Gründungen
Konstruktionselemente, die Plattenfundament, Ringfundament oder Plattenfundament mit Pfahlsystem umfassen, die zur Unterstützung des Tanks und seines Inhalts erforderlich sind

3.13 doppelwandiger Tank mit vollständiger Sicherheitshülle
siehe 4.1.3

ANMERKUNG Der Sekundärbehälter nimmt bei üblichem Betrieb den Dampf auf und sichert für den Fall einer Leckage des Primärbehälters eine kontrollierte Entlüftung.

3.14 Gefährdung
Ereignis, das das Potenzial hat, Schäden, z. B. Gesundheitsgefährdungen und Verletzungen, Beschädigung von Eigentum, von Produkten oder der Umwelt, Produktionsverluste oder erhöhte Haftungen zu verursachen

3.15 Innentank
freistehender, zylindrischer Primärbehälter aus Metall

3.16 Dämmraum
im Ringraum des Tanks und zwischen Tankböden oder -dächern vorhandener Raum zur Aufnahme des Dämmmaterials

3.17 Auskleidung
Produkt- und Wasserdampf undurchlässiges Metallblech, das an der Innenseite eines Beton-Außentanks angebracht wird

3.18**tragende Dämmung**

Dämmung mit der besonderen Eigenschaft, Lasten auf geeignete Tragwerke übertragen zu können

3.19**Lodmat**

tiefste, über einen Zeitraum von 24 h aufgezeichnete Mitteltemperatur.

ANMERKUNG Die Tagesmitteltemperatur entspricht der Hälfte der Summe von höchster und tiefster Temperatur.

3.20**höchster Auslegungsfüllstand**

höchster Füllstand während des Betriebs des Tanks, der für die statische Auslegung der Manteldicke zugrunde zu legen ist

3.21**maximaler Betriebszustand**

höchster Füllstand während des bestimmungsgemäßen Betriebs des Tanks. Üblicherweise der Füllstand, auf den die erste Warneinrichtung eingestellt ist

3.22**Membran**

dünnere metallischer Primärbehälter eines Membrantanks

3.23**Membrantank**

Sicherheitshülle, bei der eine Membran (Primärbehälter) zusammen mit der tragenden Wärmedämmung und einem Betontank eine Verbundkonstruktion bilden

3.24**niedrigste Auslegungstemperatur**

vom Besteller festgelegte, angenommene Lagerguttemperatur, für die der Tank ausgelegt ist

ANMERKUNG Diese Temperatur kann unterhalb der tatsächlichen Temperatur des Lagerguts liegen.

3.25**Auslegungserdbeben für den Betriebszustand****OBE**

größtes Erdbeben, das keine Beschädigungen verursacht und nach dem ein Neustart durchgeführt und ein sicherer Betrieb fortgesetzt werden kann

ANMERKUNG Das Auslegungserdbeben beeinträchtigt nicht die betriebliche Unversehrtheit des Tanks, und die öffentliche Sicherheit wird weiterhin sichergestellt.

3.26**Außertank**

freistehender, zylindrischer Sekundärbehälter aus Stahl oder Beton

3.27**Besteller**

Unternehmen, das einen Auftragnehmer mit Auslegung, Bau und Prüfung eines Tanks beauftragt

3.28**Primärbehälter**

jener Teil eines einwandigen Tanks, eines einwandigen Tanks mit Auffangtasse, eines doppelwandigen Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle oder eines Membrantanks, in dem während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Flüssigkeit aufgenommen wird

3.29

Flüssiggasdampfsperre

Beschichtung oder Auskleidung, um das Entweichen von Flüssiggasdämpfen aus dem Tank zu verhindern

3.30

Ringfundament

ringförmiges tragendes Element unter dem Tankmantel

3.31

unkontrollierte Durchmischung

roll-over

unkontrollierte Bewegung gelagerter Flüssigkeitenmasse zum Ausgleich instabiler Zustände, die durch die Schichtung von Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichten bedingt ist und bei der eine erhebliche Dampfungwicklung einsetzt

3.32

Tankdach

auf den Mantel oder die Wand aufgesetzte Konstruktion zur Aufnahme des Dampfdrucks und zur Abdichtung des Tankinhalts gegenüber der Atmosphäre

3.33

Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung

SSE

größtes Erdbeben, bei dem die wesentlichen Sicherheitsfunktionen noch betriebsfähig sind

ANMERKUNG Eine bleibende Beschädigung kann akzeptiert werden, sofern die Unversehrtheit insgesamt erhalten und die Sicherheitshülle unbeschädigt bleibt. Nach einem Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung ist ein weiterer Betrieb des Tanks nur nach einer umfassenden Inspektion und statischer Begutachtung möglich.

3.34

Sekundärbehälter

jener Teil des Außenbehälters eines einwandigen Tanks mit Auffangtasse oder eines doppelwandigen Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle oder eines Membrantanks, der das Lagergut aufnimmt

3.35

freistehender Tank

Behälter, der so ausgelegt ist, dass die hydrostatischen Kräfte des Lagerguts und die durch den Dampfdruck bedingten Lasten, falls zutreffend, aufgenommen werden

3.36

Einstelldruck

Druck, bei dem die Druckentlastungseinrichtung erstmals öffnet

3.37

Tankmantel

stehender Zylinder aus Metall

3.38

einwandiger Tank

siehe 4.1.1

ANMERKUNG Der vom gelagerten Produkt entwickelte Dampf wird vom Primärbehälter oder von einem metallischen Außentank aufgenommen.

3.39

abgehängtes Dach

Konstruktion zur Aufnahme der Innendämmung des Dachs

Nur zum internen Gebrauch

3.40**Prüfdruck**

Druck im Tank während der Prüfung

3.41**Kälteschutzsystem****TPS**

Kälte dämmende und flüssigkeitsdichte Konstruktion zum Schutz des Außentanks gegen Tieftemperaturen

ANMERKUNG Die Beispiele für Kälteschutzsysteme gelten für den Boden und den unteren Wandbereich des Tanks (siehe auch 7.1.11).

3.42**Dampfbehälter**

jener Teil eines einwandigen Tanks, eines einwandigen Tanks mit Auffangtasse, eines doppelwandigen Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle oder eines Membrantanks, der während des bestimmungsgemäßen Betriebs den Dampf aufnimmt

3.43**Tankwand**

stehender Betonzylinder

3.44**Dampfsperre**

Sperre, die das Eindringen von Wasserdampf und anderen atmosphärischen Gasen in die Dämmung oder in den Außentank verhindert

4 Auswahl einer geeigneten Konzeption**4.1 Tankausführungen****4.1.1 Einwandiger Tank**

Ein einwandiger Tank muss aus einem einzigen Behälter zur Lagerung des Lagerguts (Primärbehälter) bestehen. Dieser Primärbehälter muss freistehend und aus Stahl sein und eine zylindrische Form haben.

Die Aufnahme der Produktdämpfe muss entweder durch

- ein für den Behälter vorgesehenes Kuppeldach aus Stahl erfolgen;
- oder für oben offene Primärbehälter durch einen gasdichten Außentank, der den Primärbehälter umgibt, aber nur zur Aufnahme der Flüssiggasdämpfe sowie zur Aufnahme und zum Schutz der Dämmung ausgelegt ist.

ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit von den für die Aufnahme des Dampfes und die Dämmung ausgewählten Möglichkeiten gibt es verschiedene Ausführungen von einwandigen Tanks.

Ein einwandiger Tank muss für den Fall einer Leckage des Lagerguts von einem Damm umgeben sein.

ANMERKUNG 2 Beispiele für einwandige Tanks werden in Bild 1 gezeigt.

4.1.2 Einwandiger Tank mit Auffangtasse

Ein einwandiger Tank mit Auffangtasse muss aus einem flüssigkeits- und dampfdichten Primärbehälter, der selbst ein einwandiger Tank ist und innerhalb eines flüssigkeitsdichten Sekundärbehälters errichtet wird, bestehen.

Der Sekundärbehälter muss so ausgelegt sein, dass er im Fall einer Leckage das gesamte im Primärbehälter vorhandene Lagergut aufnimmt. Der Ringraumabstand zwischen Primär- und Sekundärbehälter darf nicht mehr als 6,0 m betragen.

ANMERKUNG 1 Der Sekundärbehälter ist oben offen und kann folglich keine Flüssiggasdämpfe aufnehmen. Der Raum zwischen Primär- und Sekundärbehälter kann durch einen „Regenschutz“ abgedeckt werden, sodass Regen, Schnee, Schmutz usw. abgehalten werden.

ANMERKUNG 2 Beispiele für einwandige Tanks mit Auffangtasse werden in Bild 2 gezeigt.

4.1.3 Doppelwandiger Tank mit vollständiger Sicherheitshülle

Ein doppelwandiger Tank mit vollständiger Sicherheitshülle muss aus einem Primärbehälter und einem Sekundärbehälter, die eine konstruktive Einheit bilden, bestehen. Der Primärbehälter muss ein freistehender Stahltank mit nur einem Mantel sein, der das Lagergut aufnimmt.

Der Primärbehälter muss entweder

- oben offen sein (in diesem Fall kann er keine Flüssiggasdämpfe aufnehmen),
- oder mit einem Kuppeldach zur Aufnahme der Flüssiggasdämpfe ausgestattet sein.

Der Sekundärbehälter muss ein freistehender Tank aus Stahl oder Beton mit einem Kuppeldach sein und so ausgelegt sein, dass er folgende Funktionen erfüllt:

- er muss während des üblichen Tankbetriebs die Primärhülle für den Dampf bilden (im Falle eines oben offenen Primärbehälters) und die Dämmung des Primärbehälters aufnehmen;
- im Fall einer Leckage des Primärbehälters muss er das gesamte Lagergut aufnehmen und dampfdicht bleiben. Eine Entlüftung ist zulässig, muss jedoch kontrolliert erfolgen (Druckentlastungssystem).

Der Ringraumabstand zwischen Primär- und Sekundärbehälter darf nicht mehr als 2,0 m betragen.

ANMERKUNG 1 Für doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle, deren Dämmung außerhalb des Sekundärbehälters erfolgt, gelten diese Anforderungen ebenfalls.

ANMERKUNG 2 Beispiele für doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle werden in Bild 3 gezeigt.

4.1.4 Tanks mit Membran-Sicherheitshülle

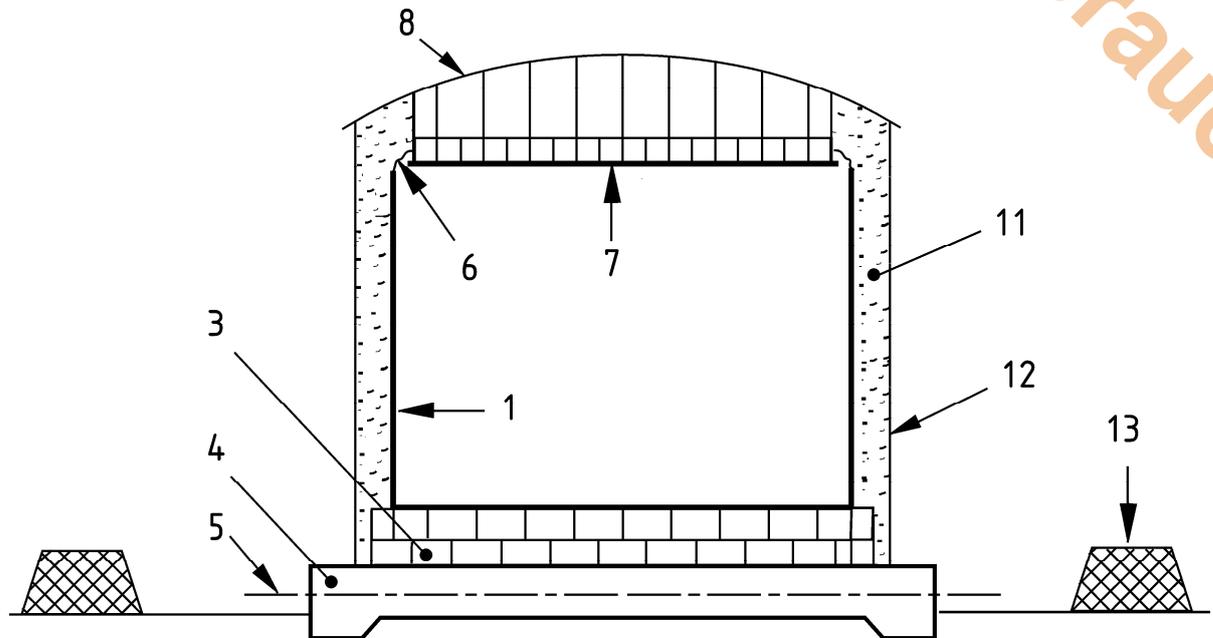
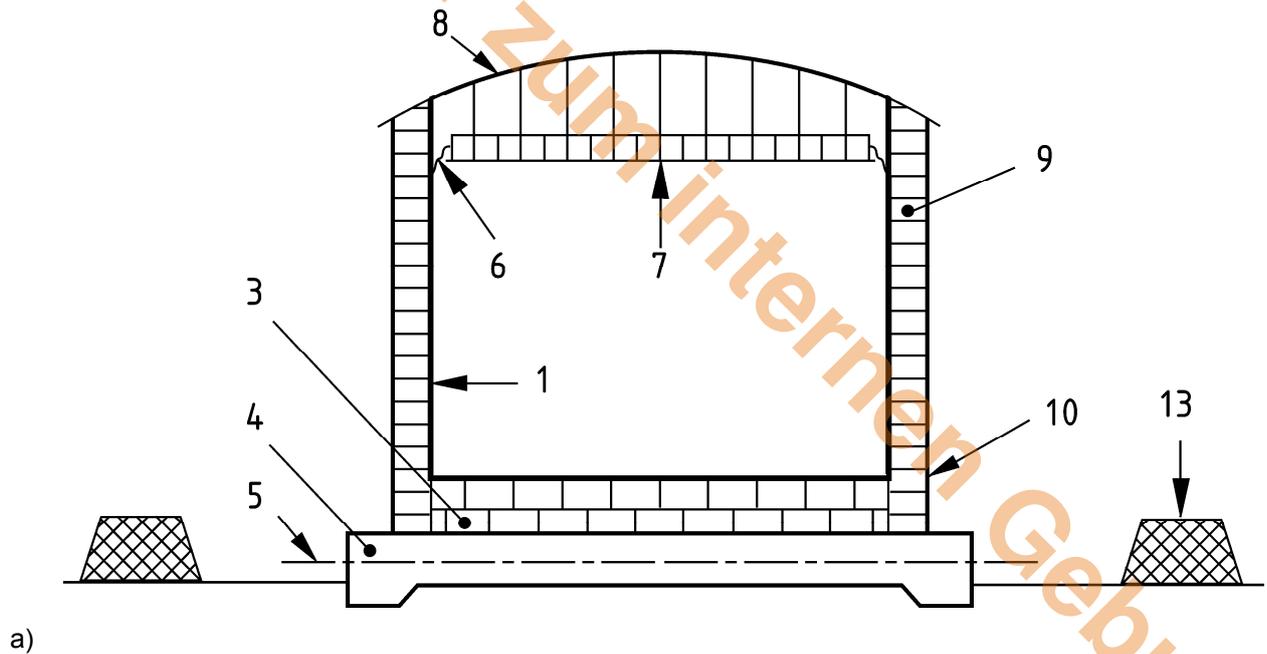
Ein Membrantank muss aus einem dünnwandigen Primärbehälter (Membran) aus Stahl, der zusammen mit einer Dämmung und einem Betontank eine Verbundkonstruktion bildet, bestehen. Diese Verbundkonstruktion muss die Sicherheitshülle für die Flüssigkeit darstellen.

Alle hydrostatischen Lasten sowie alle sonstigen, auf die Membran einwirkenden Lasten müssen über die tragende Dämmung auf den Betontank übertragen werden.

Die Dämpfe müssen vom Tankdach aufgenommen werden, das entweder eine ähnliche Verbundkonstruktion wie im ersten Absatz oder ein Dach mit gasdichter Kuppel und mit Dämmung am abgehängten Dach sein kann.

ANMERKUNG Ein Beispiel für einen Membrantank wird im Bild 4 gezeigt.

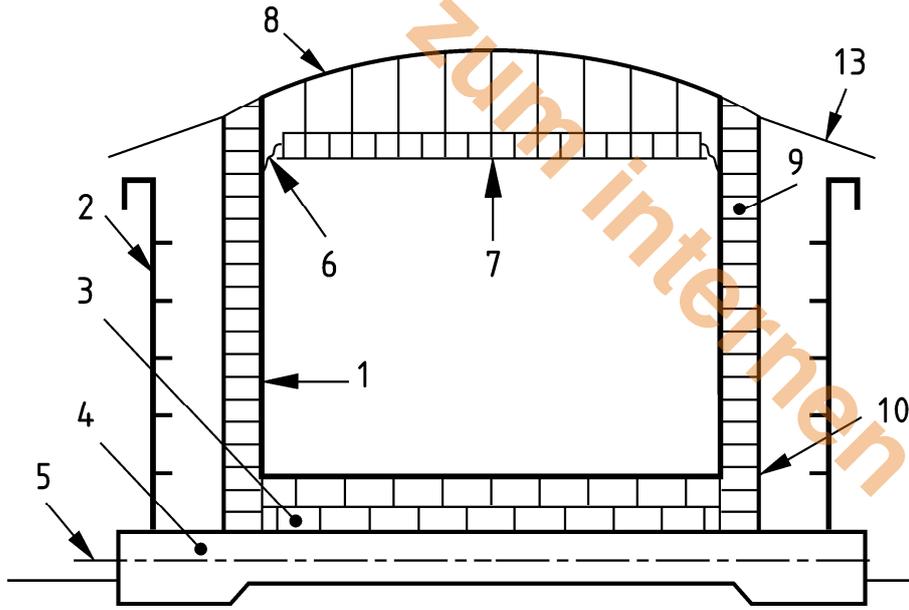
Im Fall einer Undichtigkeit der Membran muss der Betontank zusammen mit dem Dämmsystem so ausgelegt sein, dass er die Flüssigkeit aufnehmen kann.

**Legende**

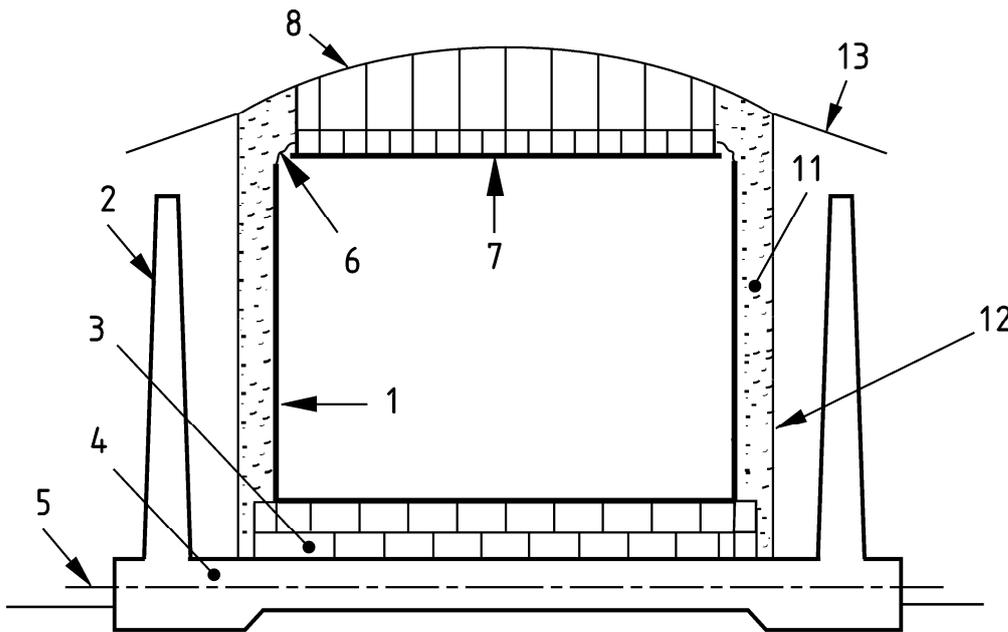
- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Primärbehälter (Stahl) | 9 äußere Dämmung |
| 3 Dämmung am Boden | 10 äußerer Wetterschutz |
| 4 Gründung | 11 lose eingefüllter Dämmstoff |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung | 12 Außenmantel (nicht für die Aufnahme von Flüssigkeit geeignet) |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung | 13 Damm |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt) | |
| 8 Dach (Stahl) | |

Bild 1 — Beispiele für einwandige Tanks

Nur zum internen Gebrauch



a)

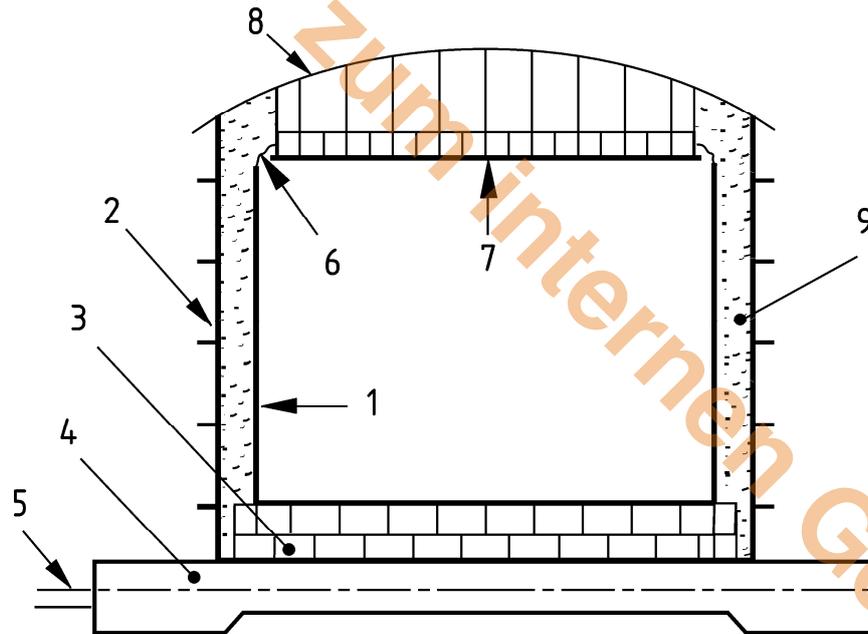


b)

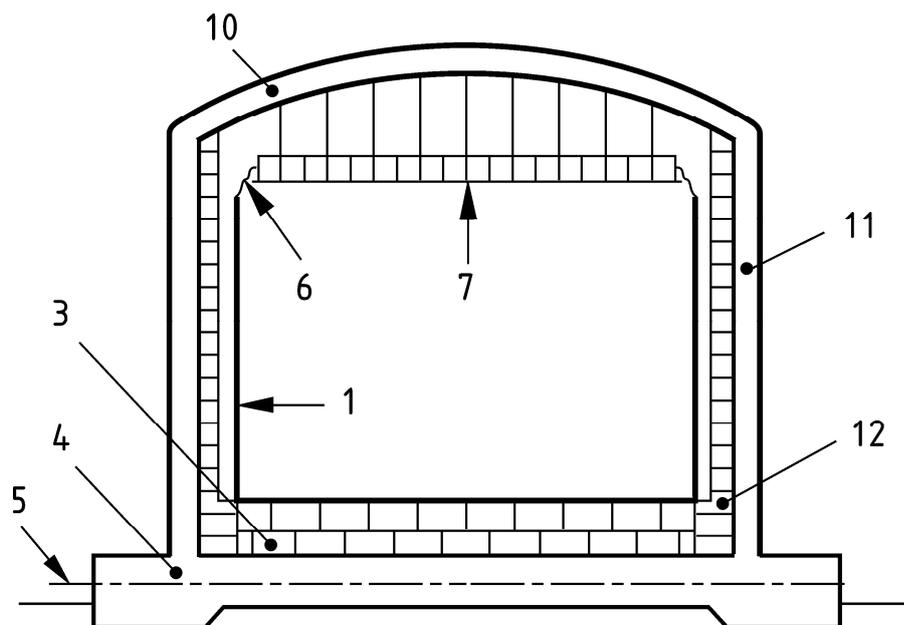
Legende

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Primärbehälter (Stahl) | 8 Dach (Stahl) |
| 2 Sekundärbehälter (Stahl oder Beton) | 9 äußere Dämmung |
| 3 Dämmung am Boden | 10 äußerer Wetterschutz |
| 4 Gründung | 11 lose eingefüllter Dämmstoff |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung | 12 Außenmantel (nicht für die Aufnahme von Flüssigkeit geeignet) |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung | 13 Decke (Regenschutz) |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt) | |

Bild 2 — Beispiele für einwandige Tanks mit Auffangtasse



a)

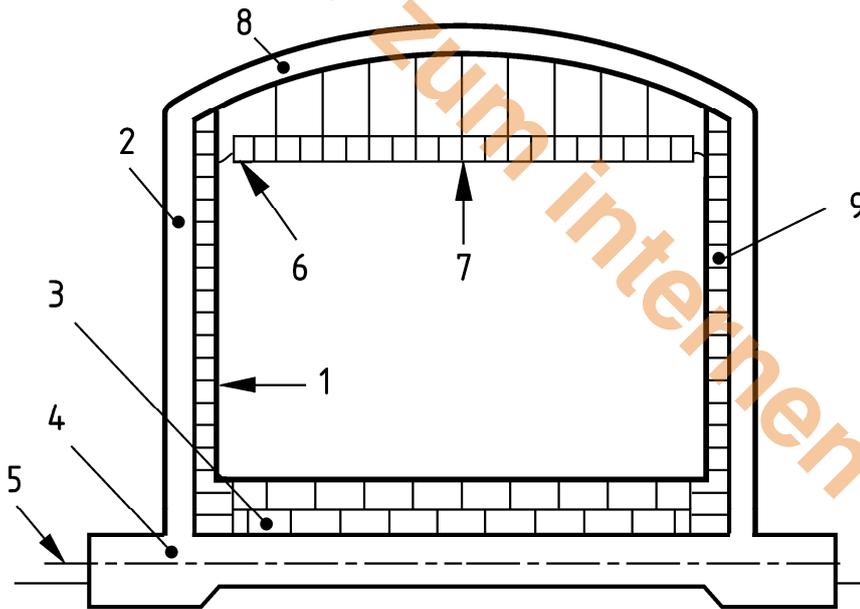


b)

Legende

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Primärbehälter (Stahl) | 8 Dach (Stahl) |
| 2 Sekundärbehälter (Stahl) | 9 lose eingefüllter Dämmstoff |
| 3 Dämmung am Boden | 10 Betondach |
| 4 Gründung | 11 Außentank aus Spannbeton (Sekundärbehälter) |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung | 12 Dämmung an der Innenseite des Außentanks aus Spannbeton |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung | |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt) | |

Bild 3 — Beispiele für doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle



Legende

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Primärbehälter (Membran) | 6 flexible Dichtung der Dämmung |
| 2 Sekundärbehälter (Beton) | 7 abgehängtes Dach (gedämmt) |
| 3 Dämmung am Boden | 8 Betondach |
| 4 Gründung | 9 Dämmung an der Innenseite des Außentanks aus Spannbeton |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung | |

Bild 4 — Beispiel für einen Membrantank

4.2 Risikobeurteilung

4.2.1 Allgemeines

Die Tankausführung muss auf der Grundlage einer Risikobeurteilung ausgewählt werden.

Für die Risikobeurteilung (Festlegung/Ausweisung der Risikokriterien) muss der Besteller die Verantwortung tragen.

ANMERKUNG Die Beurteilung kann von einem Experten vorgenommen werden, der möglicherweise auf die Unterstützung des Auftragnehmers angewiesen ist.

4.2.2 Auswahl des Standorts

Bevor mögliche Gefährdungen aufgezeigt werden können, muss der Standort ausgewählt werden. Im Allgemeinen muss der Lagertank so angeordnet werden, dass an den Befüllungs- und Entleerungsstützen möglichst kurze Rohranschlüsse zu verwenden sind. Es müssen jedoch noch weitere Anforderungen berücksichtigt werden, z. B. örtliche Vorschriften und Sicherheitsabstände (benachbarte Einrichtungen und Grenzen der Tankanlage), Standort- und Bodenbedingungen, mögliche Erdbebenlasten und die Rohrleitungsführung.

4.2.3 Vorauswahl für die Art der Lagerung

Es muss eine Vorauswahl für die Art der Lagerung getroffen werden. Dazu muss in erster Linie die Umgebung der Tankanlage berücksichtigt werden.

ANMERKUNG In abgelegenen Bereichen, in denen eine dünne Besiedlung oder nur wenige Einrichtungen vorhanden sind, kann ein einwandiger Tank geeignet sein. In anderen Bereichen können einwandige Tanks mit Auffangtasse oder doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle oder ein Membrantank gefordert werden.

Die Werkstoffe für die wichtigsten Teile des Tanks, Stahl oder Beton, sowie die konstruktiven Einzelheiten, z. B. Einlass-/Auslassöffnungen, Gründung auf erhöhtem Erdbodenniveau oder auf dem Erdboden und Schutzsysteme, müssen so ausgewählt werden, dass zur Beurteilung des Risikos eine ausreichende Menge an Informationen verfügbar ist.

Durch die Risikobeurteilung muss nachgewiesen werden, dass die Risiken für Eigentum und Leben sowohl innerhalb als auch außerhalb der Grenzen der Tankanlage sehr gering und akzeptabel sind.

Die Risikobeurteilung muss mit einer Untersuchung zur Erkennung der Gefährdung beginnen.

4.2.4 Erkennen der Gefährdung

Eine Untersuchung zur Erkennung der Gefährdung muss nicht nur für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Tanks durchgeführt werden, sondern für alle Phasen, die während der Auslegungsliebendauer des Tanks auftreten (Auslegung, Bau, Kaltfahren, Inbetriebnahme, Außerbetriebsetzung und auch eine mögliche Auflassung eines Tanks). Zu berücksichtigen sind mindestens:

1) Äußere Gefahren für die Unversehrtheit des Tanks durch:

- die Natur/Umwelt (Schnee, Erdbeben, Sturm, Blitzschlag, Flut, hohe Temperatur);
- die Infrastruktur (Flugzeugabstürze, Einflüsse durch benachbarte Einrichtungen einschließlich Feuer, Explosion, Transport);
- das Standort-Layout (Feuer und Explosion in der Anlage, Brand des Überdruckventils, Bau, Verkehr usw.);
- die Betriebsphilosophie/-praktiken und Einwirkungen durch die Anlage.

2) Interne Gefahren für die Unversehrtheit des Tanks durch:

- mechanisches Versagen, z. B. Temperatureinwirkung, Korrosion, Frosthubb der Gründung, Leckage an den Flanschen;
- Versagen von Ausrüstungsgegenständen (Überdruckventile, Füllstandsmesser usw.);
- Betriebs- und Wartungsfehler (Überfüllung, roll-over, Absturz einer Pumpe, Überdruck usw.).

3) Folgen aus Versagen des Tanks:

- Einfluss auf Menschen außerhalb des Standorts des Tanks (Leckage giftiger Dämpfe/Flüssigkeiten, Brände und Explosionen);
- Einfluss auf Menschen am Standort des Tanks (Austreten giftiger Dämpfe/Flüssigkeiten, Brände und Explosionen);
- Umweltschäden (Austreten von Dämpfen/Flüssigkeiten und Brände);
- Einfluss auf benachbarte Anlagen (Beschädigung einer Anlage);
- Einfluss auf andere Teile der Einrichtung (durch Produktionsunterbrechungen, -verluste).

4.2.5 Methodologie

4.2.5.1 Allgemeines

Für die Risikobeurteilung muss entweder eine probabilistische oder deterministische Methodologie angewendet werden.

4.2.5.2 Probabilistische Risikobeurteilung

Der probabilistische Ansatz muss Folgendes umfassen:

- Auflistung der potenziellen Gefährdung durch äußere und innere Ursachen;
- Sammeln der Daten zur Ausfallrate;

EN 14620-1:2006 (D)

- Bestimmung der Häufigkeit dieser Gefährdung;
- Bestimmung der Einflüsse auf die Folgen des jeweiligen Ereignisses und auf die wahrscheinlich verfügbaren Gegenmaßnahmen;
- Untersuchung der potenziellen Einflüsse einer Außerbetriebnahme;
- Bestimmung der Folgen jeder Gefährdung;
- Bestimmung des Risikos durch Multiplizieren von Häufigkeit und Folgen für alle Szenarien;
- Vergleich der Risikoniveaus mit vorgegebenen Zielwerten.

4.2.5.3 Deterministische Risikobeurteilung

Der deterministische Ansatz muss Folgendes umfassen:

- Aufzählung der Gefährdungen;
- Festlegung glaubwürdiger Szenarien;
- Bestimmung der Folgen;
- Begründung der notwendigen, die Sicherheit verbessernden Maßnahmen zur Risikobegrenzung.

4.2.6 Veränderungen

4.2.6.1 Potenzielle Veränderungen

Mögliche Veränderungen der Gefährdungssituation während der Lebensdauer des Tanks/der Anlage müssen berücksichtigt werden, um Sicherheitsmängel in der Zukunft zu vermeiden.

ANMERKUNG Andere Einrichtungen können in der Nähe des Tanks oder außerhalb der Anlagengrenzen gebaut werden. Ansonsten kann es erforderlich sein, dass bei wesentlichen Veränderungen Risiko und Schadenspotenzial erneut beurteilt und Verbesserungen durchgeführt werden müssen.

4.2.6.2 Veränderungen basierend auf den Untersuchungsergebnissen

Das Ergebnis der Risikobeurteilung muss sorgfältig ausgewertet werden. Falls Veränderungen durchgeführt werden, müssen die Risiken erneut beurteilt werden.

4.2.7 Ermittlung der Einwirkungen

Bei der Risikobeurteilung müssen die kritischen Faktoren ermittelt werden, die bei der Auslegung des Tanks zu berücksichtigen sind. Außergewöhnliche Einwirkungen (Auslaufen von Lagergut, Brände, Explosionen usw.) müssen bestimmt werden.

4.2.8 Risikoprofile

Falls durch örtliche Behörden gefordert, müssen Risikoprofile errechnet werden, indem die Folgen aus mehreren Szenarien ermittelt werden. Unter Annahme gewisser Kriterien für Tod durch giftige Stoffe, Hitzestrahlung bei Bränden und Explosionsdrücken, müssen Wirkungsentfernungen bestimmt werden. Auf der Grundlage der Häufigkeit der Schäden und der Einflüsse durch meteorologische Bedingungen (Windrichtung, Standsicherheit usw.) muss der Beitrag eines jeden Szenariums zu einem Punkt in einer Entfernung des Ereignisses berechnet werden. Indem ein Koordinatennetz/Gitternetz über den das Ereignis umgebenden Bereich gelegt wird und der Beitrag aller Szenarien an jedem Gitterpunkt summiert wird, muss sich ein dreidimensionales Bild (x, y, Risiko) ergeben.

ANMERKUNG Üblicherweise wird das Risikoprofil dargestellt, indem das ermittelte dreidimensionale Bild auf eine zweidimensionale Darstellung reduziert wird, wozu Punkte mit gleichem Risiko miteinander verbunden werden, z. B. 10^{-5} , 10^{-6} und 10^{-7} . In einer Anzahl von Ländern gibt es rechtskräftige Risikokriterien, oder sie können in Absprache mit den zuständigen Behörden entwickelt werden.

5 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle

Für Auslegung, Beschaffung der Werkstoffe, Bau und Prüfung des Tanks muss ein Qualitätsmanagementsystem eingeführt werden.

ANMERKUNG Besonders empfehlenswert ist die in EN ISO 9001 angegebene Anleitung.

6 Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltplan

Der Auftragnehmer muss für Auslegung, Bau und Inbetriebnahme des Tanks einen Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltplan erstellen, der allen vom Besteller festgelegten Zielstellungen entsprechen muss. Im Plan müssen die Verantwortlichkeiten und die Aktivitäten erfasst werden, die nach örtlichen oder nationalen Vorschriften und nach der Gesetzgebung anwendbar sind. Der Plan muss Anforderungen an sichere Arbeitsverfahren so festlegen, dass die Sicherheit von Personen und der Schutz der Umwelt während der Auslegungs- und Bauphasen sichergestellt sind.

7 Allgemeine Betrachtungen zur Auslegung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Verantwortlichkeiten

Der Besteller muss die Verantwortung für die Festlegung aller wichtigen Angaben für die Auslegung des Tanks nach Anhang B tragen.

Der Auftragnehmer muss die Verantwortung für die Auslegung, die Beschaffung der Materialien und den Bau des Tanks tragen.

Bei Überschneidungen, z. B. Probetrieb und Inbetriebnahme, müssen Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer getroffen werden.

Da die Auslegung von Bauteilen aus Stahl und Beton und Bauteilen für die Dämmung oft nicht in einer Hand liegt, ist es wichtig, dass eine eindeutige Zuordnung der Arbeiten und Verantwortlichkeiten erfolgt, sodass die endgültige Auslegung des Tanks einwandfrei abgestimmt ist. Es muss eine klar definierte Abstimmungspflicht zwischen den verschiedenen betroffenen Firmen vorliegen, wobei einer der Beteiligten die Verantwortung für die gesamte technische Koordinierung tragen muss.

ANMERKUNG Ein Szenarium könnte beispielsweise die Temperaturverteilung über das gesamte Tankbauwerk und die aus den vorgegebenen Daten resultierenden Einwirkungen erfassen.

7.1.2 Leistungskriterien

Der Tank muss so ausgelegt werden, dass

- unter üblichen Betriebsbedingungen sowohl Flüssigkeit als auch Dampf aufgenommen werden,
- Füllen und Entleeren mit den festgelegten Geschwindigkeiten durchgeführt werden können,

- die Verdampfung (boil-off) kontrolliert erfolgt und in Ausnahmefällen eine Entlastung durch Abfackeln oder Entlüften durchgeführt werden kann,
- der für den Druck festgelegte Betriebsbereich beibehalten wird,
- das Eindringen von Luft und Feuchtigkeit verhindert wird, außer in den Fällen, in denen Unterdruck-Sicherheitsventile verwendet werden müssen,
- die Verdampfung (Boil-off) entsprechend den Festlegungen erfolgt und Kondensation/Frost an der Außenfläche minimiert wird. Ein Frosthieb der Gründung muss verhindert werden,
- eine Beschädigung durch bestimmte außergewöhnliche Einwirkungen begrenzt wird und nicht zu einem Flüssigkeitsverlust führt.

ANMERKUNG An bestimmten Standorten, an denen die Umgebungstemperatur die Temperatur des Lagerguts unterschreiten kann (Butantanks in kalten Klimazonen), kann bei Verwendung von abgehängten Dächern an der Innenseite des Außentankdachs Kondensation auftreten. Das Kondensat kann in den Ringraum gelangen und zu Problemen führen. Lösungsmöglichkeiten sind die Anwendung besonderer Anordnungen zum Ableiten des Kondensats in den Innentank oder die Auswahl eines alternativen Dachdämmsystems.

7.1.3 Grenzzustandstheorie und Theorie der zulässigen Spannungen

Im Allgemeinen basieren Europäische Normen für Gebäude und Tragwerke auf der Grenzzustandstheorie.

Für Lagertanks aus Stahl und für Dämmsysteme liegen nur begrenzte Erfahrungen mit der Anwendung der Grenzzustandstheorie vor. Daher müssen diese Teile des Tanksystems im Rahmen dieser Europäischen Norm entweder nach der herkömmlichen Theorie der zulässigen Spannungen oder nach der Grenzzustandstheorie ausgelegt werden. Für weitere Einzelheiten, siehe EN 14620-2 und EN 14620-4.

Für die Grenzzustandstheorie gelten die beiden folgenden Kategorien:

- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS), der auf der Grundlage von Kriterien bestimmt wird, die auf Funktionsfähigkeit oder Dauerhaftigkeitseigenschaften bei üblichen Einwirkungen anwendbar sind;
- Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS), der auf der Grundlage des Risikos für ein Versagen, für große bleibende Verschiebungen oder Spannungen bestimmt wird und mit einem Versagen unter außergewöhnlichen Einwirkungen vergleichbar ist.

7.1.4 Erdbebensichere Auslegung

Der Besteller muss das Potenzial der Erdbebenaktivität bewerten, um die Kennwerte für die seismische Bodenbewegung und die zugehörigen Antwortspektren für Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE) und Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE) zu bestimmen, die in 7.3.2.2.13 und 7.3.3.3 definiert werden.

Der Primärbehälter muss für Einwirkungen aus OBE und SSE ausgelegt werden, wobei der maximale Betriebszustand des Primärbehälters zugrunde gelegt werden muss.

Falls ein Sekundärbehälter verwendet wird, muss dieser Behälter für Einwirkungen aus OBE und SSE ausgelegt werden, wobei die Flüssigkeit im Sekundärbehälter nicht berücksichtigt wird. Der Sekundärbehälter muss auch für die Aufnahme des vollen Flüssigkeitsvolumens (maximaler Betriebszustand) nach einem Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE) ausgelegt werden.

Die Membran von Membrantanks muss für Einwirkungen aus OBE ausgelegt werden. Im Falle von Einwirkungen aus SSE darf die Membran versagen, jedoch muss der Betontank einschließlich des Mantel/Boden-Ecke-Schutzsystems die Flüssigkeit aufnehmen.

Bei der geforderten standortspezifischen Untersuchung muss Folgendes berücksichtigt werden:

- die regionale Seismizität, Tektonik und Geologie;
- die Häufigkeit und das maximale Ausmaß der Ereignisse für bekannte Störungszonen und Erdbebenherde während der erwarteten Lebensdauer von Anlagen für tiefkalt verflüssigte Gase;
- Lage des Standorts im Hinblick auf diese Erdbebenherde;
- lokale Geologie des Untergrundes am Standort;
- Dämpfung der Bodenbewegung einschließlich der Einwirkungen naher Erdbebenherde, falls vorhanden.

Horizontale und vertikale Antwortspektren für OBE und SSE müssen erstellt werden. Die Ordinaten für die vertikalen Antwortspektren dürfen jedoch nicht weniger als 50 % der Ordinaten der entsprechenden horizontalen Antwortspektren betragen.

Für einwandige Tanks, einwandige Tanks mit Auffangtasse und doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle muss der Primärbehälter so ausgelegt sein, dass er die Flüssigkeit während OBE- und SSE-Einwirkungen aufnimmt.

Bei Membrantanks müssen die Membran oder der Außentank aus Beton, einschließlich des Schutzsystems, an Boden/Ecken die Flüssigkeit aufnehmen.

Für die Erdbebenberechnung müssen die im Anhang C angegebenen Anforderungen eingehalten werden.

7.1.5 Dichtigkeit

Es muss vorausgesetzt werden, dass das Stahlblech flüssigkeits- und dampfdicht ist.

Für eine polymere Dampfsperre muss die Flüssigkeitsdichtheit, falls zutreffend, und die Dampfdichtheit nachgewiesen werden.

Die Flüssigkeitsdichtheit des Spannbetontragwerks ohne flüssigkeitsdichte Auskleidung muss durch den am geringsten druckbeanspruchten Bereich des Betontragwerks bestimmt werden.

ANMERKUNG Einzelheiten siehe EN 14620-3:2006.

7.1.6 Anschlüsse an Primär- und Sekundärbehälter

7.1.6.1 Einlässe und Auslässe

ANMERKUNG Alle Einlässe und Auslässe sollten nach Möglichkeit über das Tankdach geführt werden. Dies basiert auf der Philosophie, das Risiko einer schwerwiegenden Undichtigkeit auf ein Minimum zu verringern. Zur Entleerung des Lagerguts müssen dann allerdings Pumpen innerhalb des Tanks verwendet werden.

Für die Fälle, in denen Einlässe und Auslässe am Tankboden verwendet werden, gilt Folgendes:

- eine fernbetätigte innere Absperrarmatur muss installiert werden oder
- der Anschluss am Boden muss als Teil des Primärbehälters ausgelegt sein. Das erste Ventil muss von einem entfernten Standort zu betätigen und an den Anschluss am Boden angeschweißt sein. Flanschanschlüsse sind nicht zulässig.

Bei Membrantanks dürfen Ein- und Auslässe nur über das Dach des Tanks geführt werden.

7.1.6.2 Sonstige Anschlüsse

Andere Anschlüsse (z. B. Führungen, Verstrebungen usw.) am Primär- oder Sekundärbehälter sind auf ein Minimum zu beschränken.

7.1.7 Höchster Auslegungsfüllstand

Im Primärbehälter muss oberhalb des Auslegungsfüllstands ein Freibord von mindestens 300 mm vorgesehen werden.

ANMERKUNG Dieser Höhenunterschied kann bei der Festlegung der für den Fall des Überschwappens der Flüssigkeit während eines Erdbebens erforderlichen Höhe berücksichtigt werden.

7.1.8 Kaltfahren

Ein Rohrleitungssystem zum Kaltfahren des Tanks muss vorgesehen werden. Das System muss so ausgelegt sein, dass die festgelegten Geschwindigkeiten für das Kaltfahren eingehalten werden können. Um eine vollständige Verdampfung/Verteilung der Flüssigkeit sicherzustellen, müssen Sprühdüsen oder andere geeignete Verfahren/Vorrichtungen verwendet werden.

7.1.9 Gründung

Die Gründung muss so ausgelegt sein, dass die Setzung des Tanks und seiner Anschlüsse aufgenommen werden kann. Folgende Arten sind allgemein gebräuchlich:

- Flächengründung (Tankfundament mit Beton-Ringbalken- oder Beton-Plattengründung);
- Pfahlgründung (Grundplatte auf Pfählen entweder auf Bodenniveau oder auf erhöhtem Niveau).

Boden- und seismologische Untersuchungen müssen durchgeführt werden, um die Beschaffenheit und die geotechnischen Eigenschaften des Bodens zu bestimmen.

Die Bodenuntersuchung muss nach EN 1997-1:2004 durchgeführt werden. Die Erdbebensicherheit der Bauwerke muss EN 1998-1:2004 und Anhang C entsprechen.

ANMERKUNG 1 Zur Verringerung der Folgen eines Erdbebens können der Einsatz von Erdbebenisolatoren oder entsprechende Einrichtungen erforderlich sein.

Der Auftragnehmer muss in Absprache mit dem Besteller die maximal zulässige Gesamtsetzung und die ungleichmäßige Setzung des Tanks bestimmen. Der Auftragnehmer muss nachweisen, dass alle Tankbauteile diese Setzungen aufnehmen können.

Das tatsächliche Setzungsverhalten des Tanks muss während der verschiedenen Lebensdauerphasen des Tanks (Bau, Wasserdruckprüfung und Betrieb usw.) überwacht werden. Die Überwachungshäufigkeit muss von der vorgesehenen Zeit und der lastabhängigen Veränderungsrate der Setzung abhängig sein.

Wenn das Setzungsverhalten während des Baus und der Prüfung des Tanks vom vorhergesagten Verhalten abweicht, muss der Auftragnehmer die Ursache ergründen und Maßnahmen ergreifen, um künftige Schäden zu verhindern. Der Besteller muss konsultiert werden.

ANMERKUNG 2 Wenn das Setzungsverhalten während des Betriebs des Tanks vom vorhergesagten Verhalten abweicht, wird dem Besteller empfohlen, den Auftragnehmer zu konsultieren.

Ein Frosthub der Gründung muss vermieden werden.

ANMERKUNG 3 Um diese Anforderung zu erfüllen, kann ein Heizsystem für die Gründung erforderlich sein.

ANMERKUNG 4 Die Gründung kann erhöht angeordnet werden, sodass ein freier Raum zwischen Boden und Gründungsplatte bleibt, der eine Luftzirkulation ermöglicht. In diesem Fall kann das Heizsystem möglicherweise entfallen. Der Auftragnehmer sollte nachweisen, dass eine ausreichende Luftzirkulation erreicht wird und dass langfristig weder Kondensation noch Eisbildung an der Gründungsplatte auftreten.

ANMERKUNG 5 Weitere Einzelheiten zu den Gründungen sind in EN 14620-3:2006, Anhang B aufgeführt.

7.1.10 Heizsystem der Gründung

Das Heizsystem der Gründung muss so ausgelegt werden, dass die Temperatur der Gründung an keiner Stelle auf Werte unter 0 °C fällt. Die Anordnung der Kanäle und die angewendete Redundanz des Heizsystems muss dazu führen, dass auch bei Ausfall eines Heizkanals die oben festgelegte Anforderung erfüllt wird.

Die Heizleistung muss mindestens durch zwei Temperaturregler überwacht werden. Ein Regler muss in einem Bereich angeordnet werden, in dem mit einer niedrigen Temperatur zu rechnen ist. Für alle Temperaturregler müssen Ablesungen an der Schalttafel oder Messwarte möglich sein, und bei einer zu niedrigen Temperatur muss ein Alarm ausgelöst werden.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu den Heizsystemen werden im Anhang D gegeben.

7.1.11 Kälteschutzsystem (TPS) eines Betontanks

ANMERKUNG Für einen Sekundärbehälter aus Beton (z. B. für einen Tank mit vollständiger Sicherheitshülle und für einen Membrantank) mit starrem Wandanschluss an das Fundament kann ein Kälteschutzsystem (TPS) gefordert werden, um eine unkontrollierte Rissbildung im Wandanschlussbereich oder in der Fundamentplatte zu verhindern. Risse können sich bei einer Undichtigkeit des Primärbehälters bilden. Das Kälteschutzsystem (TPS) wird auf dem gesamten Boden und am unteren Teil der Wand angebracht. Es dürfen Stahlplatten (mit doppeltem Boden) und Dämmstoffe (für Tanks mit doppelter Sicherheitshülle und mit vollständiger Sicherheitshülle) oder eine Flüssigkeitssperre und Dämmstoffe (für Membrantanks) verwendet werden.

Die Höhe des vertikalen Teils des Kälteschutzsystems (TPS) muss entsprechend der Temperaturverteilung und der Verformbarkeit der starren Ecken festgelegt werden. Die Werkstoffauswahl und die Auslegungsanforderungen müssen den zutreffenden Abschnitten in EN 14620-2 und EN 14620-4 entsprechen.

7.1.12 Damm (Auffangtasse)

Für einwandige Tanks muss ein Damm (eine Auffangtasse) vorgesehen werden. Die Maße des mit einem Damm umgebenen Bereichs müssen so festgelegt werden, dass der gesamte Tankinhalt aufgenommen werden kann. Dieser Bereich und der Damm, die die Auffangtasse bilden, müssen dauerhaft flüssigkeitsdicht ausgelegt werden. Die verwendeten Materialien müssen beständig gegen das auslaufende Produkt sein. Es muss dafür gesorgt werden, dass Regen- und Löschwasser, das sich innerhalb des mit einem Damm umgebenen Bereichs ansammelt, ohne Verlust von Flüssigkeit abgeleitet werden kann.

Für Betondämme gelten die in EN 14620-3:2006 festgelegten Anforderungen.

7.1.13 Blitz

Der Tank muss gegen Blitzeinschlag geschützt werden.

7.2 Schutzsysteme

7.2.1 Messgeräte

7.2.1.1 Allgemeines

Folgende Mindestanforderungen gelten:

- Es müssen Messgeräte eingebaut werden, damit Inbetriebnahme, Betrieb/Wartung und Außerbetriebsetzung des Tanks sicher und zuverlässig ablaufen. Es muss eine ausreichende Anzahl von Reservegeräten vorgesehen werden;
- nach Möglichkeit müssen die Geräte während des üblichen Betriebs des Tanks gewartet werden können;
- die Messwerte müssen zu einer Steuerzentrale/einem Operator übertragen werden.

7.2.1.2 Füllhöhe

Um ein Überlaufen des Tanks zu verhindern, müssen mindestens zwei sehr genaue, voneinander unabhängige Füllstandsmessgeräte installiert werden. Jedes Füllstandsmesssystem muss einen Alarm bei einem hohen Füllstand und bei einem sehr hohen Füllstand auslösen und einen selbsttätigen Ausschalter haben.

ANMERKUNG Aufgrund dieser Anforderung ist es nicht erforderlich, den Tank für Überfüllung auszulegen.

7.2.1.3 Druck

Der Tank muss mindestens mit Messgeräten zum Nachweis von zu hohem und zu niedrigem Druck ausgestattet werden. Die Systeme müssen unabhängig vom üblichen Druckmesssystem arbeiten.

7.2.1.4 Temperatur

Der Tank muss mindestens mit dauerhaft eingebauten und geeignet angeordneten Geräten ausgestattet werden, die folgende Möglichkeiten zur Temperaturüberwachung bieten:

- Messung der Temperatur des Lagerguts in verschiedenen Tiefen. Der senkrechte Abstand zwischen zwei benachbarten Messfühlern darf 2 m nicht überschreiten;
- Messung der Temperatur im Dampfraum (falls zutreffend, unterhalb und oberhalb des abgehängten Dachs);
- Messung der Temperatur am Mantel und am Boden des Primärbehälters (zur Regelung der Abkühlung/Erwärmung).

7.2.1.5 Verhinderung von unkontrollierter Durchmischung (roll-over)

ANMERKUNG 1 Eine unkontrollierte Durchmischung (roll-over) kann dann auftreten, wenn Produkte (z. B. LNG und LPG) mit unterschiedlicher Zusammensetzung und Dichte in einem Tank gelagert werden.

Eine unkontrollierte Durchmischung (roll-over) muss verhindert werden durch:

- Anwendung eines Dichtemesssystems, mit dem die Dichte über den gesamten Füllhöhenbereich des Lagerguts überwacht werden kann. Das Dichtemesssystem muss einen Alarm auslösen, wenn bestimmte vorgegebene Werte überschritten werden. In diesem Fall müssen Maßnahmen eingeleitet werden, um eine unkontrollierte Durchmischung (Roll-over) zu verhindern (z. B. Mischen des Tankinhalts). Das Dichtemesssystem muss unabhängig vom Füllstandsmesssystem arbeiten;
- durch ein zeitweilig oder dauernd arbeitendes Umwälzsystem zwischen Tankboden und oberem Bereich des Tanks.

ANMERKUNG 2 Wenn diese Anforderung erfüllt wird, ist es nicht notwendig, den Tank so zu dimensionieren, dass eine unkontrollierte Bewegung (roll-over) auftreten kann.

7.2.1.6 Feuer- und Gasdetektoren

Es muss darauf geachtet werden, dass ein Feuer- und Gasmeldesystem eingebaut wird.

7.2.1.7 Leckanzeige für den Primärbehälter

Für den Primärbehälter muss ein Leckanzeigesystem vorgesehen werden. Es muss auf einem der folgenden Prinzipien basieren:

- Temperaturabfall;
- Gasnachweis;
- Differenzdruckmessung.

7.2.1.8 Überwachungssystem für den Dämmraum

Falls der Dämmraum vom Primärbehälter getrennt ist (z. B. beim Membrantank), muss im Dämmraum ein Überwachungssystem eingebaut werden. Dieses System muss dazu dienen,

- das Spülgas zu analysieren, um alle Produktdämpfe nachzuweisen (Leckage der Membran),
- das Inertgas durch den Dämmdampfraum zu spülen, um sicherzustellen, dass während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Gaskonzentration weniger als 30 % der unteren Entzündbarkeitsgrenze beträgt,
- den Differenzdruck zwischen Dämmdampfraum und Primärhüllenraum so zu überwachen, dass die Membran nicht beschädigt werden kann. Dieses System muss ausfallsicher ausgelegt werden.

7.2.2 Schutz gegen Über- und Unterdruck

7.2.2.1 Allgemeines

Tanks, die für die Lagerung giftiger Produkte vorgesehen sind, dürfen keine Entlüftung in die Atmosphäre haben.

Für Tanks, die für die Lagerung nicht giftiger Produkte vorgesehen sind, muss zwischen Betriebsdruck und Auslegungsdruck eine ausreichende Differenz vorhanden sein, um unnötige Entlüftung zu vermeiden.

Die Auslegung für die Druckentlastungsleistung (Über- und Unterdruck) muss auf der Grundlage von bestimmungsgemäßen und nicht bestimmungsgemäßen Betriebsszenarien erfolgen. Ausfälle von miteinander verbundenen Einrichtungen, z. B. Prozessanlagen, Entlüftungs- oder Abfackelsysteme usw., müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise sind Über- und Unterdruckentlastungsventile voneinander getrennt. Es darf jedoch auch eine Kombination verwendet werden.

Für einen doppelwandigen Tank mit vollständiger Sicherheitshülle muss das Druckentlastungssystem so ausgelegt werden, dass es die Dämpfe aufnehmen kann, die bei einer Leckage des Innentanks erzeugt werden.

ANMERKUNG 2 Für die Bemessung des Druckentlastungssystems kann eine Öffnung mit 20 mm Durchmesser im ersten Mantelschuss angenommen werden.

7.2.2.2 Überdruckentlastungsventile

Die Anzahl der erforderlichen Überdruckentlastungsventile muss auf der Grundlage der vorgegebenen gesamten Produktdampf-Ausströmmenge und des Ventileinstell- sowie Akkumulationsdrucks (Druck bei voller Ventilleistung) errechnet werden. Für Wartungszwecke muss außerdem ein Ersatzventil eingebaut werden.

Die Einlassrohrleitung muss, wenn durchführbar, durch das abgehängte Dach geführt werden, um zu verhindern, dass unter Entlastungsbedingungen kalter Dampf in den warmen Bereich zwischen Außendach und abgehängtem Dach eindringt.

7.2.2.3 Unterdruckentlastungsventile

Die Anzahl der Unterdruckentlastungsventile muss auf der Grundlage der vorgegebenen gesamten Produktdampf-Ausströmmenge und des Ventileinstell- sowie Akkumulationsdrucks (Druck bei voller Ventilleistung) errechnet werden. Für Wartungszwecke muss außerdem ein Ersatzventil eingebaut werden.

Die Unterdruckentlastungsventile müssen die Zufuhr von Luft im Dampfraum direkt unter dem Dach ermöglichen.

7.2.3 Brandschutz

Es ist zu prüfen, ob ein Brandschutzsystem erforderlich ist. Bei der Überprüfung müssen die folgenden potenziellen Brände berücksichtigt werden:

- örtliche Brände;
- Brände von Entlastungsventilen/Sicherheitsventilen;
- Brände in nahe gelegenen Anlagen (Tanks eingeschlossen).

7.3 Einwirkungen (Lasten)

7.3.1 Allgemeines

Es sind die in 7.3.2 bis 7.3.3 aufgeführten gewöhnlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen zu beachten.

7.3.2 Gewöhnliche Einwirkungen

7.3.2.1 Ständige Einwirkungen

Eigengewicht der Beton-, Stahl- und Dämmbauteile, der Rohrleitungen, Formstücke, Zubehörteile und der fest eingebauten Ausrüstungsteile. Bezüglich örtlicher Auswirkungen aus der Vorspannung, z. B. Verankerungsbereiche und Berstbeanspruchung, siehe EN 1992-1-1:2004.

7.3.2.2 Veränderliche Einwirkungen

7.3.2.2.1 Last des Lagerguts

Hydrostatische Last des gelagerten Produkts.

7.3.2.2.2 Nutzlasten

Nutzlasten sind z. B.

- eine gleichmäßig verteilte Last von $1,2 \text{ kN/m}^2$ über die projizierte Festdachfläche;

ANMERKUNG 1 Diese Last sollte nicht mit einer Schneelast und einer Last durch inneren Unterdruck kombiniert werden.

- eine gleichmäßig verteilte Last von $2,4 \text{ kN/m}^2$, die auf Bühnen und Laufstege wirkt;
- eine Punktlast von 5 kN auf einer Fläche von $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$, an einer beliebigen Stelle der Bühnen oder Laufstege.

ANMERKUNG 2 Während der Errichtung und Wartung sollte die kleinste gleichmäßig verteilte Last auf ein abgehängtes Dach $0,5 \text{ kN/m}^2$ betragen.

ANMERKUNG 3 An den Standorten, an denen die Umgebungstemperatur unter die Auslegungstemperatur des Tanks fallen kann, ist an der Innenseite des Dachs am Außentank Kondensation möglich. In Abhängigkeit von der Auslegung des Decks kann dies eine Auswirkung auf das abgehängte Dach haben, und in bestimmten doppelwandigen Tanks kann sich Lagergut innerhalb des Ringraums sammeln.

7.3.2.2.3 Windlasten

Zur Festlegung eines geeigneten Wertes für die Windlasten muss auf nationale Daten oder auf EN 1991-1-4 zurückgegriffen werden.

7.3.2.2.4 Schneelasten

Zur Festlegung eines geeigneten Wertes für die Schneelasten muss auf nationale Daten zurückgegriffen werden.

7.3.2.2.5 Druck durch die Dämmung

Falls zutreffend, müssen sowohl Innen- als auch Außenbehälter für den Druck ausgelegt werden, der von der Dämmung (einschließlich Perlitpulver) ausgeübt wird.

7.3.2.2.6 Innerer Auslegungsdruck

Der innere Auslegungsdruck muss vom Besteller festgelegt werden.

7.3.2.2.7 Innerer Auslegungsunterdruck (Vakuum)

Der innere Auslegungsunterdruck muss vom Besteller festgelegt werden.

7.3.2.2.8 Lasten durch Setzung

Der Lagertank und seine Gründung müssen für die während der Lebensdauer des Tanks zu erwartende größte gesamte Setzung und für die größten ungleichmäßigen Setzungen der Gründung ausgelegt werden.

7.3.2.2.9 Rohranschlüsse

Die Rohrschlusslasten müssen vom Besteller festgelegt oder vom Auftragnehmer bestimmt werden, sofern er für die Auslegung der Rohrleitung zuständig ist.

7.3.2.2.10 Lasten durch den Bau

Alle während des Baus möglichen Lastfälle müssen in Übereinstimmung mit EN 1991-1-6 berücksichtigt werden.

7.3.2.2.11 Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen

Die Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen müssen nach EN 14620-5 durchgeführt werden.

7.3.2.2.12 Thermische Einwirkungen

Alle während des Baus, der Prüfung, des Kaltfahrens, des bestimmungsgemäßen Betriebs, des nicht bestimmungsgemäßen Betriebs und des Warmfahrens möglichen thermischen Einwirkungen müssen berücksichtigt werden.

7.3.2.2.13 Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE)

Der Tank (siehe auch 7.1.4) muss für die nachfolgend definierten Bodenbewegungen durch ein OBE ausgelegt werden.

ANMERKUNG Bei der Verweisung auf EN 1998-1:2004 ist mit OBE der Schadensbegrenzungszustand gemeint. Im Falle der Verweisung auf ENV 1998-4:1998, ist OBE dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (vollständige Unversehrtheit) gleichzusetzen.

Die OBE-Bodenbewegung muss der mittels eines Antwortspektrums mit einem Dämpfungswert von 5 % dargestellten Bewegung entsprechen, mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10 % innerhalb einer Periode von 50 Jahren (mittlere Wiederkehrperiode von 475 Jahren).

Wenn für die Bemessung des Bauwerks, des Tragsystems oder des Bauteils ein anderer Dämpfungswert als 5 % des kritischen Wertes angenommen wurde, muss das OBE-Antwortspektrum entsprechend angepasst werden, indem der Korrekturbeiwert aus EN 1998-1:2004, 3.2.2.2. (3) verwendet wird. Der genaue Dämpfungswert muss basieren auf

- den Dämpfungswerten in ENV 1998-4:1998, 1.4.3. Der für vertikale Impulswirkungen angesetzte Dämpfungswert muss dem für horizontale Impulswirkungen angesetzten Wert gleich sein.

Der Dämpfungs-Korrekturwert nach EN 1998-1:2004, 3.2.2.2 (3), der die Dämpfung des Systems Boden-Bauwerk einschließt, muss auf 0,7 begrenzt werden.

Der Verhaltensbeiwert q für inelastisches Verhalten (ENV 1998-4:1998) muss zu 1 angesetzt werden.

7.3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen

7.3.3.1 Undichtigkeit des Primärbehälters

Wenn ein Sekundärbehälter vorhanden ist, muss er so ausgelegt werden, dass er den maximalen Flüssigkeitsinhalt des Primärbehälters aufnehmen kann. Dabei wird eine allmähliche Füllung des Sekundärbehälters angenommen. Dieselbe Philosophie gilt für Tanks mit Membran-Sicherheitshülle. Außer größeren Mengen auslaufenden Lagerguts müssen auch die Folgen untersucht werden, wenn geringere Lagergutmengen auslaufen, die zu einem Ungleichgewicht (zu „kalten Stellen“) führen.

7.3.3.2 Auslaufen des Lagerguts an Rohrleitungsbauteilen

Die mögliche Undichtigkeit von Rohrflanschen und Rohrarmaturen sowie der Einfluss dieser Undichtigkeit auf Dach oder Mantel des Tanks müssen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Für das Undichtigkeits-Szenarium kann ein Versagen der Dichtung angenommen werden.

Bereiche, in denen Lagergut auslaufen kann, müssen für den Kontakt mit dem Lagergut ausgelegt sein, oder aber dadurch geschützt sein, dass ausgelaufenes Lagergut aufgefangen und abgeführt wird.

7.3.3.3 Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE)

Der Tank (siehe auch 7.1.4) muss auch für SSE-Bodenbewegungen ausgelegt werden.

ANMERKUNG Bei den Verweisungen auf EN 1998-1:2004 und ENV 1998-4:1998, wird SSE dem Grenzzustand der Tragfähigkeit gleichgesetzt.

Die SSE-Bodenbewegung muss der mittels eines Antwortspektrums mit einem Dämpfungswert von 5 % dargestellten Bewegung entsprechen, mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1 % innerhalb einer Periode von 50 Jahren (mittlere Wiederkehrperiode von 4975 Jahren) vorbehaltlich der folgenden Ausnahme:

Falls die Ordinate dieses probabilistischen Antwortspektrums mit einem Dämpfungswert von 5 % in der Grundperiode (TI) für die impulsive Eigenform des Systems Tank–Flüssigkeit–Gründung größer ist als die entsprechende Ordinate des deterministischen SSE-Bodenbewegungsspektrums des unten stehenden Absatzes, muss die SSE-Bodenbewegung als die deterministische SSE-Bodenbewegung aus unten stehendem Absatz angenommen werden.

Die deterministische SSE-Bodenbewegung muss die größte Bewegung der 84%-Quantile eines Antwortspektrums mit 5 % Dämpfung sein, die aus den für die Region charakteristischen Erdbeben für bekannte aktive Störungen errechnet wird. Der deterministische Ansatz ist nur in Regionen mit hoher Erdbebenaktivität an Plattengrenzen zulässig, in denen Lagen und Kennwerte größerer aktiver Verwerfungen durch geologische und seismologische Untersuchungen bestimmt wurden.

Unabhängig von der zur Bestimmung des SSE-Bodenbewegungsspektrums mit einer Dämpfung von 5 % angewendeten Ansatzes braucht dieses Spektrum nicht mehr als doppelt so groß wie das OBE-Spektrum für eine Dämpfung von 5 % zu sein.

Wenn für die Bemessung des Bauwerks, des Tragsystems oder des Bauteils ein anderer Dämpfungswert als 5 % des kritischen Wertes angenommen wurde, muss das SSE-Antwortspektrum entsprechend angepasst werden, indem der Korrekturbeiwert aus Einstellfaktoren aus EN 1998-1:2004, 3.2.2.2 (3) verwendet wird. Der genaue Dämpfungswert muss basieren auf:

- den Dämpfungswerten in EN 1998-4:1998, 1.4.3. Der für vertikale Impulswirkungen angesetzte Dämpfungswert muss dem für horizontale Impulseinwirkungen angesetzten Wert gleich sein;
- Boden-Bauwerk-Wechselwirkung: Für die konvektiven Eigenformen (Schwappen) sind die Dämpfungswerte im Wesentlichen unabhängig vom Tankwerkstoff und vom Einfluss der Boden-Bauwerk Wechselwirkung; sie sollten nicht größer sein als 0,5 %.

Der Dämpfungs-Korrekturwert nach EN 1998-1:2004, 3.2.2.2 (3), der die Dämpfung des Systems Boden-Bauwerk einschließt, muss auf 0,63 begrenzt werden.

Der Verhaltensbeiwert q für inelastisches Verhalten nach ENV 1998-4:1998 darf 1 nicht überschreiten, außer dies ist in Übereinstimmung mit EN 1998-1:2004 und ENV 1998-4:1998 begründet.

7.3.3.4 Externe Brände und Explosionen

Der Besteller muss den Umfang externer Brände und Explosionen festlegen.

7.3.4 Kombinationen von Einwirkungen

Die oben aufgeführten gewöhnlichen Einwirkungen müssen nach EN 1991-1 so miteinander kombiniert werden, dass alle bei Bau, Prüfung, Kaltfahren, bestimmungsgemäßem Betrieb und Warmfahren der Tanks möglichen Kombinationen in die Auslegung einbezogen werden. Es ist nur eine außergewöhnliche Einwirkung mit der geeigneten Kombination von gewöhnlichen Einwirkungen in jedem Einzellastfall zu kombinieren.

8 Inspektion und Wartung

Der Auftragnehmer muss auf kritische Punkte hinweisen, die möglicherweise in der Zukunft zu beachten sind, sodass das Inspektions- und Wartungsprogramm für den Tank entsprechend aufgestellt werden muss.

Anhang A (informativ)

Physikalische Eigenschaften der Gase

Verflüssigte Gase können als Produkte definiert werden, deren Siedepunkt bei atmosphärischem Druck weniger als 0 °C beträgt.

In Tabelle A.1 werden die wichtigsten physikalischen Konstanten der reinen Gase für die gebräuchlichsten Produkte angegeben. Der Besteller sollte die Eigenschaften der zu lagernden Gase festlegen.

Tabelle A.1 — Physikalische Eigenschaften der reinen Gase

Stoff	Chemische Formel	Molekulargewicht g/mol	Siedetemperatur °C	Verdampfungsenthalpie kJ/kg	Dichte der Flüssigkeit am Siedepunkt kg/m ³	Dichte des Gases am Siedepunkt kg/m ³ · 10 ⁻⁸	Von 1 m ³ Flüssigkeit freigesetztes Gas (bei 15 °C und 1 bar) m ³
n-Butan	C ₄ H ₁₀	58 123	-0,5	385	601	270	239
iso-Butan	C ₄ H ₁₀	58 123	-11,7	366	593	282	236
Ammoniak	NH ₃	17 030	-33,3	1 367	682	905	910
Butadien	C ₄ H ₆	54 091	-4,5	417	650	255	279
Propan	C ₃ H ₈	44 096	-42,0	425	582	242	311
Propylen	C ₃ H ₆	42 080	-47,7	437	613	236	388
Ethan	C ₂ H ₆	30 069	-88,6	487	546	205	432
Ethylen	C ₂ H ₄	28 054	-103,7	482	567	208	482
Methan	CH ₄	16 043	-161,5	509	422	181	630
ANMERKUNG 1 Handelsübliches Butan ist ein Gemisch aus n-Butan und Isobutan mit einem geringen Anteil von Propan und Pentan.							
ANMERKUNG 2 Handelsübliches Propan besteht aus Propan und geringen Anteilen von Ethan und Butan.							

Anhang B (normativ)

Angaben zur Auslegung

B.1 Angaben des Bestellers

Der Besteller muss folgende Auslegungsdaten festlegen:

- Umfang der Arbeiten (Inbetriebnahme, Trocknen, Inertisieren und Kaltfahren eingeschlossen);
- Tanktyp;
- Auslegungs- und Einstelldrücke;
- Befüll- und Entleerungsraten;
- außergewöhnliche Einwirkungen (z. B. verschüttetes Lagergut, Brände und Explosionen);
- Auslegung der Lebensdauer;
- Standort des Tanks mit Lageplan;
- Fassungsvermögen des Tanks (netto oder brutto);
- Umgebungsdaten (einschließlich Umgebungstemperatur, niedrigster/höchster Temperatur);
- Prozess-Flussdiagramme (PFD), Diagramme für den Prozess und die Geräteausstattung (P & ID);
- Auslegungswandtemperatur des Primärbehälters;
- wichtige Eigenschaften des Lagerguts (einschließlich der relativen Dichte, Temperatur, Toxizität, Entflammbarkeit);
- Vorkehrungen zur Verhinderung von unkontrollierten Bewegungen (Einbau eines Dichtmessers, Anwendung einer kontinuierlichen Umwälzung des Lagerguts);
- zulässige Verdampfungsrate und Umgebungsbedingungen;
- innerer Auslegungsüberdruck und -unterdruck;
- maximaler Betriebszustand;
- Auslegungsdaten für die Be- und Entlüftung (Durchflussraten);
- bestimmte Einwirkungen, wie z. B. Erdbeben, Wind, Explosion, Aufprall, Brand, Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen/Stützen;
- Anforderungen an Rohrleitungen und an die Geräteausstattung.

ANMERKUNG Die standortspezifischen geotechnischen und seismischen Angaben dürfen auch vom Besteller bereitgestellt werden. Hinsichtlich der Verantwortlichkeiten der Auftragnehmer können jedoch weitere Daten gefordert werden.

B.2 Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer

Folgende Punkte sind zwischen Besteller und Auftragnehmer zu vereinbaren:

- Unterstützung des Auftragnehmers bei der Risikobeurteilung;
- Identifikation der zutreffenden örtlichen oder nationalen Vorschriften und Gesetze;
- Folgen aus den Leckage-Szenarien;
- maximal zulässige Spülrate des Überwachungssystems für die Dämmung (bei Membrantanks);
- Inbetriebnahmeverfahren;
- vorhergesagte Setzungen des Tanks und zukünftig auszuführende Inspektionen.

Anhang C (normativ)

Erdbebenberechnung

C.1 Allgemeines

Es muss eine der folgenden Methodologien angewendet werden:

- statische Auslegung;
- dynamische Auslegung.

ANMERKUNG 1 Für Spitzenwerte der Bodenbeschleunigung bis zu 0,05 g dürfen beide Verfahren angewendet werden. Für einen größeren Spitzenwert der Bodenbeschleunigung wird das dynamische Auslegungsverfahren empfohlen.

Für die Bedingungen eines Auslegungserdbebens muss die Tankauslegung sicherstellen, dass die Betriebsfähigkeit während des Erdbebens und nach dem Erdbeben aufrechterhalten wird.

Für die Bedingungen eines Sicherheitserdbebens gilt:

- für einwandige Tanks, einwandige Tanks mit Auffangtasse und doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle muss das Lagergut vom Primärbehälter aufgenommen werden. Die berechnete Höhe der vertikalen Schwappbewegung darf den Freibord über dem maximalen Betriebszustand nicht überschreiten;
- für Membrantanks muss das Lagergut von der Membran oder dem Außentank aus Beton unter Einbeziehung des Schutzsystems für Boden/Ecken aufgenommen werden.

ANMERKUNG 2 In den Fällen, in denen die Grenzzustandstheorie angewendet wird, kann dies in Kombination mit angepassten Teilsicherheitsbeiwerten erfolgen. Bei Anwendung der Theorie der zulässigen Spannungen dürfen die zulässigen Spannungen erhöht werden.

C.2 Berechnung des Tankbauwerks

Für eine statische Berechnung des Tanks ist EN 1998-1:2004, 4.3.3.2 (vereinfachtes Antwortspektrumverfahren) anzuwenden.

Für das dynamische Auslegungsverfahren muss auf ENV 1998-4:1998 Bezug genommen werden.

Für Orte mit hoher Erdbebenwahrscheinlichkeit kann es erforderlich sein, weiterentwickelte Ansätze, wie z. B. das modale Antwortspektrenverfahren und nichtlineare Verfahren, einschließlich der Zeitverlaufberechnung, wie in EN 1998-1:2004, 4.3.3.3 und 4.3.3.4 festgelegt, anzuwenden.

C.3 Modellabbildung für Tankbauwerk und Lagergut

Wenn der Flüssigkeitsdruck direkt auf das Tankbauwerk wirkt, muss die dynamische Berechnung des Tankbauwerks anhand von Berechnungsmodellen durchgeführt werden, die sowohl die Eigenfrequenz als auch die Schwingungsform des Tanks sowie Eigenfrequenzen und Schwingungsformen des Lagerguts (horizontale konvektive und impulsive Schwingungsformen und vertikale impulsive Schwingungsformen) einbeziehen. Für alle wichtigen Schwingungsformen müssen die horizontalen und die vertikalen Kräfte sowie die Kippmomente des Tanks errechnet werden.

ANMERKUNG 1 Als Leitlinien für die Modellabbildung und die Berechnung sollten EN 1998-1:2004 und ENV 1998-4:1998 angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Die dynamische Antwort kann auf der Grundlage einer Summierung der Antwort der Systeme mit einem einzigen Freiheitsgrad, bei der eine einzige Schwingungsform des Tanks und/oder des Lagerguts berücksichtigt wird, oder unter Anwendung der Finite-Elemente-Methode für Tank und Lagergut unter Berücksichtigung der Flüssigkeit-Bauwerk-Wechselwirkung errechnet werden. Für Modelle mit einem Freiheitsgrad und ihren Eigenschaften, einschließlich der Dämpfung, wird auf ENV 1998-4:1998 Bezug genommen. Die Antwort darf durch Anwendung von direkten Integrationsverfahren oder von Schwingungsform-Überlagerungsverfahren errechnet werden.

C.4 Antwort des Tankbauwerks

C.4.1 Allgemeines

Die Antwort des Tankbauwerks muss für horizontale und vertikale, durch ein Erdbeben verursachte Kräfte errechnet werden, und zwar für OBE und SSE gesondert.

Folgende Antwortparameter sind zu berechnen:

- Höhe der Wellen des Lagerguts, die durch die erste konvektive Schwingungsform erzeugt werden;
- in den Teilen des Tankmantels, die direkt oder indirekt durch das Eigengewicht der Flüssigkeit und durch den hydrodynamischen Druck der Flüssigkeit als Folge konvektiver, impulsiver und Atmungseigenformen beansprucht werden:
 - die Umfangsspannung;
 - die Scherspannung;
 - die Längsspannung.

In den Teilen der Tankgrundfläche, die direkt oder indirekt durch das Eigengewicht der Flüssigkeit und durch die hydrodynamischen Drücke der Flüssigkeit als Folge konvektiver oder impulsiver Eigenformen (horizontal und vertikal) beansprucht werden:

- die Scherspannung;
- die Normalspannung.

C.4.2 Erdbebenisolierung

Erdbebenisolatoren müssen für eine Inspektion zugänglich sein. Die Notwendigkeit eines Austauschs dieser Isolatoren muss berücksichtigt werden. Erdbebenisolatoren müssen während und nach einem Auslegungserdbeben wirksam und unbeschädigt bleiben. Bei Sicherheitserdbeben muss eine Beschädigung als Folge des Erdbebens zugelassen werden, sofern die Wirksamkeit der Isolatoren nicht wesentlich eingeschränkt ist.

ANMERKUNG 1 Eine Erdbebenisolierung darf angewendet werden, um die dynamischen Eigenschaften der horizontalen und/oder vertikalen Schwingungsformen des Tankbauwerks zu beeinflussen.

ANMERKUNG 2 Die mögliche Wechselwirkung mit den Schwapp-Eigenformen (z. B. zweiter und dritter Ordnung) sowie die impulsive und konvektive Antwort des Bauwerks sollten beachtet werden.

C.5 Abnahmekriterien und Grenzen (Nicht-Membrantanks)

C.5.1 Für Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE)

Es gelten folgende Kriterien und Grenzen:

- Für den Tank muss ein ausreichender Freibord vorgesehen werden, um sowohl ein Auslaufen als auch jeden Kontakt mit dem Hängendeck durch Schwappbewegung zu verhindern. Für die Berechnung der Höhe der vertikalen Schwappbewegung in Tanks, siehe ENV 1998-4:1998.
- Eine horizontale Verschiebung des Tanks ist unzulässig. Es muss ein Sicherheitsbeiwert von 1,5 eingehalten werden.

C.5.2 Für Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE)

Es gelten folgende Kriterien und Grenzen:

- Für einen nicht verankerten Tank beträgt die maximale Breite (in radialer Richtung gemessen) des Tanks zur Ermittlung der Widerstandskraft, die für das Abheben berücksichtigt wird, 7 % des Tankradius.
- Eine horizontale Verschiebung des Tanks ist unzulässig. Reibungsbeiwerte müssen aus der Literatur entnommen oder durch Prüfung ermittelt werden. Es gilt ein Sicherheitsbeiwert von 1,0.

C.6 Vertikale Verankerungen (Nicht-Membrantanks)

Die Notwendigkeit einer vertikalen Verankerung der Tankkonstruktion muss auf der Grundlage der Kippsicherheit des Tanks, der durch Innendruck hervorgerufenen Hebekräfte und der Grenzen für die Hebung der Ringplatte bewertet werden. Vertikale Verankerungen und ihre Befestigung am Mantel müssen so ausgelegt werden, dass sie allen vertikalen Lasten auf den Mantel standhalten, die durch Innendruck und Erdbeben- oder Windeinwirkungen bedingt sind, und dass sie diese Lasten auf die Gründung übertragen. Verankerungen und ihre Befestigungen müssen so ausgelegt werden, dass ungleichmäßige Temperaturdehnungen in radialer Richtung aufgenommen werden. Für übliche elastische Konstruktionen müssen Verbindungsteile zum Fundament und Anschlüsse für die das Nachgeben der Verankerung auslösende Kraft ausgelegt werden.

Anhang D (informativ)

Heizsystem des Tanks

Falls der Erdboden unter dem Tank zu großer Kälte ausgesetzt sein kann, dringt der Frost in den Boden ein, sodass sich Eislinsen bilden (hauptsächlich in feinkörnigen Erdböden), und das Wachstum dieser Eislinsen führt zu hohen Ausdehnungskräften, die den Tank oder Teile des Tanks anheben und beschädigen (z. B. die Verbindung zum Tankboden). Um dies zu verhindern, muss in der Gründung ein Heizsystem vorgesehen werden.

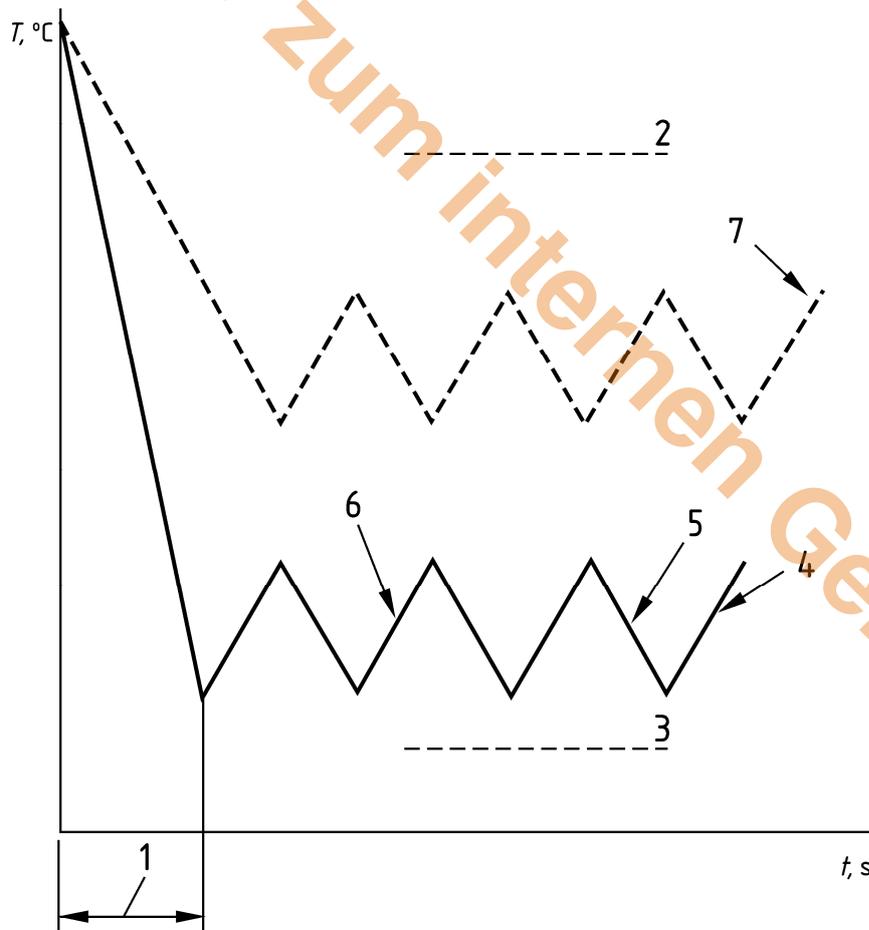
Falls ein Heizsystem mit selbstregulierender Ein-/Ausschaltung verwendet wird, sollte das Heizsystem durch einen automatischen Ein-/Ausrichter betätigt werden, und es sollte sichergestellt werden, dass im kältesten Bereich der Tankgründung ein Temperaturbereich von +5 °C bis +10 °C eingehalten wird. Andere Bereiche der Tankgründung können eine höhere Temperatur aufweisen.

Alternativ kann ein Heizsystem mit konstanter Leistung verwendet werden, das im kältesten Bereich der Tankgründung mit einer Abweichung von 1 °C eine Temperatur von 5 °C einhält.

Die Temperatur des gesamten Heizsystems sollte überwacht werden. Üblicherweise liegt der Alarm-Einschalt- punkt für niedrige Temperaturen bei 0 °C und für hohe Temperaturen bei +50 °C.

Eine regelmäßige Überwachung des Heizsystems ist wichtig, weil sie den ersten Hinweis auf eine Undichtigkeit des Tanks liefert. Bei einer Undichtigkeit zeigt die nächstgelegene Überwachungseinrichtung einen plötzlichen Temperaturabfall an. Daher sollten die Ablesewerte der Überwachungseinrichtungen täglich aufgezeichnet werden.

Ein weiterer Hinweis auf eine gravierend abweichende Situation bei Verwendung eines selbstregulierenden Systems ist eine Veränderung des Arbeitszyklus oder der verbrauchten Heizleistung. Dadurch ändern sich die Ein-/Auszeiten. Im Allgemeinen wird das Heizsystem über eine Dauer von 40 % bis 60 % der Betriebszeit aktiviert, sodass eine plötzlich auftretende 100%ige Betätigung als Anzeige für einen Fehler im System oder für das Vorhandensein einer Undichtheit anzusehen ist. Es wird empfohlen, täglich ein Protokoll, unabhängig davon anzufertigen, ob die Heizung in Betrieb gesetzt ist oder nicht; siehe Bild D.1.



Legende

- 1 Abkühlungsdauer
- 2 Alarm-Einschaltniveau (hohe Temperatur)
- 3 Alarm-Einschaltniveau (niedrige Temperatur)
- 4 Messfühler der Überwachungseinrichtung
- 5 Heizung aus
- 6 Heizung ein
- 7 weiterer Messfühler

Bild D.1 — Typische Aufzeichnung der Heizzeiten

Literaturhinweise

- [1] EN 1998-5, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*
- [2] EN 1473, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Auslegung von landseitigen Anlagen*
- [3] EN 13445-1:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 1: Allgemeines*
- [4] EN 13445-2:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*
- [5] EN 13445-3:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*
- [6] EN 13445-4:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*
- [7] EN 13445-5:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*
- [8] EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO 9001:2000)*
- [9] EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*
- [10] EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*
- [11] EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*
- [12] EN 1991-1-5, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen — Temperatureinwirkungen*