

**DIN EN 14620-1**

ICS 23.020.10

Einsprüche bis 2022-04-11  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 14620-1:2006-12**Entwurf****Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Tanksysteme für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -196 °C –****Teil 1: Allgemeines;****Deutsche und Englische Fassung prEN 14620-1:2022**

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and -196 °C –

Part 1: General;

German and English version prEN 14620-1:2022

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-02-11 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](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [natank@din.de](mailto:natank@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 122 Seiten

DIN-Normenausschuss Tankanlagen (NATank)



## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (prEN 14620-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 104-01-05 AA „Oberirdische Flachboden-Tankbauwerke“ 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.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 14620-1:2006-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Definition der Normgrenzen im Anwendungsbereich und Erweiterung der Anwendbarkeit auf  $-196\text{ °C}$ ;
- b) Beschreibung verschiedener Tankanlagenkonzepte aktualisiert;
- c) ein neuer Abschnitt über Kennzeichnung und Dokumentation hinzugefügt;
- d) ein neuer informativer Anhang mit Empfehlungen für geotechnische Untersuchungen und die Bewertung der seismischen Gefahr wurde hinzugefügt.

**Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer  
Flachboden-Tanksysteme für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei  
Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -196 °C - Teil 1: Allgemeines**

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and -196 °C - Part 1: General

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort . . . . .	4
1 Anwendungsbereich . . . . .	6
2 Normative Verweisungen . . . . .	7
3 Begriffe . . . . .	8
4 Auswahl einer geeigneten Konzeption . . . . .	14
4.1 Tanksystemausführungen . . . . .	14
4.1.1 Allgemeines . . . . .	14
4.1.2 Einwandiges Tanksystem . . . . .	14
4.1.3 Einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse . . . . .	14
4.1.4 Doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle . . . . .	15
4.1.5 Tanksystem mit Membran-Sicherheitshülle . . . . .	15
4.2 Auswahl des Tanksystems auf der Grundlage einer Risikobeurteilung . . . . .	21
4.2.1 Allgemeines . . . . .	21
4.2.2 Auswahl des Standorts . . . . .	21
4.2.3 Wichtige Faktoren für die Auswahl eines Tanksystems . . . . .	21
4.2.4 Erkennen der Gefährdung . . . . .	22
4.2.5 Methodik der Risikobeurteilung . . . . .	24
4.2.6 Veränderungen . . . . .	25
4.2.7 Ermittlung der Einwirkungen . . . . .	25
5 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle . . . . .	25
6 Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltplan . . . . .	26
6.1 Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (GSU) . . . . .	26
6.1.1 Allgemeines . . . . .	26
6.2 Umwelt . . . . .	26
6.2.1 Umweltbeurteilung . . . . .	26
7 Allgemeine Betrachtungen zur Auslegung . . . . .	26
7.1 Allgemeines . . . . .	26
7.1.1 Verantwortlichkeiten . . . . .	26
7.1.2 Leistungskriterien . . . . .	26
7.1.3 Grenzzustandstheorie und Theorie der zulässigen Spannungen . . . . .	27
7.1.4 Erdbebensichere Auslegung . . . . .	27
7.1.5 Dichtheit . . . . .	29
7.1.6 Anschlüsse am Primär- und Sekundärbehälter sowie Membrantanksystem . . . . .	29
7.1.7 Füllstände und Kapazitäten (Nennvolumen) . . . . .	30
7.1.8 Kaltfahren . . . . .	31
7.1.9 Gründung . . . . .	31
7.1.10 Heizeinrichtung für die Gründung . . . . .	33
7.1.11 Kälteschutzsystem (TPS) eines Sekundärbehälters aus Beton . . . . .	33
7.1.12 Damm (Auffangtasse) . . . . .	33
7.1.13 Blitz . . . . .	33
7.2 Schutzsysteme . . . . .	34
7.2.1 Messgeräte . . . . .	34
7.2.2 Schutz gegen Über- und Unterdruck . . . . .	36
7.2.3 Brandschutz . . . . .	37
7.3 Einwirkungen (Lasten) . . . . .	37
7.3.1 Allgemeines . . . . .	37
7.3.2 Gewöhnliche Einwirkungen . . . . .	37
7.3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen . . . . .	40
7.3.4 Kombinationen von Einwirkungen . . . . .	41
8 Inspektion und Wartung . . . . .	41
9 Kennzeichnung und Dokumentation . . . . .	41

9.1	Typenschilder	41
9.2	Zertifizierung	44
9.3	Übergabedokumentation	44
Anhang A (informativ) Physikalische Eigenschaften der Gase		45
Anhang B (normativ) Angaben zur Auslegung		46
B.1	Angaben des Bestellers	46
B.2	Angaben des Auftragnehmers des Tanksystems	47
B.3	Vereinbarungen zwischen Besteller und Auftragnehmer	47
Anhang C (normativ) Erdbebenberechnung		48
C.1	Allgemeines	48
C.2	Berechnung des Tanksystembauwerks	48
C.3	Modellabbildung für Tanksystembauwerk und Lagergut	48
C.4	Antwort des Tanksystembauwerks	49
C.4.1	Allgemeines	49
C.4.2	Erdbebenisolierung	50
C.5	Annahmekriterien und Grenzen	50
C.5.1	Für Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE)	50
C.5.2	Für Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE)	50
C.5.3	Bemessung	51
C.6	Vertikale Verankerungen	51
Anhang D (informativ) Heizsystem des Tanks		52
Anhang E (informativ) Empfehlungen für geotechnische Untersuchungen und Beurteilung der Erdbebengefährdung		54
E.1	Allgemeines	54
E.2	Zweck der Untersuchung	54
E.3	Mindestens empfohlene Bodenuntersuchung	55
E.4	Prüfung	57
E.5	Bodendatenanalyse und geotechnischer Bericht	58
E.6	Standortspezifische Untersuchung der Erdbebengefährdung	59
Literaturhinweise		60

## Bilder

Bild 1	— Beispiele für ein einwandiges Tanksystem	17
Bild 2	— Beispiele für ein einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse	18
Bild 3	— Beispiele für doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle	19
Bild 4	— Beispiele für Membrantanksystem	20
Bild 5	— Füllstände und Kapazitäten (Nennvolumen)	30
Bild 6	— Typenschild für Nicht-Membrantanksystem	43
Bild 7	— Typenschild für Membrantanksystem	44
Bild D.1	— Typische Aufzeichnung der Heizzeiten	53
Bild E.1	— Empfohlene Anordnung von Bohrlöchern, CPT und Querbohrungen	56

## Tabellen

Tabelle 1	— Setzungen der Gründung	31
Tabelle A.1	— Physikalische Eigenschaften der reinen Gase	45
Tabelle C.1	— Material- und Strukturdämpfung	49

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (prEN 14620-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14620-1:2006 ersetzen.

Im Vergleich zur Vorgängerausgabe wurden folgende technische Änderungen vorgenommen:

- allgemeine redaktionelle Aktualisierung;
- die Grenzen der Norm wurden in der Erklärung zum Anwendungsbereich festgelegt und die Anwendbarkeit auf  $-196\text{ °C}$  erweitert;
- Definitionen angepasst;
- normative Verweisungen aktualisiert;
- Beschreibung verschiedener Tanksystemkonzepte aktualisiert;
- Anforderungen an die Risikobeurteilung verbessert;
- Füllstände und Kapazitäten präzisiert;
- Gründungsanforderungen aktualisiert und Anforderungen an die zulässigen Gründungssetzungen hinzugefügt;
- Anforderungen an die Auslegung des Sekundärbehälters präzisiert;
- Erdbebenanforderungen präzisiert;
- neues Kapitel zur Kennzeichnung und Dokumentation hinzugefügt;
- neuer informativer Anhang mit Empfehlungen für geotechnische Untersuchungen und Beurteilung der Erdbebengefährdung hinzugefügt.

EN 14620, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Tanksysteme für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen  $0\text{ °C}$  und  $-196\text{ °C}$*  besteht aus den folgenden Teilen:

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

- Teil 6: Besondere Anforderungen an die Auslegung und den Bau von Tanksystemen für die Lagerung von flüssigem Sauerstoff, flüssigem Stickstoff oder flüssigem Argon; und
- Teil 7: Besondere Anforderungen an die Auslegung und den Bau von Tanksystemen für die Lagerung von verflüssigtem Ammoniak.

## **1 Anwendungsbereich**

Dieses Dokument behandelt stehende, zylindrische, standortgefertigte, oberirdische Tanksysteme, bei denen entweder der zur Aufnahme der Flüssigkeit vorgesehene Primärbehälter oder die flüssigkeitsdichte Sperre aus Stahl besteht. Der Sekundärbehälter, falls vorhanden, kann aus Stahl oder Beton, oder aus einer Kombination von beiden bestehen. Primärbehälter, die aus Spannbeton hergestellt werden, fallen nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments.

Dieses Dokument legt Grundsätze und Anwendungsregeln für die Bemessung der „Sicherheitshülle“ bei Bau, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb (unbeabsichtigter Betrieb eingeschlossen) und Außerbetriebnahme fest. Anforderungen an Zusatzausrüstungen wie Pumpen, Pumpsonden, Ventile, Rohrleitungen, Messgeräte, Treppen usw. werden nicht behandelt, außer wenn sie die Bemessung der Tanksysteme beeinflussen können. Dieses Dokument befasst sich auch nicht mit Betriebsverfahren für Tanksysteme.

Dieses Dokument gilt für alle Bauteile, die sich in dem Tanksystem befinden, an ihm befestigt sind und Zugang zu ihm bieten. Es legt die Mindestanforderungen an das Tanksystem, das Fundament des Tanksystems und die Schutzsysteme fest. Aus Sicht der Prozessrohrleitungen ist der Anwendungsbereich dieses Dokuments auf die folgenden Grenzen beschränkt:

- a) die Stirnseite des ersten Flansches außerhalb des Tanks bei verschraubten Flanschanschlüssen;
- b) die erste Schraubverbindung außerhalb des Tanks bei einer Gewindeverbindung;
- c) die erste umlaufende Rohrschweißnaht außerhalb des Tanks bei einem Rohranschluss mit Schweißende ohne Flansch.

Dieses Dokument gilt für Lagertanksysteme, 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 Lagertanksystem.

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

Der Betriebsbereich der zu lagernden Gase liegt bei 0 °C bis –196 °C.

Die in diesem Dokument behandelten Tanksysteme werden zur Lagerung großer Volumina von Kohlenwasserstoffprodukten, Ammoniak und anderen Nicht-Kohlenwasserstoffgasen mit niedrigen Siedepunkten verwendet, die allgemein als „Tiefkalt verflüssigte Gase“ (RLG) bezeichnet werden. In den Tanksystemen werden üblicherweise Methan, Ethan, Propan, Butan, Ethylen, Propylen, Butadien (Flüssigerdgas (LNG) und Flüssiggas (LPG) sind eingeschlossen), Ammoniak, Stickstoff, Sauerstoff und Argon gelagert.

**ANMERKUNG** Die Eigenschaften der Gase sind in Anhang A aufgeführt.

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

In diesem Dokument werden allgemeine Anforderungen an Konzeption und Auswahl der Tanksysteme sowie allgemeine Auslegungsbetrachtungen festgelegt.

Die spezifischen Anforderungen an Flüssigstickstoff, Flüssigsauerstoff und Flüssigargon sind in prEN 14620-6 und die spezifischen Anforderungen an wasserfreies Ammoniak sind in EN 14620-7 enthalten. Bei Widersprüchen zwischen den Anforderungen dieses Teils und den in prEN 14620-6 und EN 14620-7 aufgeführten Anforderungen zum gleichen Thema haben die in prEN 14620-6 und EN 14620-7 festgelegten Anforderungen Vorrang.

## 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 1473:2021, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Auslegung von landseitigen Anlagen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten*

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

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

EN 1998-4:2006, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*

EN 1998-5, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*

EN ISO 28300, *Erdöl, petrochemische und Erdgasindustrie — Be- und Entlüftung von Lagertanks mit atmosphärischem Druck und niedrigem Überdruck (ISO 28300)*

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

EN 14620-3, *Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks 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-Stahl tanks 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-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 5: Prüfen, Trocknen, Inertisieren und Kaltfahren*

---

1 Wie in EN 1998-1:2004/A1:2013 festgelegt.

# - Entwurf -

## E DIN EN 14620-1:2022-03 prEN 14620-1:2022 (D)

prEN 14620-6, Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –196 °C — Teil 6: Besondere Anforderungen an die Auslegung und den Bau von Tanksystemen für die Lagerung von flüssigem Sauerstoff, flüssigem Stickstoff oder flüssigem Argon

EN 14620-7, Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –196 °C — Teil 7: Besondere Anforderungen an die Auslegung und den Bau von Tanksystemen für die Lagerung von verflüssigtem Ammoniak

### 3 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 <https://www.electropedia.org/>

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

#### 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**

Spalt zwischen dem Primärbehälter und dem Außentank

#### 3.3

##### **Fundamentplatte**

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

#### 3.4

##### **Verdampfungsrate**

##### **Boil-off**

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

#### 3.5

##### **Damm**

in einem größeren Abstand um das Tanksystem 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 Flüssiggas Dampf zu wirken

#### 3.7

##### **Auftragnehmer**

Unternehmen, das mit der Lieferung eines Tanksystems oder der Erbringung von Dienstleistungen entsprechend der Festlegung des Bestellers beauftragt ist

### 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 1 zum Begriff: Bei der Auslegungswandtemperatur kann es sich um die niedrigste Auslegungstemperatur (für den Primärbehälter) oder um eine errechnete höhere Temperatur handeln.

### 3.11

#### **Nutzungsdauer**

angenommener Zeitraum, in dem ein Bauwerk oder ein Teil davon für den vorgesehenen Zweck mit voraussichtlicher Instandhaltung zu verwenden ist

### 3.12

#### **einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse**

flüssigkeits- und dampfdichter Primärbehälter, der selbst ein einwandiges Tanksystem ist und innerhalb eines flüssigkeitsdichten Sekundärbehälters errichtet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 4.1.3.

### 3.13

#### **Gründung**

Konstruktionselemente, die Plattenfundament, Ringfundament oder Plattenfundament mit Pfahlssystem umfassen, die zur Unterstützung des Tanksystems und seines Inhalts erforderlich sind

### 3.14

#### **Freibord**

Freiraum an der Wandhöhe des Tanksystems, um eine Überfüllung zu verhindern, ungleichmäßige Setzungen zu berücksichtigen und erdbebenbedingte Schwappbewegungen auszugleichen

### 3.15

#### **doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle**

Primärbehälter und Sekundärbehälter, die eine konstruktive Einheit (Lagertanksystem) bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 4.1.4.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Sekundärbehälter nimmt bei üblichem Betrieb den Dampf auf und sichert für den Fall einer Leckage des Primärbehälters eine kontrollierte Entlüftung.

### 3.16

#### **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

### 3.17

#### **Dämmung**

Bauteil des Tanksystems, bestehend aus einem vollständigen Paket von Isoliermaterial und gegebenenfalls Bauteilen für die Befestigung und den Schutz des Isoliermaterials, um den Wärmeverlust im Tanksystem zu begrenzen und RLG in verflüssigtem Zustand bei atmosphärenahem Druck zu halten

### 3.18

#### **Dämmraum**

im Ringraum des Tanksystems und zwischen den Böden oder Dächern des Tanksystems vorhandener Raum zur Aufnahme des Dämmmaterials

### 3.19

#### **Auskleidung**

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

### 3.20

#### **Flüssigkeitssperre**

Teile des Tanksystems, die den direkten Kontakt von tiefkalt verflüssigtem Gas (RLG) mit anderen Bauteilen des Systems verhindern, aber keine strukturellen Fähigkeiten aufweisen, um flüssige Ladung unabhängig aufzunehmen

### 3.21

#### **tragende Dämmung**

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

### 3.22

#### **Lodmat**

tiefste, über einen Zeitraum von 24 h aufgezeichnete Mitteltemperatur

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

### 3.23

#### **höchster Auslegungsfüllstand**

höchster Füllstand während des Betriebs des Tanksystems, der für die statische Auslegung der Manteldicke zugrunde gelegt wird

### 3.24

#### **maximale Füllmenge (Bruttoinhalt)**

Volumen zwischen dem Auslegungsfüllstand und dem Tankboden

### 3.25

#### **maximaler Betriebszustand**

höchster Füllstand während des bestimmungsgemäßen Betriebs des Tanksystems, in der Regel der Stand, bei dem der erste Alarm bei hohem Füllstand ausgelöst wird

### 3.26

#### **Membran**

Teil eines Tanksystems mit Membran-Sicherheitshülle, der während des bestimmungsgemäßen Betriebs eine flüssigkeits- und dampfdichte Sperre bildet

### 3.27

#### **Membrantanksystem**

#### **Tanksystem mit Membran-Sicherheitshülle**

metallische Flüssigkeitssperre (Membran) zusammen mit einer tragenden Dämmung und einem freistehenden Membrantank-Außenbehälter, die zusammen ein integriertes Verbundsystem bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 4.1.5.

### 3.28

#### **Membrantank-Außenbehälter**

Teil eines Tanksystems mit Membran-Sicherheitshülle, der während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Flüssigkeits- und Drucklasten trägt und im Falle eines Flüssigkeitsaustritts aus der Membran Flüssigkeit aufnehmen darf

### 3.29

#### **niedrigste Auslegungstemperatur**

vom Besteller festgelegte, angenommene Lagerguttemperatur, für die das Tanksystem ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Temperatur kann unterhalb der tatsächlichen Temperatur des Lagerguts liegen.

### 3.30

#### **minimaler Betriebszustand**

niedrigster Füllstand während des Betriebs des Tanksystems, um die vom Besteller festgelegten Anforderungen zu erfüllen

### 3.31

#### **Feuchtigkeitssperre**

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

### 3.32

#### **Nettoinhalt**

#### **Nutzinhalt**

Flüssigkeitsvolumen zwischen dem maximalen und dem minimalen Betriebszustand

### 3.33

#### **Auslegungserdbeben für den Betriebszustand**

#### **OBE**, en: Operating Basis Earthquake

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

### 3.34

#### **Außentank**

freistehender zylindrischer Sekundärbehälter, Spülgasbehälter oder Wärmepufferbehälter aus Stahl oder Beton

### 3.35

#### **Überdruckentlastungsventil**

Ventil, das so konstruiert ist, dass es sich öffnet und den Überdruck abbaut und sich wieder schließt und das weitere Ausströmen von Flüssigkeit verhindert, nachdem die normalen Bedingungen wiederhergestellt wurden

### 3.36

#### **Spülgasbehälter**

jene Teile eines Tanksystems, die nur Spülgas enthalten und bei denen nicht erwartet wird, dass sie funktionieren, nachdem sie der Produkttemperatur ausgesetzt wurden

### 3.37

#### **Besteller**

Unternehmen, das einen Auftragnehmer mit der Lieferung eines Tanksystems oder mit Dienstleistungen beauftragt

### 3.38

#### **Primärbehälter**

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

### 3.39

#### **Ringfundament**

ringförmiges tragendes Element unter dem Tankmantel

### 3.40

#### **Risiko**

Maß für das Zusammenwirken (üblicherweise das Produkt) von Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit des Eintritts einer definierten Gefährdung und der Größe der Schadensfolge

### 3.41

#### **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 Dampfbildung einsetzt

### 3.42

#### **Tankdach**

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

### 3.43

#### **Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung**

**SSE**, en: Safe Shutdown Earthquake

größtes Erdbeben, bei dem die wesentlichen Sicherheitsfunktionen noch betriebsfähig sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine bleibende Beschädigung kann akzeptiert werden, sofern die Sicherheitshülle unbeschädigt bleibt. Nach einem Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung ist ein weiterer Betrieb des Tanksystems nur nach einer umfassenden Inspektion und statischer Begutachtung möglich.

### 3.44

#### **Sekundärbehälter**

jener Teil eines einwandigen Tanksystems, eines einwandigen Tanksystems mit Auffangtasse, eines doppelwandigen Tanksystems mit vollständiger Sicherheitshülle, der bei einer Undichtigkeit die Flüssigkeit aus dem Primärbehälter aufnimmt

### 3.45

#### **freistehender Tank**

Behälter, der so ausgelegt ist, dass die durch den Flüssigkeits- und Dampfdruck bedingten Lasten sowie die äußeren Lasten, falls zutreffend, unabhängig aufgenommen werden

### 3.46

#### **Einstelldruck**

Druck, bei dem die Druckentlastungseinrichtung erstmals öffnet

### 3.47

#### **Tankmantel**

stehender Zylinder aus Metall

### 3.48

#### **einwandiges Tanksystem**

ein Behälter zur Lagerung des Lagerguts (Primärbehälter), der aus einem freistehenden, zylindrischen Stahl-tank besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der vom gelagerten Produkt entwickelte Dampf wird vom Primärbehälter oder von einem metallischen Außentank aufgenommen. Siehe auch 4.1.2.

### 3.49

#### **abgehängtes Dach**

Konstruktion zur Aufnahme der Innendämmung des Dachs

### 3.50

#### **Tanksystem**

Ausrüstung für die Lagerung von tiefkalt verflüssigtem Gas (RLG), bestehend aus einem oder mehreren Behältern und allen anderen erforderlichen Bauteilen, die in den Anwendungsbereich dieses Dokuments fallen

### 3.51

#### **pneumatischer Prüfdruck**

Druck im Tanksystem während der Prüfung

### 3.52

#### **Kälteschutzsystem**

**TPS**, en: Thermal Protection System

wärmedämmende und flüssigkeitsdichte Systeme zum Schutz des Sekundärbehälters aus Beton oder des Außenbehälters des Membrantanks gegen niedrige Temperaturen im Falle einer Leckage des Primärbehälters bzw. der Membran

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Beispiele für Kälteschutzsysteme gelten für den Boden und den unteren Wandbereich des Tanksystems (siehe auch 7.1.11).

### 3.53

#### **Unterdruckentlastungsventil**

Ventil, das so konstruiert ist, dass es sich öffnet und den Unterdruck (Vakuum) abbaut und sich wieder schließt, um das weitere Ausströmen von Flüssigkeit verhindert, nachdem die normalen Bedingungen wiederhergestellt wurden

### 3.54

#### **Dampfbehälter**

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

### 3.55

#### **Warmdampfbehälter**

jene Teile eines Tanksystems, die Produktdampf aufnehmen und das Eindringen von Wasserdampf und anderen atmosphärischen Gasen während des bestimmungsgemäßen Betriebs verhindern, bei denen jedoch nicht erwartet wird, dass sie funktionieren, nachdem sie der Temperatur des gekühlten Produkts ausgesetzt wurden (Dazu gehören Dächer über abgehängten gedämmten Decken und der Außenbehälter eines doppelwandigen, oben offenen Tanksystems mit einem Auffangbehälter)

## 4 Auswahl einer geeigneten Konzeption

### 4.1 Tanksystemausführungen

#### 4.1.1 Allgemeines

Es gibt mehrere verschiedene Tanksystemkonzepte für die Lagerung von RLG. Die Lagersysteme werden nach ihrer Fähigkeit unterschieden, die Freisetzung von Produktflüssigkeiten und/oder -dämpfen aufgrund von internen und externen Gefährdungen einzudämmen. Aufgrund des schnellen Siedens von gekühlten Flüssigkeiten unter Umgebungsbedingungen erzeugt eine Flüssigkeitsfreisetzung aus einem Tanksystem in den umgebenden Boden eine erhebliche Menge an unkontrollierten kalten Dämpfen und führt zu einer Reduzierung der Oberflächentemperatur der Umgebung. Daher ist die Freisetzung von Flüssigkeiten im Allgemeinen gefährlicher als die Freisetzung von Dämpfen.

Im Folgenden sind vier grundlegende Lagertanksysteme beschrieben, die sich aufgrund einer Reihe von Faktoren wie Konstruktionsmaterialien, Konfiguration und Redundanz in ihrer Fähigkeit unterscheiden, Gefahren zu widerstehen und Produktfreisetzungen einzudämmen.

Während jedes Lagersystem eine sichere Lagerung von RLG sicherstellen kann, muss die Auswahl des für den jeweiligen Standort und das Projekt am besten geeigneten Lagersystems durch eine detaillierte Risikobeurteilung ermittelt werden. 4.2 enthält grundlegende Anforderungen an den Prozess der Risikobeurteilung für die Auswahl des Lagersystems.

Die in 4.1.2 bis 4.1.5 beschriebenen Tankkonfigurationen sind in Bild 1 bis Bild 4 nur beispielhaft dargestellt. Andere Konfigurationen sind zulässig, sofern die Anforderungen an die in 4.1.2 bis 4.1.5 beschriebenen Tankkonzepte erfüllt sind.

#### 4.1.2 Einwandiges Tanksystem

Ein einwandiges Tanksystem 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 Tanksystemen.

Ein Tanksystem mit einem Auffangbehälter muss von einem Damm (Auffangtasse) umgeben sein, um mögliche Produktleckage einzudämmen, außer bei LIN/LOX/LAR-Lagerung, die in prEN 14620-6 behandelt wird.

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

#### 4.1.3 Einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse

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

Der Damm und die Betongründung (oder der flüssigkeitsdichte Boden) für den Sekundärbehälter müssen so ausgelegt sein, dass sie den gesamten flüssigen Inhalt des Primärbehälters aufnehmen, falls dieser undicht wird.

ANMERKUNG 1 Der Sekundärbehälter ist oben offen und kann folglich keine Flüssiggasdämpfe aufnehmen.

Der Raum zwischen Primär- und Sekundärbehälter muss bei der Risikobeurteilung festgelegt werden und kann durch einen „Regenschutz“ abgedeckt werden, sodass Regen, Schnee, Schmutz usw. abgehalten werden.

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

#### **4.1.4 Doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle**

Ein doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle muss aus einem Primärbehälter und einem Sekundärbehälter, die eine konstruktive Einheit bilden, bestehen. Der Primärbehälter und der Sekundärbehälter müssen flüssigkeitsdicht sein. 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 Betriebs die Primärhülle für den Dampf des Tanksystems 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. Ein gewisses Entweichen von Dämpfen aufgrund der Dampfdurchlässigkeit des Sekundärbehälters ist zulässig. Eine Entlüftung ist zulässig, muss jedoch kontrolliert erfolgen (Druckentlastungssystem).

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

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

#### **4.1.5 Tanksystem mit Membran-Sicherheitshülle**

Ein Tanksystem mit Membran-Sicherheitshülle muss aus einer metallischen Flüssigkeitssperre (Membran) zusammen mit einer tragenden Wärmedämmung und einem freistehenden Membrantank-Außenbehälter bestehen, die zusammen ein integriertes Verbundsystem bilden.

Die Flüssigkeitssperre muss während des bestimmungsgemäßen Betriebs flüssigkeitsdicht und dampfdicht sein. Der Flüssiggasdampf muss vom Dach des Tanksystems aufgenommen werden.

ANMERKUNG 1 Das Dach kann entweder eine ähnliche Verbundkonstruktion oder ein Dach mit gasdichter Kuppel und mit Dämmung am abgehängten Dach sein kann.

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

Der Membrantank-Außenbehälter muss so ausgelegt sein, dass er allen Belastungen sowohl unter normalen als auch unter anormalen Bedingungen baulich standhält. Er dient auch als Spülgasbehälter. Er kann entweder aus Beton oder aus Metall oder aus einer Kombination davon bestehen. Bei Außenbehältern aus Beton muss auf der Innenseite eine Feuchtigkeitssperre angebracht werden.

Je nach der Fähigkeit des Membrantank-Außenbehälters, das Produkt im Falle einer Leckage der Membran aufzunehmen, gibt es zwei Arten von Membranauffangsystemen:

## - Entwurf -

E DIN EN 14620-1:2022-03  
prEN 14620-1:2022 (D)

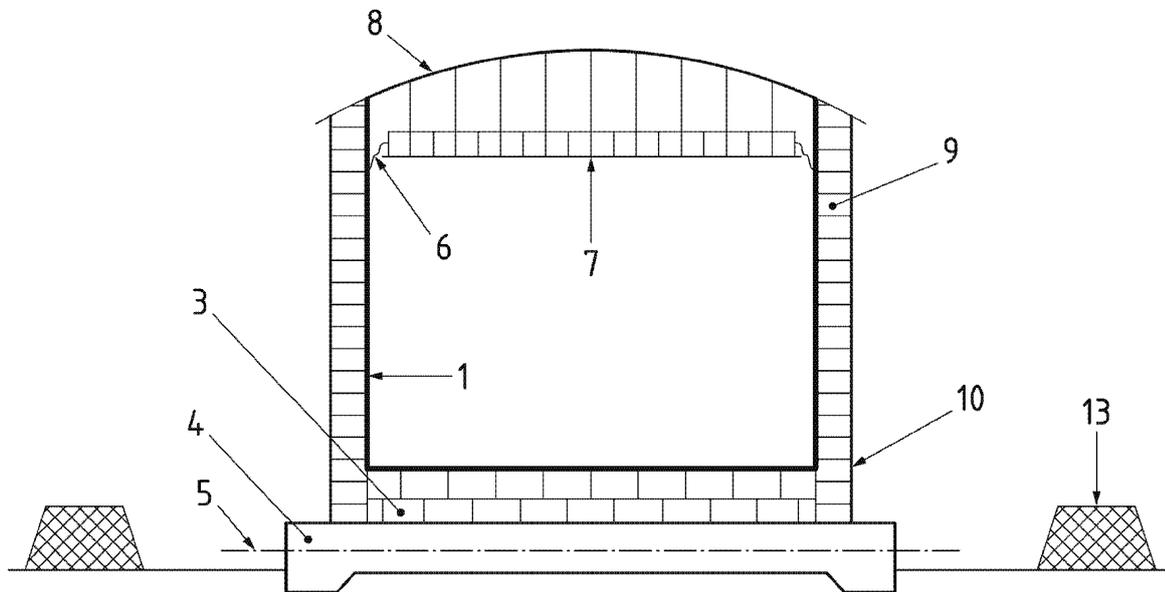
- Typ M-1: Der Membrantank-Außenbehälter ist nicht dafür ausgelegt, das Produkt im Falle einer Leckage der Membran aufzunehmen. Für Membrantank-Außenbehälter aus Beton mit monolithischer Damm-Boden-Verbindung ist kein Wärmeschutzsystem vorgesehen.

In einer solchen Konfiguration muss das Tanksystem von einem Damm umgeben sein, außer bei LIN/LOX/LAR-Lagerung, die in prEN 14620-6 behandelt wird.

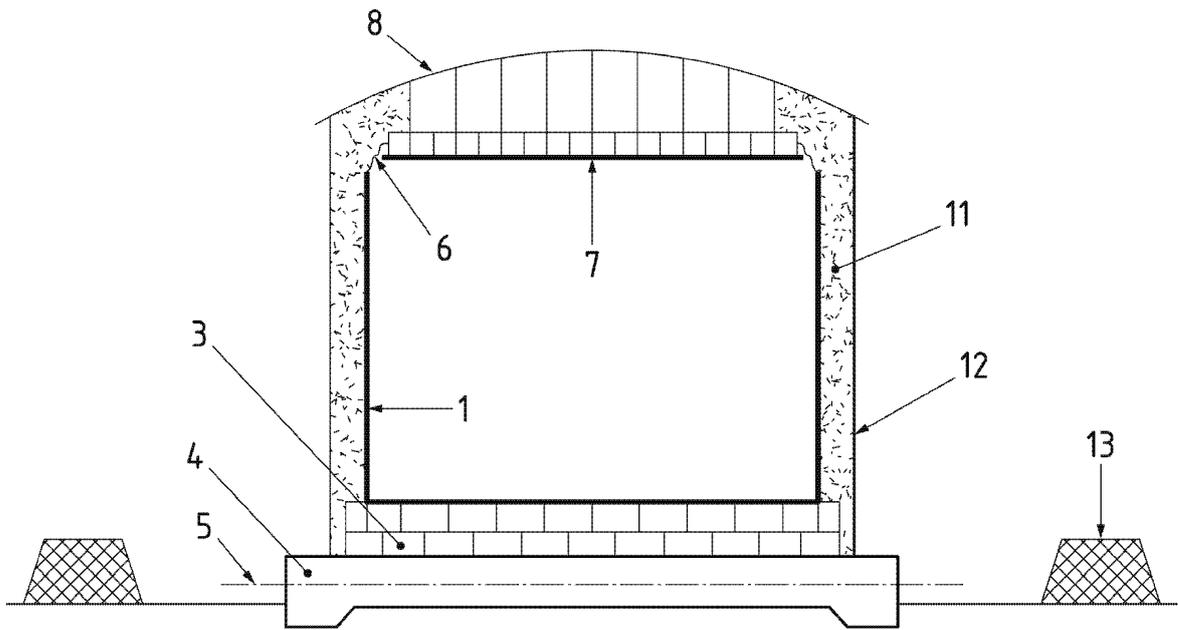
ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für das M-1-Tanksystem wird in Bild 4 a) gezeigt.

- Type M-CC: Der Membrantank-Außenbehälter ist so ausgelegt, dass er das Produkt im Falle einer Leckage der Membran aufnimmt und während des bestimmungsgemäßen Betriebs als Spülgasbehälter dient. Bei einer Leckage der Membran ist ein gewisses Entweichen von Flüssiggasdampf aufgrund der Dampfdurchlässigkeit des Membrantank-Außenbehälters zulässig. Eine Entlüftung ist zulässig, muss jedoch kontrolliert erfolgen (Druckentlastungssystem). Wenn der Membrantank-Außenbehälter aus Beton besteht, darf ein Wärmeschutzsystem, wie in 7.1.11 festgelegt, vorgesehen werden.

ANMERKUNG 3 Ein Beispiel für das M-CC-Tanksystem wird in Bild 4 b) gezeigt.



a)

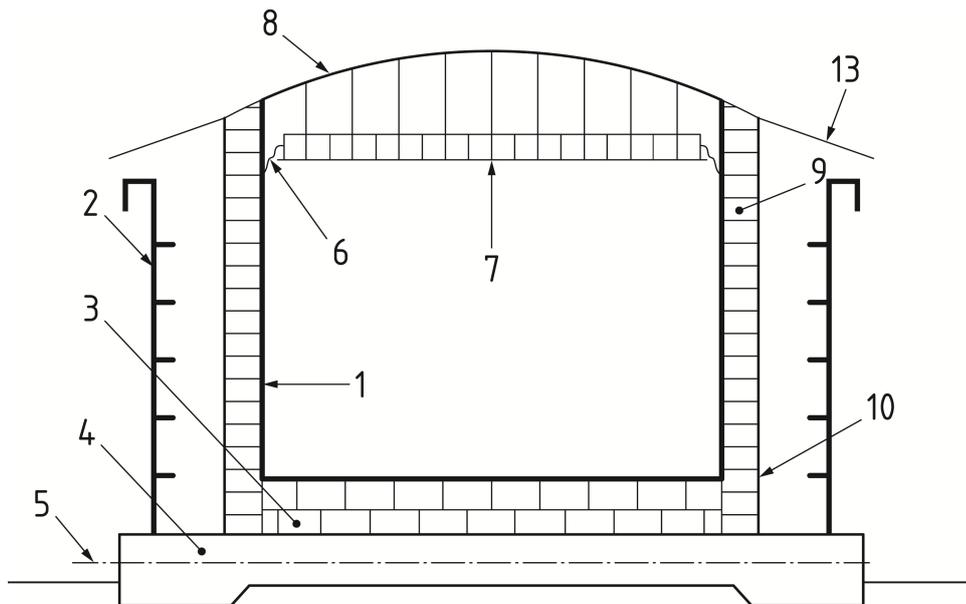


b)

**Legende**

- |                                    |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1 Primärbehälter (Stahl)           | 8 Dach (Stahl)                 |
| 3 Dämmung am Boden                 | 9 äußere Dämmung               |
| 4 Gründung                         | 10 äußere Feuchtigkeitssperre  |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung | 11 lose eingefüllter Dämmstoff |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung    | 12 Wärmehaltbehälter           |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt)       | 13 Damm                        |

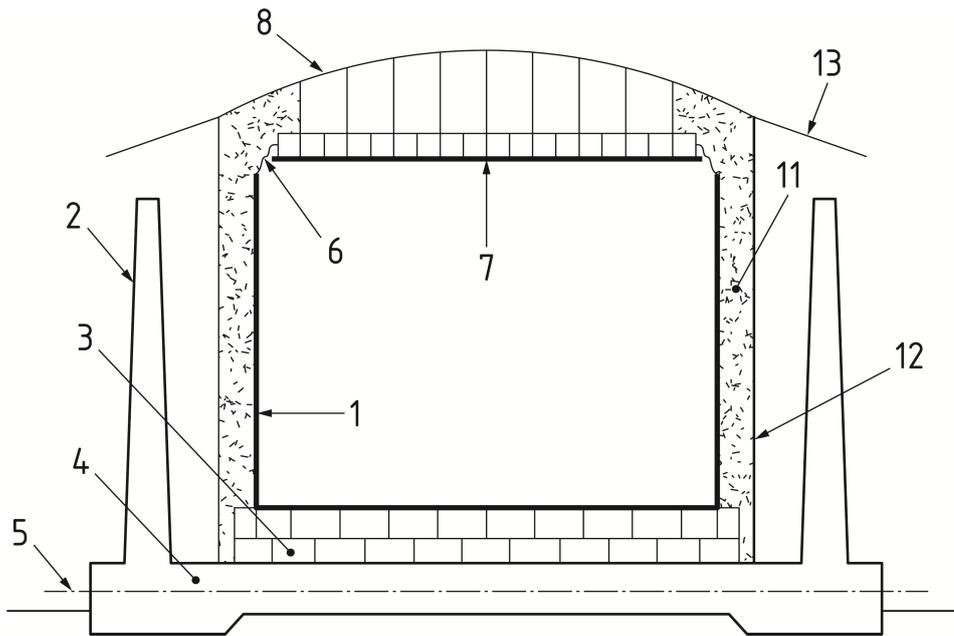
**Bild 1 — Beispiele für ein einwandiges Tanksystem**



a)

# - Entwurf -

E DIN EN 14620-1:2022-03  
prEN 14620-1:2022 (D)

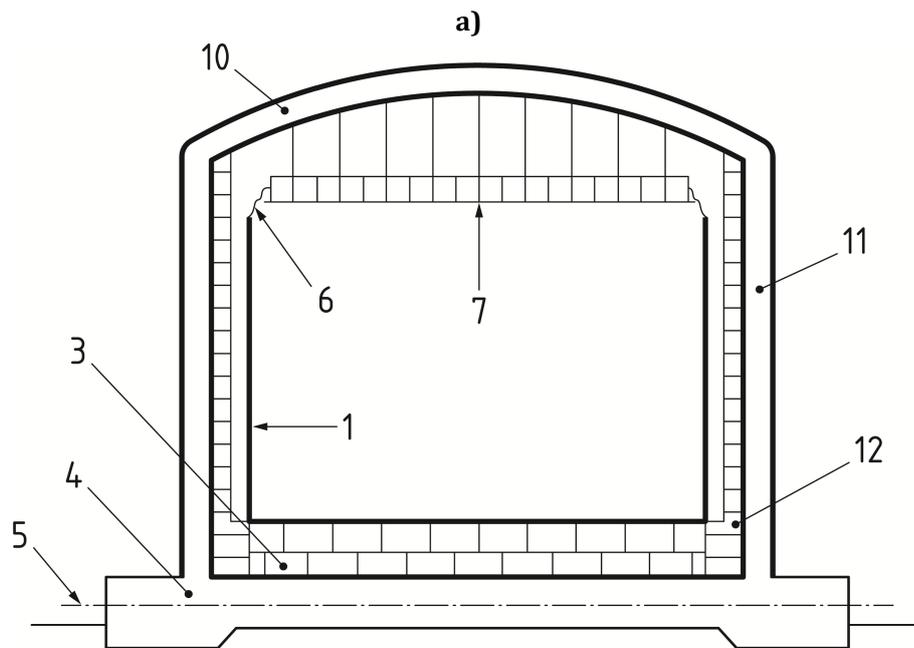
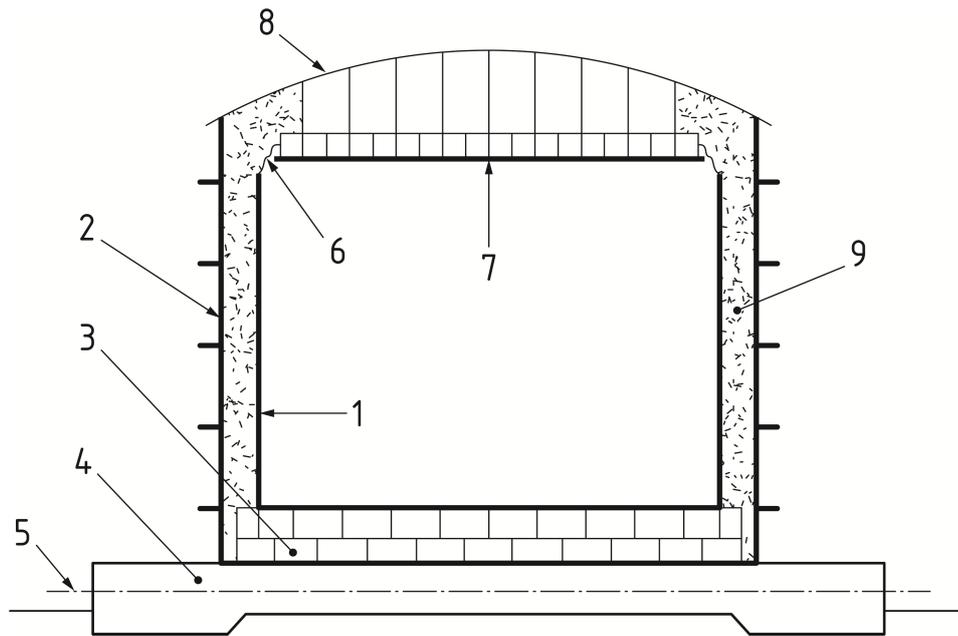


b)

### Legende

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1 Primärbehälter (Stahl)                   | 8 Dach (Stahl)                 |
| 2 Sekundärbehälter (Stahl oder Spannbeton) | 9 äußere Dämmung               |
| 3 Dämmung am Boden                         | 10 äußere Feuchtigkeitssperre  |
| 4 Gründung                                 | 11 lose eingefüllter Dämmstoff |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung         | 12 Warmdampfbehälter           |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung            | 13 Decke (Regenschutz)         |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt)               |                                |

**Bild 2 — Beispiele für ein einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse**



b)

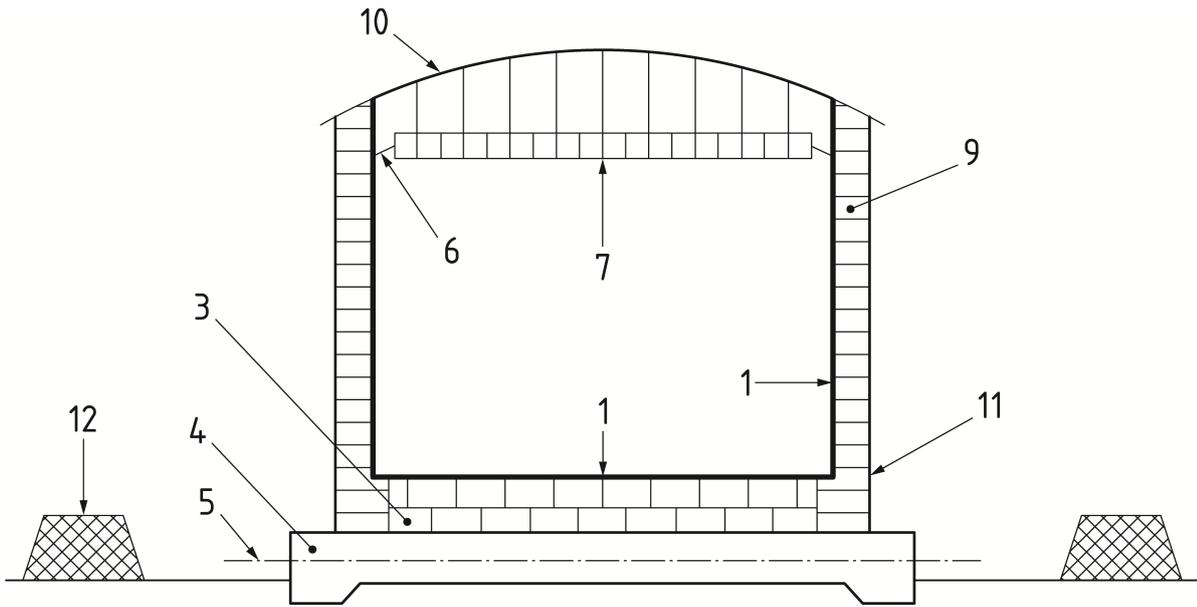
**Legende**

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

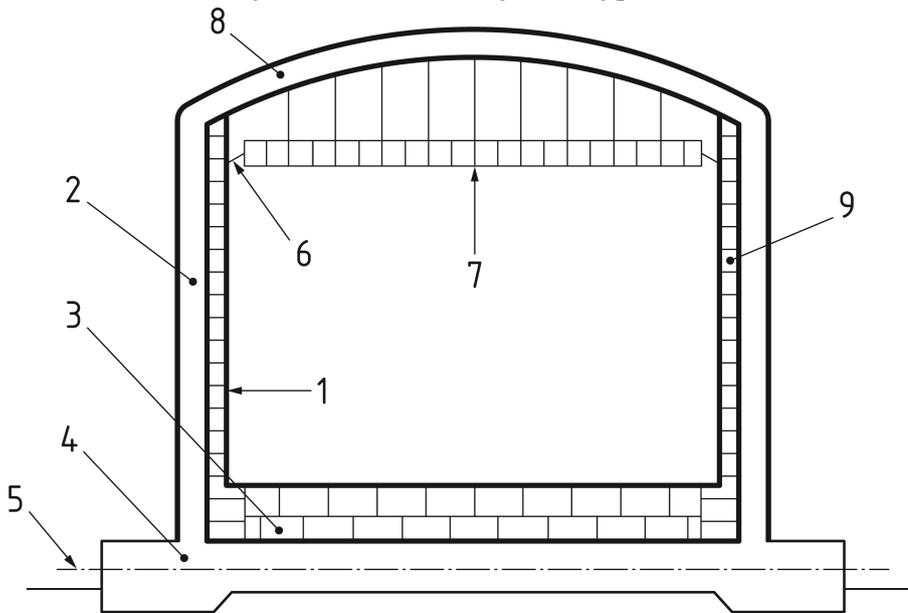
**Bild 3 — Beispiele für doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle**

# - Entwurf -

E DIN EN 14620-1:2022-03  
prEN 14620-1:2022 (D)



a) Membrantanksystem Typ M-1



b) Membrantanksystem Typ M-CC

## Legende

- |  |   |
|--|---|
| 1 Membran  | 8 Dach vom Membrantank-Außenbehälter Typ M-CC (Spannbeton oder Stahl) |
| 2 Membrantank-Außenbehälter Typ M-CC (Spannbeton oder Stahl) | 9 Dämmung auf der Innenseite des Membrantank-Außenbehälters           |
| 3 Dämmung am Boden   | 10 Dach vom Membrantank-Außenbehälter Typ M-1 (Stahl)                 |
| 4 Gründung   | 11 Membrantank-Außenbehälter Typ M-1 (Stahl)                          |
| 5 Heizeinrichtung für die Gründung                           | 12 Damm (Auffangtasse)  |
| 6 flexible Dichtung der Dämmung                              |   |
| 7 abgehängtes Dach (gedämmt)                                 |   |

**Bild 4 — Beispiele für Membrantanksystem**

## 4.2 Auswahl des Tanksystems auf der Grundlage einer Risikobeurteilung

### 4.2.1 Allgemeines

Die Ausführung des Tanksystems muss auf der Grundlage einer Risikobeurteilung ausgewählt werden.

Die Risiken innerhalb und außerhalb der Anlage müssen berücksichtigt werden. Für die Risikobeurteilung (Festlegung/Ausweisung der Risikokriterien) muss der Besteller die Verantwortung tragen.

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 zulässig sind.

Das Risikomanagement für das bereits in Betrieb befindliche Tanksystem fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments. Risikomanagementprogramme sind anlagenspezifisch und müssen vom Eigentümer/Betreiber für jede einzelne Anlage entwickelt werden.

### 4.2.2 Auswahl des Standorts

Bevor mögliche Gefährdungen aufgezeigt werden können, muss der Standort ausgewählt werden. Im Allgemeinen muss das Lagertanksystem so angeordnet werden, dass an den Befüllungs- und Entleerungsstutzen 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 Wichtige Faktoren für die Auswahl eines Tanksystems

Gekühlte Flüssiggasanlagen können im Falle einer Störung oder eines Notfalls Gase freisetzen, die eine erhebliche Gefahr für Menschenleben, die Umwelt und umliegende Gemeinden darstellen. Je nach Art des gelagerten Flüssiggases und der Leckrate kann es nach einer Schädigung der primären Sicherheitshülle zur Bildung von Dampf Wolken kommen, die über die Anlage hinaus driften können.

Die Auswirkungen der Gaswolken und des Wärmestrahlungsflusses auf die Anlagen und die angrenzenden Grundstücke müssen berücksichtigt werden.

Die Entscheidung für ein geeignetes Tanksystem muss sich an folgenden Faktoren orientieren:

- das zu lagernde Produkt;
- Kapazität der Lagerung;
- Redundanzgrad des Lagersystems gegen Freisetzung von Flüssigkeiten und Dämpfen;
- Verfügbarkeit von Land;
- Beschaffenheit des Geländes;
- Nähe zu Wohnsiedlungen und bewohnbaren Gebieten;
- Einfluss/Auswirkungen von benachbarten Prozessanlagen und Ausrüstungen;
- Einfluss/Auswirkungen auf natürliche Ressourcen und Lebensräume;
- Einfluss/Auswirkungen von umliegenden Anlagen und bekannten potenziellen Anlagen;

- atmosphärische und Umweltbedingungen;
- Gefährdungen siehe 4.2.4; und
- potenzielles Auslaufen von Lagergut.

Die möglichen Auswirkungen von austretender Flüssigkeit und der Freisetzung von Dämpfen aus dem Tanksystem müssen berücksichtigt werden.

**ANMERKUNG** Die Bestimmung der Dampftentstehung und -ausbreitung ist komplex und hängt von vielen Parametern ab, wie z. B. der relativen Gas-/Luftdichte, den meteorologischen Bedingungen, dem Gelände, der Freisetzungsgeschwindigkeit und der Menge der mitgerissenen Tropfen der Flüssigkeit, die in der Dampfwolke verteilt sind. Wenn ein gekühltes Lagergut ausläuft, findet eine Verdampfung statt. Die Menge der Verdunstung hängt zuerst in erster Linie von der Oberfläche ab, die mit der tiefgekühlten Flüssigkeit in Berührung kommt, sowie von den Umgebungsbedingungen. Zu Beginn sind die meisten tiefgekühlten Dämpfe schwerer als Luft und sinken aufgrund ihrer niedrigen Temperatur. Wenn jedoch Wärme aus der Umgebung entzogen wird, verlieren einige Kohlenwasserstoffe an Dichte und werden bei Erwärmung schließlich leichter als Luft. Bei einigen Gasen (z. B. Propan, Propylen, Ethylen, Argon) bleiben die Dämpfe jedoch auch bei Umgebungstemperatur schwerer als Luft. Je nach atmosphärischen und Umgebungsbedingungen kann sich die entstehende Gaswolke innerhalb oder außerhalb der Anlage bewegen. Bei Tanksystemen, die Kohlenwasserstoffe enthalten, kann das Konzept des Tanksystems so gewählt werden, dass die Oberfläche des ausgelaufenen Flüssiggases so weit wie möglich reduziert wird, um den Strahlungswärmefluss auf die Umgebung auf ein akzeptables Maß zu begrenzen.

Der Besteller muss das Lagerkonzept auf der Grundlage einer Risikobeurteilung auswählen.

#### **4.2.4 Erkennen der Gefährdung**

##### **4.2.4.1 Allgemeines**

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

Eine Untersuchung zur Erkennung der Gefährdung muss nicht nur für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Tanksystems durchgeführt werden, sondern für alle Phasen, die während der Auslegungsliebensdauer des Tanksystems auftreten (Auslegung, Bau, Kaltfahren, Inbetriebnahme, Außerbetriebnahme und auch eine mögliche Auffassung).

Die bestehenden Gefährdungen dürfen in externe und interne Bedrohungen eingeteilt werden.

Wenn das Tanksystem eine sekundäre Schutzhülle in Form eines Sekundärbehälters oder eines Dammes umfasst, ist das Tanksystem unter der Annahme auszulegen, dass der Primärbehälter oder die Membran undicht werden kann und eine allmähliche Befüllung des Sekundärbehälters möglich ist. Bei Primärbehältern oder Membranen, die in Übereinstimmung mit den Regeln dieses Dokuments gebaut wurden, ist die Möglichkeit eines plötzlichen Versagens (Aufreißen oder Zip-Versagen) des Primärbehälters oder der Membran kein glaubwürdiges Ereignis und wird daher bei der Auslegung nicht berücksichtigt. Vorkehrungen für ein plötzliches Versagen des Primärbehälters oder der Membran als Folge von Materialversagen oder seismischer Einwirkung werden in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

Der Besteller muss bestimmen, ob Gefährdungen, die sich aus der Nähe zu benachbarten Grundstücken, Einrichtungen und Lebensräumen ergeben, für die Risikobeurteilung von Bedeutung sind.

##### **4.2.4.2 Interne Gefährdungen**

Die folgenden internen Gefährdungen müssen berücksichtigt werden:

- Auslaufen des Produkts aus dem Primärbehälter oder der Membran;
- Überfüllung des Tanks (siehe auch 7.2.1.2);
- Über-/Unterdruck des Tanksystems aufgrund von Prozessstörungen;

- Roll-over, der zu einer Überdruckbeaufschlagung des Tanksystems führt;
- kleines Leck (örtliche, allmähliche Undichtigkeit);
- großes Leck (allmähliches Austreten des gesamten Behälterinhalts);
- Ermüdung und zyklische Belastung von wichtigen Bauteilen (z. B. Ringplatten);
- Korrosion;
- Versagen von Rohrleitungen, die am Boden/an den Seiten des Tanksystems befestigt sind;
- Versagen von inneren Ventilen für Prozessleitungen;
- Ausfälle der Messgeräte, der Elektrik und des Heizsystem der Gründung; und
- Temperaturschocks.

ANMERKUNG Ein sofortiges Versagen des gesamten Behälters fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments.

#### **4.2.4.3 Externe Gefährdungen**

- Umweltgefährdungen wie Erdbeben, Blitzschlag, Windbelastung einschließlich Hurrikan/Taifun, Überschwemmungen, Schnee- und Eisbelastung, Tsunamis und Seewehen;
- Wetterbedingungen (atmosphärischer Druck, Regen, Umgebungstemperatur);
- Bodenbeschaffenheit, dünne Gesteinsschichten, verflüssigbare Schichten, seitliche Ausbreitung und Vorhandensein von Kavernen, Hohlräumen und Defekten;
- umherfliegende Gegenstände und Ausrüstungen nach einem Störfall;
- Nähe zu anderen Einrichtungen, die ein potenzielles Risiko darstellen (einschließlich, aber nicht beschränkt auf Flughäfen, Hubschrauberlandeplätze, militärische Einrichtungen);
- Druckwellen aufgrund von Dampfvolkenzündungen aus der Prozessanlage, benachbarten Anlagen, Prozessausrüstungen und Fördergefäßen, einschließlich Einrichtungen, die sich außerhalb der Begrenzungs-grenzen befinden;
- Betriebs- und Störfallbedingungen, einschließlich Verschütten und Auslaufen von Produkten;
- Gefährdungen, die bei Wartungsarbeiten am Tanksystem entstehen;
- Einwirkungen auf externe Rohrleitungen, auch durch Fahrzeuge oder Wartungsgeräte;
- Entzündung durch hochenergetische Radiowellen;
- Kaskadeneffekt infolge von Bränden und/oder Explosionen in benachbarten Anlagen;
- permanente Zündquellen (Hochspannungsleitungen usw.);
- Brandgefährdungen durch benachbarte Tanks, Auffangwannen, Überdruckventile, Sammelbehälter, Düsenfeuer und Anlagenbereiche;
- Nähe von Tanksystemen zu äußeren unkontrollierten Zündquellen wie Bodenfackeln, Fackeln.

## **4.2.5 Methodik der Risikobeurteilung**

### **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 Gefährdungen durch äußere und innere Ursachen;
- Identifizierung potenzieller Freisetzungseignisse und -szenarien;
- Sammeln der Daten zur Ausfallrate;
- Bestimmung der Häufigkeit dieser Gefährdungen;
- Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeiten der einzelnen Freisetzungseignisse;
- Untersuchung der möglichen Kaskadeneffekte;
- Bestimmung der Folgen der einzelnen Gefährdungen unter Berücksichtigung der verfügbaren Maßnahmen zur Risikominderung;
- Bestimmung des Risikos durch Multiplizieren von Wahrscheinlichkeiten und Folgen und Summieren über alle Szenarien;
- Vergleich der Risikoniveaus mit vorgegebenen Zielwerten.

### **4.2.5.3 Deterministische Risikobeurteilung**

Der deterministische Ansatz muss Folgendes umfassen:

- Auflistung der Gefährdungen durch äußere und innere Ursachen;
- Festlegung glaubwürdiger Versagensszenarien;
- Bestimmung der Folgen;
- Nachweis, dass die Anlage gegenüber den ermittelten Szenarien tolerant ist; und
- Begründung der notwendigen, die Sicherheit verbessernden Maßnahmen, um die ermittelten Ausfallszenarien zu begrenzen.

### **4.2.5.4 Risikoprofile, Folgen und Annahmekriterien**

Die Risikoprofile müssen berechnet werden, indem die Folgen aus mehreren Szenarien ermittelt werden.

Derartige Szenarien müssen vom Besteller ermittelt und in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden. Das Potenzial für eine Eskalation von Ereignissen und kaskadierende Ausfälle muss ermittelt werden. Die Art des Versagens, das zu einer potenziellen Produktfreisetzung führt, muss für jede identifizierte Gefährdung vollständig beschreiben werden.

Die Folgen jedes potenziellen glaubwürdigen Freisetzungsszenarios und die Auswirkungen auf die Anlage, benachbarte Grundstücke, Gesundheit und Sicherheit sowie die Umwelt müssen mindestens abgeschätzt werden. Bei der Abschätzung der Folgen muss berücksichtigt werden, ob ein Freisetzungseignisse auf der Frei-

setzung von Flüssigkeit oder Dampf beruht; die Nähe der Freisetzung zu anderen Anlageneinrichtungen und Grundstücksgrenzen; die Eigenschaften des freigesetzten Produkts; die Umgebungsbedingungen und der Grad der Emmisionsbegrenzung der freigesetzten Flüssigkeit. Die Modellierung der Folgen sollte die Exposition gegenüber kryogenen Flüssigkeiten, Strahl- und Lachenbrände, entflammbare Dampfwolken, Dampfwolkenexplosionen und toxische Dampfwolken einschließen, sofern zutreffend.

Die Risiken im Zusammenhang mit potenziellen Ausfällen von Lagertanksystemen sollten auf der Beurteilung sowohl der erwarteten Wahrscheinlichkeiten als auch der Folgen glaubwürdiger Ereignisse beruhen. Bei der Beurteilung müssen alle Risiken aufgrund der Gefährdungen kombiniert werden. Das kombinierte Risiko wird dann mit dem tolerierbaren Risiko verglichen, um die Annahmeveraussetzungen zu bestimmen. Die richtige Identifizierung der Gefährdungen und die Risikobeurteilung beeinflussen die Auswahl des Konzepts für ein Lagertanksystem.

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.

Es müssen Kriterien für das tolerierbare individuelle und gesellschaftliche Risiko festgelegt werden. In einer Anzahl von Ländern gibt es rechtskräftige Risikokriterien, oder sie können in Absprache mit den zuständigen Behörden entwickelt werden.

#### **4.2.6 Veränderungen**

##### **4.2.6.1 Potenzielle Veränderungen**

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

ANMERKUNG   Andere Einrichtungen können in der Nähe des Tanksystems oder außerhalb der Anlagengrenzen gebaut werden.

Bei wesentlichen Veränderungen muss das Risiko und Schadenspotenzial erneut beurteilt werden und es können Verbesserungen erforderlich sein.

##### **4.2.6.2 Veränderungen basierend auf den Untersuchungsergebnissen**

Das Ergebnis der Risikobeurteilung muss sorgfältig ausgewertet werden. Falls Veränderungen durchgeführt werden müssen, 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 Tanksystems zu berücksichtigen sind. Außergewöhnliche Einwirkungen (Auslaufen von Lagergut, Brände, Explosionen usw.) müssen bestimmt werden.

## **5 Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle**

Für Auslegung, Beschaffung der Werkstoffe, Bau und Prüfung und Inbetriebnahme des Tanksystems sollte ein Qualitätsmanagementsystem eingeführt werden.

ANMERKUNG   Z. B. EN ISO 9001.

## **6 Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltplan**

### **6.1 Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (GSU)**

#### **6.1.1 Allgemeines**

Der Auftragnehmer muss für die Auslegungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase der Arbeiten einen GSU-Plan 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 aller zuvor genannten Phasen sichergestellt sind.

### **6.2 Umwelt**

#### **6.2.1 Umweltbeurteilung**

Die Auswirkungen der Arbeiten auf die Umwelt sollten während ihrer gesamten Lebensdauer minimiert werden. Der Besteller muss zumindest die Auswirkungen auf die Umwelt nach EN 1473:2021, 5.4 beurteilen.

## **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 Tanksystems nach Anhang B tragen.

Der Auftragnehmer muss die Verantwortung für die Lieferung des Tanksystems, die Dienstleistungen und die Übergabedokumente entsprechend der Vereinbarung zwischen dem Besteller und dem Auftragnehmer 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 Tanksystems 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 Szenario könnte beispielsweise die Temperaturverteilung über das gesamte Tanksystembauwerk und die aus den vorgegebenen Daten resultierenden Einwirkungen erfassen.

#### **7.1.2 Leistungskriterien**

Das Tanksystem 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 darf nicht zu einem Flüssigkeitsverlust führen;
- Gesamtsetzung und ungleichmäßige Setzung des Tanksystems müssen innerhalb der festgelegten Grenzen liegen;
- unkontrolliertes Austreten von Produktdämpfen unter allen anormalen Bedingungen, mit Ausnahme von Leckagen aus einem Primärbehälter oder einer Membran, muss bei doppelwandigen Tanksystemen mit vollständiger Sicherheitshülle und bei Membrantanksystem des Typs M-CC verhindert werden; und
- eine Verschlechterung über die Lebensdauer bei dem zu erwartenden Instandhaltungsniveau die Leistungsfähigkeit des Bauwerks unterhalb des vorgesehenen Wertes nicht beeinträchtigt.

ANMERKUNG An bestimmten Standorten, an denen die Umgebungstemperatur die Temperatur des Lagerguts unterschreiten kann (z. B. bei der Lagerung von Butan in kalten Klimazonen), kann bei Verwendung von abgehängten Dächern an der Innenseite des Sekundärbehälters, des Warmdampfbehälters oder des Daches des Membrantank-Außenbehälters Kondensation auftreten. Das kondensierte Produkt kann in den Ringraum eindringen, sich auf dem festen Dach des Primärbehälters oder dem abgehängten Dach sammeln und Probleme verursachen. Lösungsmöglichkeiten sind die Anwendung besonderer Anordnungen zum Ableiten des Kondensats in den Primärbehälter oder in die Membran 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 die Auslegung der metallischen Bauteile des Tanksystems gilt die Grenzzustandstheorie, es sei denn, es wird ausdrücklich auf andere zulässige Spannungsmethoden eingegangen. Für weitere Einzelheiten siehe EN 14620-2.

Für die Auslegung von Betonbauteilen des Tanksystems gilt die Grenzzustandstheorie. Für weitere Einzelheiten siehe EN 14620-3.

Die Bauteile des Dämmsystems müssen im Rahmen dieses Dokuments nach der Theorie der zulässigen Spannungen ausgelegt werden. Für weitere Einzelheiten siehe 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**

#### **7.1.4.1 Standorte mit sehr geringer Seismizität**

Wenn die Seismizität der Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE) nach 7.3.3.3 den Kriterien für eine sehr geringe Seismizität entspricht, die in EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, ANMERKUNG zu 3.2.1.(5) angegeben ist, ist eine erdbebensichere Auslegung des RLG-Tanksystems mit Ausnahme der Freibordanforderungen nicht erforderlich.

#### **7.1.4.2 Standorte mit höherer Seismizität**

Eine standortspezifische Erdbebengefährdungsberechnung ist für alle Tanksysteme unabhängig von der Kapazität erforderlich. Der Besteller muss das Potenzial der Erdbebenaktivität beurteilen, 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 7.3.2.2.14 und 7.3.3.3 definiert werden.

Für nicht isolierte Tanksysteme dürfen entweder Antwortspektren oder seismische Antwortverlaufsanalysen und Auslegungsmethoden verwendet werden. Für das seismisch isolierte Tanksystem darf die Antwortverlaufsanalyse nur verwendet werden, wenn das Verhalten des Isolators nichtlinear ist.

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.

Bei Membrantanksystemen müssen die Membran und der Außenbehälter des Membrantanks sowohl für Einwirkungen aus OBE als auch SSE ausgelegt sein, während sie bis zum maximalen Betriebszustand gefüllt sind.

Bei der geforderten standortspezifischen Untersuchung muss Folgendes berücksichtigt werden:

- regionale Seismizität, Tektonik und Geologie;
- Häufigkeit und maximales 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.

Siehe Anhang E für Empfehlungen zur Untersuchung der Seismizität am Standort.

**ANMERKUNG** Die Flüssigkeit in großen Tanksystemen, in denen tiefkalt verflüssigte Gase gelagert werden, hat eine lange konvektive Periode.

Die standortspezifische Gefährdungsbeurteilung muss Antwortbeschleunigungen für den Periodenbereich bis zum 1,1-fachen der konvektiven Flüssigkeitsperiode berücksichtigen, die nach EN 1998-4:2006, Anhang A, ermittelt werden.

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 seismisch isolierte Tanksysteme muss eine nichtlineare Zeitverlaufsanalyse für Einwirkungen aus OBE und SSE durchgeführt werden. Die Anzahl der OBE- und SSE-Zeitverläufe, die ähnliche Seismizität und Standortbedingungen repräsentieren und auf die Auslegungsantwortspektren skaliert sind, muss den Anforderungen von EN 1998-1:2004<sup>1</sup> entsprechen.

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

Die Membran des Membrantanksystems muss bei OBE- und SSE-Ereignissen flüssigkeitsdicht bleiben, und der Außenbehälter des Membrantanks muss seine tragenden Fähigkeiten beibehalten, um allen Belastungsbedingungen zu widerstehen, die den seismischen Ereignissen entsprechen.

Die folgenden Kombinationen der horizontalen und vertikalen Antworten des Tankbauwerks müssen verwendet werden:

- a) für den globalen Standsicherheitsnachweis (Kippen und Gleiten) 100 % horizontal mit 30 % vertikal;
- b) für die Bemessung der Tankbauteile 100 % horizontal mit 30 % vertikal sowie 30 % horizontal mit 100 % vertikal.

Zu den Bauteilen unter b) gehören alle Teile des inneren und des äußeren Tanks, die Gründung und die Zusatzausrüstung wie Bühnen und Rohrleitungen.

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

### **7.1.5 Dichtheit**

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

Für eine polymere Dampfsperre müssen die Flüssigkeitsdichtheit, falls zutreffend, und die Dampfdichtheit nachweislich derjenigen einer Dampfsperre aus Stahl entsprechen.

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

ANMERKUNG Für Einzelheiten siehe EN 14620-3.

Bei Tanksystemen mit Innendämmung, wie in EN 14620-4 beschrieben, muss eine Feuchtigkeitssperre vorgesehen werden, um das Eindringen von Umgebungfeuchtigkeit in die Dämmung zu verhindern. Stahlplatten gelten als feuchtigkeitsdicht. Siehe EN 14620-3 für Dichtheitskriterien für polymere Feuchtigkeitssperren. Bei Tanksystemen, die eine Produktdampfzirkulation in der Innendämmung zulassen, erfolgt die Trocknung der Dämmung während des Betriebs durch Flüssiggasdämpfe. Für andere Tanksysteme mit Innendämmung unter Verwendung einer polymeren Feuchtigkeitssperre muss eine separate Spülung und Trocknung der Dämmung während des Betriebs vorgesehen werden.

### **7.1.6 Anschlüsse am Primär- und Sekundärbehälter sowie Membrantanksystem**

#### **7.1.6.1 Einlässe und Auslässe**

Alle Einlässe, Auslässe und sonstigen Anschlüsse mit angeschlossenen Prozessrohrleitungen sollten vorzugsweise über das Dach des Tanksystems erfolgen. Dies basiert auf der Philosophie, das Risiko einer schwerwiegenden Undichtigkeit auf ein Minimum zu verringern.

Bei Dachauslässen müssen zur Entleerung des Lagerguts Pumpen innerhalb des Tanks verwendet werden.

Werden Bodeneinlässe, Auslässe oder andere Anschlüsse mit angeschlossenen Prozessleitungen verwendet, 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.

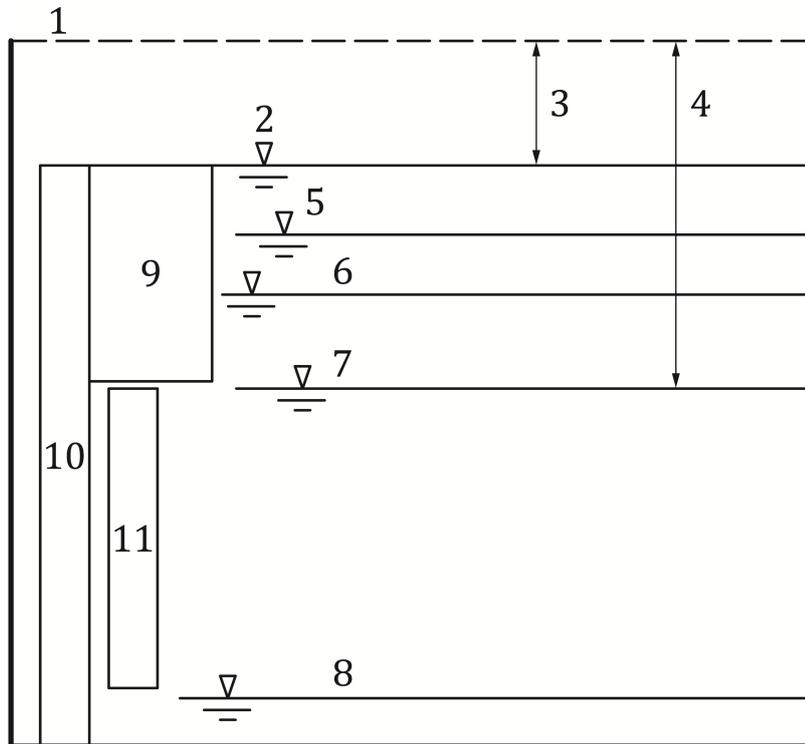
Bei Membrantanksystemen dürfen Ein- und Auslässe nur über das Dach geführt werden.

#### **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 Füllstände und Kapazitäten (Nennvolumen)

Die in Abschnitt 3 festgelegten Füllstände und Kapazitäten sind in Bild 5 graphisch dargestellt.



#### Legende

- 1 Oberkante der Primärbehälterwand, der Wandmembran oder des Hängedecks (je nachdem, was niedriger ist)
- 2 höchster Auslegungsfüllstand
- 3 Freibord
- 4 Freibord für erdbebenbedingtes Schwappen
- 5 sehr hoher Füllstand (Notalarm & Pumpenauslösung)
- 6 Alarm bei einem hohen Füllstand
- 7 maximaler Betriebszustand
- 8 minimaler Betriebszustand
- 9 Freiraum für Überfüllungsschutz
- 10 höchste Auslegungskapazität
- 11 Netto-Nutzhalt

**Bild 5 — Füllstände und Kapazitäten (Nennvolumen)**

Bei der Höhe des Primärbehälters oder der Membran des Dammes muss ein Freibord von mindestens 300 mm über dem höchsten Auslegungsfüllstand (im kalten Zustand) als Puffer gegen Überlaufen und zur Sicherstellung eines freien Dampfstroms über dem höchsten Auslegungsfüllstand eingeplant werden.

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

Der Freibord für erdbebenbedingtes Schwappen muss oberhalb des maximalen Betriebszustands vorgesehen werden.

### **7.1.8 Kaltfahren**

Ein Rohrleitungssystem zum Kaltfahren des Tanksystems 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 Tanksystems und seiner Anschlüsse aufgenommen werden kann. Folgende Arten sind allgemein gebräuchlich:

- Flächengründung (Fundament 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 das Verhalten und die geotechnischen Eigenschaften der verschiedenen Boden-/Felschichten zu ermitteln. Das Potenzial für spezifische Gefährdungen, die das seismische Verhalten der Gründung des Tanksystems beeinträchtigen können (z. B. Potenzial für Verflüssigung), muss beurteilt werden. Eine Bodenverbesserung muss durchgeführt werden, wenn die Bodenuntersuchung die Notwendigkeit einer solchen Verbesserung ergibt. Die Ausführungsmethode und die Tragfähigkeit der Gründung müssen durch ein Vorproduktions- und Produktionstestprogramm überprüft werden.

Die Bodenuntersuchung muss nach EN 1997-1 durchgeführt werden. Anhang E enthält Empfehlungen für die mindestens durchzuführenden geotechnischen Untersuchungen für RLG-Tanksysteme. Die Erdbebensicherheit von Bauwerken muss EN 1998-1:2004<sup>1</sup> und Anhang C entsprechen. Der Gleitwiderstand der Gründung und die Tragfähigkeit für die seismischen Lasten müssen nach EN 1998-5 überprüft werden.

**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 den Bereich (vom Minimum bis zum Maximum) der voraussichtlichen Gesamtsetzung und der ungleichmäßigen Setzung des Tanksystems bestimmen. Der Auftragnehmer muss nachweisen, dass alle Bauteile des Tanksystems diese Setzungen aufnehmen können.

Die Setzungen der Gründung während der Lebensdauer des Tanksystems müssen auf die folgenden Werte begrenzt werden:

**Tabelle 1 — Setzungen der Gründung**

Art der Setzung	Dämmsystem am Boden	
	Aus sprödem Material	Aus flexiblem Material
Schüsseln, gemessen an beliebiger Stelle entlang einer radialen Linie vom Rand der Gründung bis zur Mitte	1 : 300 <sup>a</sup>	1 : 150 <sup>b</sup>
Ungleichmäßige Randsetzung	1 : 500	
Flächeneigung (mm)	125*D/H (**)	

# - Entwurf -

**E DIN EN 14620-1:2022-03**  
**prEN 14620-1:2022 (D)**

**Tabelle 1 (fortgesetzt)**

Art der Setzung	Dämmsystem am Boden	
	Aus sprödem Material	Aus flexiblem Material
Gleichmäßige Setzung	Kein numerischer Grenzwert. Die Rohrleitungsanschlüsse müssen die Setzung aufnehmen können.	
ANMERKUNG „D“ ist der Durchmesser eines Sekundärbehälters, eines Warmdampfbehälters, eines Spülgasbehälters oder eines Außenbehälters eines Membrantanks. „H“ ist die Wandhöhe eines Sekundärbehälters, eines Warmdampfbehälters, eines Spülgasbehälters oder eines Außenbehälters eines Membrantanks.		
<p><sup>a</sup> (*) Die Grenzwerte für Schüsseln in der obigen Tabelle beziehen sich ausschließlich auf die Art der Dämmung am Boden. Es dürfen strengere Grenzwerte für die Setzung gelten, die durch die Bemessung der Gründung und Rissbreitenbegrenzungen erforderlich sind.</p> <p><sup>b</sup> (**) Die Rohrleitungsanschlüsse müssen in der Lage sein, eine Flächenneigung aufzunehmen.</p>		

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

Führt das Setzungsverhalten während des Baus und der Prüfung des Tanksystems zu einem ungünstigeren Verhalten der Bauteile des Tanksystems als vorhergesagt, muss der Auftragnehmer die Ursache untersuchen und Abhilfemaßnahmen ergreifen, um künftige Schäden zu vermeiden, und die Angemessenheit der Gründungsplanung überprüfen. Der Besteller muss konsultiert werden.

ANMERKUNG 2 Berechnungen von Setzungen können nicht als exakt angesehen werden. Sie geben lediglich einen ungefähren Anhaltspunkt.

Bei der Detailplanung jedes empfindlichen Teils des Tanksystems (z. B. Wandanschlussbereich eines Betontanks) müssen die Maximal- und Minimalwerte für Setzungen berücksichtigt werden. Es müssen sowohl kurzfristige als auch langfristige Setzungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3 Wenn das Setzungsverhalten während des Betriebs des Tanksystems vom vorhergesagten Verhalten abweicht, wird dem Besteller empfohlen, den Auftragnehmer zu konsultieren.

Ein Frosthub der Gründung muss verhindert werden,

ANMERKUNG 4 Um diese Anforderung zu erfüllen, kann ein Heizsystem für die Gründung erforderlich sein.

ANMERKUNG 5 Die Gründung kann erhöht angeordnet werden, sodass ein freier Raum zwischen Boden und Gründungsplatte bleibt, der eine Luftzirkulation ermöglicht.

Bei erhöhten Gründungen ist das Heizsystem nicht erforderlich. Der Auftragnehmer muss nachweisen, dass eine ausreichende Luftzirkulation erreicht werden kann und dass langfristig Kondensation minimiert und Eisbildung an der Gründungsplatte verhindert wird. Zwischen dem Boden und der Unterseite der Pfahlkappe muss ein ausreichender Abstand vorgesehen werden, um einen sicheren Zugang unterhalb der Pfahlkappe für Bau- und Reparatur-/Wartungsarbeiten sicherzustellen. Sofern nicht anders angegeben, muss der Abstand zwischen der Oberkante des Bodens und der Unterseite der erhöhten Pfahlkappe in der Mitte der Pfahlkappe 1,6 m betragen.

Die Betongründung für einwandige Tanksysteme mit Auffangtasse und doppelwandige Tanksysteme mit vollständiger Sicherheitshülle und Membrantanksysteme (Typ M-CC) (Fundamentplatte oder Pfahlkopf) muss für die unfallbedingte Leckage nach 7.3.3.1 ausgelegt sein. Falls zutreffend, müssen bei der Auslegung der Gründung die Exposition gegenüber kalten Temperaturen und das Wärmegefälle in Dickenrichtung berücksichtigt werden. Wenn alternativ eine leckdichte Sperre am Tankboden, die für den Kontakt mit dem Lagergut geeignet

ist, als Teil eines Sekundärbehälters vorgesehen ist, muss die Gründung so ausgelegt sein, dass sie flüssigkeitsdicht bleibt, wenn sie mit dem Lagergut in Kontakt kommt.

ANMERKUNG 6 Weitere Einzelheiten zu den Gründungen sind in EN 14620-3 aufgeführt.

### **7.1.10 Heizeinrichtung für die 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 müssen dazu führen, dass auch bei Ausfall eines Heizkanals die oben festgelegte Anforderung erfüllt wird.

Temperaturen unter 0°C am Rand der Flächen Gründung in kalten Klimaregionen, die ausschließlich auf niedrige Umgebungstemperaturen zurückzuführen sind, sind zulässig, vorausgesetzt, es werden geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen. Die Flächen Gründung muss entweder auf frei abfließendem, frostunempfindlichem Material errichtet werden oder der Boden der Gründung muss unterhalb der in den örtlichen Bauvorschriften festgelegten Frosttiefe liegen. Es muss eine geeignete Drainage vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass der Grundwasserspiegel unterhalb der Frosttiefe liegt.

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 in Anhang D gegeben.

### **7.1.11 Kälteschutzsystem (TPS) eines Sekundärbehälters aus Beton**

Für einen Sekundärbehälter aus Beton (Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle und Außenbehälter aus Beton für ein Membrantanksystem) 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 oder der Membran bilden. Falls erforderlich, muss das TPS auf dem gesamten Boden und am unteren Teil der Wand angebracht werden. Das TPS muss aus einer flüssigkeitsdichten Sperre, die für die Produktexposition geeignet ist, und dem tragenden Dämmmaterial bestehen.

Die Höhe des vertikalen Teils des Kälteschutzsystems (TPS) muss entsprechend der Temperaturverteilung und der Verformbarkeit der starren Ecken festgelegt werden. Die Werkstoffauswahl muss den zutreffenden Abschnitten in EN 14620-2, EN 14620-3 und EN 14620-4 entsprechen.

### **7.1.12 Damm (Auffangtasse)**

Die Maße des mit einem Damm umgebenen Bereichs müssen so festgelegt werden, dass der gesamte Inhalt des Tanksystems aufgenommen werden kann. Dieser Bereich und der Damm, die die Auffangtasse bilden, müssen 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, abgeleitet werden kann.

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

### **7.1.13 Blitz**

Das Tanksystem muss gegen Blitzeinschlag geschützt und ordnungsgemäß geerdet 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 Außerbetriebnahme des Tanksystems sicher und zuverlässig ablaufen. Es muss eine ausreichende Anzahl von Reservegeräten vorgesehen werden.
- Die für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Tanksystems erforderlichen Messgeräte müssen in Betrieb bleiben.
- Die Messwerte müssen zu der Steuerzentrale/dem Operator übertragen werden.

#### **7.2.1.2 Füllhöhe**

Um ein Überlaufen des Tanksystems zu verhindern, müssen mindestens drei sehr genaue, voneinander unabhängige Füllstandsmessgeräte installiert werden. Jedes Füllstandsmesssystem muss einen Alarm bei einem hohen Füllstand und bei einem sehr hohen Füllstand mit Ausschaltung auslösen.

ANMERKUNG Aufgrund dieser Anforderung ist es nicht erforderlich, das Tanksystem für Überfüllung auszulegen.

Der Sicherheits-Integritätslevel (SIL) für die Kontrollgeräte muss durch ein Gefährdungsanalyseverfahren (HAZOP/Gefahrenidentifizierung (HAZID)) bestimmt werden.

Der Besteller muss den minimalen Betriebszustand in Abhängigkeit von der voraussichtlichen Betriebsweise des Tanksystems festlegen. Dieser Zustand darf einer der folgenden sein:

- Minimum, bei dem die Pumpen mit der vollen Nennleistung betrieben werden können;
- Minimum für den Wiederanlauf der Pumpe;
- Minimum beim Abpumpen;
- Minimum, das der Besteller im Tanksystem beibehalten möchte.

In jedem Fall darf der Mindestfüllstand im Tanksystem bei Betrieb nicht weniger als 150 mm betragen, um die Betriebstemperatur des Tanksystems aufrechtzuerhalten.

#### **7.2.1.3 Druck**

Das Tanksystem muss mindestens mit zwei unabhängigen Messgeräten zum Nachweis von zu hohem und zu niedrigem Druck ausgestattet werden, wobei das Alarmsystem mit dem Kontrollraum verbunden sein muss. Die Systeme müssen unabhängig vom üblichen Druckmesssystem arbeiten.

#### **7.2.1.4 Temperatur**

Das Tanksystem 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 oder der Membran (zur Regelung der Abkühlung/ Erwärmung).

#### **7.2.1.5 Verhinderung von unkontrollierter Durchmischung (Roll-over)**

Werden Produkte unterschiedlicher Zusammensetzung und Dichte in dem Tanksystem gelagert und ist eine Produktschichtung möglich, muss eine Durchmischung verhindert werden.

Die Kontrolle der Durchmischung kann durch die folgenden Maßnahmen sichergestellt werden:

- 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; und/oder
- durch ein zeitweilig oder dauernd arbeitendes Umwälzsystem zwischen Tankboden und oberem Bereich des Tanks.

Wenn keine Maßnahmen zur Durchmischungskontrolle vorgesehen sind oder wenn dies vom Besteller oder von den entsprechenden Vorschriften gefordert wird, muss das Druckentlastungssystem für eine Durchmischung ausgelegt sein.

#### **7.2.1.6 Feuer- und Gasmeldetektoren**

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

Gasmeldesysteme und Niedertemperaturdetektoren müssen in den Bereichen eingebaut werden, in denen Leckagen auftreten könnten (z. B. an Flanschverbindungen in den Prozessleitungen). An den Endrohren der Überdruckventile muss mindestens ein Brandmeldesystem vorhanden sein.

Der genaue Standort der Gas-, Brand- und Leckagemelder muss mithilfe der Risikobeurteilung der potenziellen Leckagebereiche bestimmt werden.

#### **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; oder
- Differenzdruckmessung.

#### **7.2.1.8 Überwachungssystem für abgedichteten Dämmraum**

Wenn der Dämmraum vom primären Lagerraum des Lagerguts isoliert ist (z. B. Membrantanksystem oder doppelwandiges Tanksystem mit Doppeldach), muss ein Dämmraumüberwachungssystem eingebaut werden. Dieses System muss dazu dienen:

- das Spülgas zu analysieren, um ein Austreten von Produktdampf aus dem Primärbehälter oder der Membran nachzuweisen;
- den Operator benachrichtigen, wenn Produktdampf im Dämmraum festgestellt wird;

- das Inertgas durch den Dämmdampfraum zu spülen, um sicherzustellen, dass während des bestimmungsgemäßen Betriebs die Gaskonzentration unter dem vom Besteller festgelegten Grenzwert oder weniger als 30 % der unteren Entzündbarkeitsgrenze (UEG) beträgt, je nachdem, welcher Wert niedriger ist; und
- den Differenzdruck zwischen Dämmdampfraum und Primärhüllenraum so zu überwachen, dass der Primärbehälter oder 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**

Die Anforderungen an die Entlüftung müssen durch Entlüftung in die Atmosphäre erfüllt werden. Wenn die Entlüftung in die Atmosphäre bei den Betriebsbedingungen für das Lagergut nicht zulässig ist (z. B. bei toxischen Produkten), müssen zusätzliche Entlastungsventile mit einem niedrigeren Ansprechdruck vorgesehen und zu einer Fackel oder zu anderen Systemen geleitet werden. Zwischen Betriebsdruck und Auslegungsdruck des Tanksystems muss eine ausreichende Differenz vorhanden sein, um unnötige Entlüftung zu vermeiden.

Über- und Unterdruckventile für Kühltanksysteme müssen mit verriegelten Sperrventilen ausgestattet sein, so dass ein defektes Überdruckventil ausgetauscht werden kann, ohne dass das Tanksystem zur Atmosphäre geöffnet werden muss.

Die Auslegung für die Druckentlastungsleistung (Über- und Unterdruck) muss auf der Grundlage von bestimmungsgemäßen und nicht bestimmungsgemäßen Betriebsszenarien nach EN ISO 28300 erfolgen. Ausfälle von miteinander verbundenen Einrichtungen, z. B. Prozessanlagen, Entlüftungs- oder Abfackelsysteme usw., müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Für Tanksysteme mit vollständiger Sicherheitshülle und für Membrantanksysteme des Typs M-CC muss das Druckentlastungssystem so ausgelegt werden, dass es die Dämpfe aufnehmen kann, die bei einer glaubwürdigen Leckage des Primärbehälters oder der Membran erzeugt 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.

Der Einstelldruck für das Überdruckentlastungssystem darf den Auslegungsdruck des Tanksystems nicht überschreiten.

Sofern der Besteller oder die Werksnorm nichts anderes vorschreibt, sollte die Kapazität des Überdruckentlastungsventils so ausgelegt sein, dass der maximale Entlastungsdruck das 1,1-fache des Auslegungsdrucks für alle Notfälle nicht überschreitet, mit Ausnahme eines äußeren Brandes und Durchmischung, wenn dies erforderlich ist. Für diese anormalen Bedingungen sollte der maximale Entlastungsdruck das 1,2-fache des Auslegungsdrucks nicht überschreiten.

### **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.

Das Unterdruckentlastungssystem muss bei dem für das Tanksystem vorgesehenen Außendruck die volle Entlastungsleistung erbringen.

### 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; und
- 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

##### 7.3.2.1.1 Eigengewicht

Eigengewicht der Beton-, Stahl- und Dämmbauteile, der Rohrleitungen, Formstücke, Zubehörteile und der fest eingebauten Ausrüstungsteile.

ANMERKUNG Detaillierte Informationen sind in EN 1991-1-1 enthalten.

##### 7.3.2.1.2 Vorspannung

Globale und lokale Effekte, die entweder durch kontrollierte Kräfte und/oder kontrollierte Verformungen auf das Bauwerk oder seine Bauteile einwirken, sind zu berücksichtigen. Unmittelbare Effekte als auch Effekte nach zeitabhängigen Änderungen müssen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Detaillierte Informationen sind in EN 1992 bis EN 1999 enthalten.

##### 7.3.2.1.3 Indirekte Einwirkungen

Durch Kriechen, Schwinden und ungleichmäßige Setzungen verursachte Einwirkungen, soweit zutreffend.

ANMERKUNG Indirekte Einwirkungen, die durch aufgezwungene Verformungen verursacht werden, können entweder dauerhaft oder veränderlich sein. Für Definitionen siehe EN 1990.

### 7.3.2.2 Veränderliche Einwirkungen

#### 7.3.2.2.1 Allgemeines

Für die Definitionen der veränderlichen Einwirkungen und die anwendbaren Grundlagen für den charakteristischen Wert der veränderlichen Einwirkungen muss auf EN 1990 Bezug genommen werden.

#### 7.3.2.2.2 Last des Lagerguts

Hydrostatische Belastung des Produkts, d. h. das Gewicht der schwersten zu lagernden Flüssigkeit vom höchsten Auslegungsfüllstand bis zum Leerstand. Es muss der Höchstwert der Flüssigkeitsdichte innerhalb des üblichen Betriebstemperaturbereichs der Lagerung angenommen werden.

**E DIN EN 14620-1:2022-03**  
**prEN 14620-1:2022 (D)**

**ANMERKUNG** Der maximale Betriebszustand kann anstelle des Auslegungsfüllstandes für Auslegungsbedingungen verwendet werden, die mit zeitabhängigen Effekten verbunden sind, z. B. Ermüdung, langfristige Setzungen, Kriechen der Dämmung usw.

**7.3.2.2.3 Nutzlasten**

Nutzlasten sind z. B.:

- eine gleichmäßig verteilte Last von  $1,2 \text{ kN/m}^2$  über die projizierte Festdachfläche; diese Last sollte nicht mit Schnee und inneren Unterdrucklasten kombiniert werden;
- eine gleichmäßig verteilte Last von  $2,4 \text{ kN/m}^2$ , die auf Bühnen und Laufstege wirkt;
- eine Punktlast von  $5 \text{ kN}$  auf einer Fläche von  $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ , an einer beliebigen Stelle der Bühnen oder Laufstege.

Es wird empfohlen, bei einem abgehängten Dach eine gleichmäßig verteilte Last von mindestens  $0,5 \text{ kN/m}^2$  für Errichtung und Wartung zu berücksichtigen.

**ANMERKUNG** An den Standorten, an denen die Umgebungstemperatur unter die Lagertemperatur des Tanksystems fallen kann, ist an der Innenseite des Sekundärbehälters oder des Daches des Warmdampfbehälters bei Verwendung eines abgehängten Daches Kondensation möglich. In Abhängigkeit von der Auslegung des Decks kann dies eine Auswirkung auf das abgehängte Dach haben, und in bestimmten doppelwandigen Tanksystemen kann sich Lagergut innerhalb des Ringraums sammeln.

**7.3.2.2.4 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. Ein eventueller Gasdruck im Dämmraum muss ebenfalls berücksichtigt werden.

**7.3.2.2.5 Innerer Auslegungsdruck**

Der innere Auslegungsdruck muss vom Besteller festgelegt werden.

**7.3.2.2.6 Innerer Auslegungsunterdruck (Vakuum)**

Der innere Auslegungsunterdruck muss vom Besteller festgelegt werden.

**7.3.2.2.7 Lasten durch Setzung**

Das Lagertanksystem und seine Gründung müssen für die während der Lebensdauer des Tanksystems zu erwartende größte gesamte Setzung und für die größten ungleichmäßigen Setzungen der Gründung ausgelegt werden.

**7.3.2.2.8 Rohranschlüsse**

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

**7.3.2.2.9 Lasten durch den Bau**

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

**7.3.2.2.10 Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen**

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

### 7.3.2.2.11 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.

### 7.3.2.2.12 Windlasten

Sofern in den Projektunterlagen keine strengeren Anforderungen gestellt werden, gelten die EN 1991-1-4 und ihre nationalen Anhänge zur Festlegung eines Mindestwertes für die Windlasten.

ANMERKUNG Siehe EN 1991-1-6 für Windlasten für Konstruktionsbedingungen.

### 7.3.2.2.13 Schneelasten

Sofern in den Projektunterlagen keine strengeren Anforderungen vorgesehen sind, gelten die EN 1991-1-3 und ihre nationalen Anhänge zur Festlegung eines Mindestwertes für die Schneelasten.

### 7.3.2.2.14 Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE)

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

ANMERKUNG Bei der Verweisung auf EN 1998-1 und EN 1998-4 ist mit OBE der Schadensbegrenzungszustand gemeint.

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<sup>1</sup>, 3.2.2.2 (3) verwendet wird. Der genaue Dämpfungswert muss basieren auf:

- Für die impulsiven seismischen Komponenten des Tanks müssen die Werte für die Material- und Bauwerkdämpfung in Anhang C verwendet werden. Der für vertikale Impulswirkungen angesetzte Dämpfungswert muss dem für horizontale Impulseinwirkungen angesetzten Wert gleich sein.
- Für die konvektiven Eigenformen (Schwappen) sind die Dämpfungswerte im Wesentlichen unabhängig vom Material des Tanksystems und vom Einfluss der Boden-Bauwerk Wechselwirkung; sie dürfen nicht größer sein als 0,5 %.

Die Gesamtdämpfung, einschließlich der Boden-Bauwerk-Systemdämpfung, muss bei der Analyse der Antwortspektren auf 15 % begrenzt werden. Die Anpassungsfaktoren für die Beschleunigung aufgrund der Dämpfung müssen nach EN 1998-1 bestimmt werden. Die maximale Verringerung der seismischen Antwort aufgrund der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung darf 40 % nicht überschreiten.

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

Die Betonbauteile müssen die Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bei OBE erfüllen. Das metallische Bauteil muss bei OBE auf der Grundlage der elastischen Querschnittseigenschaften elastisch bleiben. Die detaillierten Anforderungen sind in EN 14620-2 und EN 14620-3 enthalten.

Für die impulsiven seismischen Komponenten des Tanks müssen die Werte für die Material- und Bauwerkdämpfung in Anhang C verwendet werden.

### **7.3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen**

#### **7.3.3.1 Undichtigkeit des Primärbehälters oder der Membran**

Bei Tanksystemen mit Sekundärbehälter, muss der Sekundärbehälter so ausgelegt werden, dass er den maximalen Flüssigkeitsinhalt des Primärbehälters aufnehmen kann. Die Möglichkeit eines plötzlichen Versagens des Primärbehälters wird bei der Auslegung nicht berücksichtigt. Dabei wird eine allmähliche Füllung des Sekundärbehälters angenommen. Sofern nicht anders festgelegt, muss die für die Auslegung des Sekundärbehälters allmähliche Leckrate auf der Öffnungsfläche basieren, die einem Loch von 20 mm Durchmesser im unteren Teil der Wand des Primärbehälters unmittelbar über dem Boden entspricht. Dieselbe Philosophie muss für den Außenbehälter des Membrantanksystems des Typs M-CC angewendet werden. Wenn der Besteller zusätzlich zu dem zuvor erwähnten großen Leck die Auswirkungen eines kleinen Lecks untersuchen will, muss er Kriterien festlegen.

#### **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 Tanksystems müssen berücksichtigt werden.

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

Bereiche, in denen Lagergut auslaufen kann, müssen entweder 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)**

Das Tanksystem (siehe auch 7.1.4) muss auch für SSE-Bodenbewegungen ausgelegt werden.

ANMERKUNG Bei den Verweisungen auf EN 1998-1 und EN 1998-4 wird SSE dem Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) 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 (T<sub>I</sub>) 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.

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<sup>1</sup>, 3.2.2.2 (3) verwendet wird. Der genaue Dämpfungswert muss basieren auf:

- Für die impulsiven seismischen Komponenten des Tanks müssen die Werte für die Material- und Bauwerk-dämpfung in Anhang C verwendet werden. Der für vertikale Impulswirkungen angesetzte Dämpfungswert muss dem für horizontale Impulswirkungen angesetzten Wert gleich sein.

— Für die konvektiven Eigenformen (Schwappen) sind die Dämpfungswerte im Wesentlichen unabhängig vom Material des Tanksystems und vom Einfluss der Boden-Bauwerk Wechselwirkung; sie dürfen nicht größer sein als 0,5 %.

Die Gesamtdämpfung, einschließlich der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung, muss bei der Analyse der Antwortspektren auf 20 % begrenzt werden. Der Anpassungsfaktor für die Beschleunigung aufgrund der Dämpfung muss nach EN 1998-1 bestimmt werden. Die maximale Verringerung der seismischen Antwort aufgrund der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung darf 50 % nicht überschreiten.

Bei Tanks aus Stahl darf der Verhaltensbeiwert  $q$  für inelastisches Verhalten nach EN 1998-4, der auf die impulsive seismische Komponente angewandt wird, 1,5 nicht überschreiten. Bei Tanks aus Beton darf der Beiwert  $q$  nicht mehr als 1,0 betragen.

#### **7.3.3.4 Externe Brände und Explosionen**

Der Besteller muss den Umfang der externer Brände und Explosionen, wie bei der Risikobeurteilung ermittelt, festlegen.

Der Wärmestrom und die Dauer, die mit dem maßgeblichen glaubwürdigen Brandszenario verbunden sind, müssen angegeben werden. Potenzielle Brände außerhalb des Tanksystems und direkt am Tanksystem müssen berücksichtigt werden. Zu den potenziellen Brandgefahren zählen unter anderem der Brand des benachbarten Tanks, Lachenbrand in einem Auffangbecken für ausgelaufenes Produkt, Brand von Ausrüstungen und/oder Rohrleitungen, die an das Tanksystem angrenzen, Brand eines Überdruckentlastungsventils sowie Brand von Rohrleitungen und Ausrüstungen, die direkt an das Tanksystem angeschlossen sind.

Gegebenenfalls sind die Auswirkungen potenzieller externer Explosionen, unter anderem Explosionen an den Prozessmodulen, Ausrüstungen oder Druckbehältern (BLEVE), die an das Tanksystem angrenzen, zu berücksichtigen. Für die Beurteilung von Explosionen im Tanksystem muss ein zeitlicher Verlauf des Explosionsüberdrucks angegeben werden.

#### **7.3.3.5 Projektilenwirkung**

Wurde die Aufprallbelastung durch Projektile bei der Risikobeurteilung ermittelt, muss sie vom Besteller angegeben werden.

#### **7.3.4 Kombinationen von Einwirkungen**

Die oben aufgeführten gewöhnlichen Einwirkungen müssen nach EN 1990 so miteinander kombiniert werden, dass alle bei Bau, Prüfung, Kaltfahren, bestimmungsgemäßem Betrieb und Warmfahren der Tanksysteme 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 das Tanksystem entsprechend aufgestellt werden muss.

### **9 Kennzeichnung und Dokumentation**

#### **9.1 Typenschilder**

Jedes einwandige Tanksystem, einwandige Tanksystem mit Auffangtasche, doppelwandige Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle oder Membrantanksystem muss durch ein korrosionsbeständiges Typenschild gekennzeichnet sein, wie in Bild 6 und Bild 7 dargestellt.

Alle Typenschilder müssen von der Außenseite des Tanksystems aus deutlich sichtbar sein und an der Außenfläche des Bauteils vom Tanksystem an einer zugänglichen Stelle angebracht werden.

# - Entwurf -

## E DIN EN 14620-1:2022-03 prEN 14620-1:2022 (D)

Besteht die Außenwand des Tanksystems aus Metall, muss ein Typenschild entweder durch direktes Anschweißen angebracht oder an die Achsplatte genietet werden, die aus dem gleichen Eisenwerkstoff wie die Außenwand oder aus einem korrosionsbeständigen Eisenwerkstoff besteht und an die Außenwand geschweißt ist.

Bei einer Außenwand aus Beton muss das Typenschild an der in den Beton eingelassenen Achsplatte aus korrosionsbeständigem Eisenwerkstoff angebracht werden.

Das Typenschild muss die nachstehend beschriebenen Angaben enthalten. Auf Wunsch des Bestellers oder nach Wahl des Auftragnehmers des Tanksystems dürfen zusätzliche sachdienliche Angaben auf dem Typenschild angegeben werden.

A – Ausgabe (Jahr) der EN 14620-1

B – Lagerkonzept (einwandiges Tanksystem, einwandiges Tanksystem mit Auffangtasse, doppelwandiges Tanksystem mit vollständiger Sicherheitshülle)

C – Jahr der Inbetriebnahme des Tanksystems

D – vom Besteller zugewiesene Bezeichnung des Tanksystems

E – Auftragnehmer

F – Netto-(Nutz-)Inhalt (m<sup>3</sup>)

H – Lagergut

G – Auslegungsdichte der Flüssigkeit (kg/m<sup>3</sup>)

I – Auslegungs- und Baunorm für den Primärbehälter (Schrägstrich „/“ verwenden, wenn mehrere Normen gelten [z. B. prEN 14620-6/EN 14620-2])

J – Ausgabe (Jahr) der Auslegungs- und Baunorm für den Primärbehälter (Schrägstrich für das Jahr der Ausgabe jeder beteiligten Norm verwenden)

K – Nenndurchmesser des zylindrischen Mantels (m)

L – Nominale Wandhöhe (m)

M – Auslegungstemperaturen (Minimum/Maximum) (°C/°C)

N – Materialbezeichnung

O – Auslegungsdruck (Minimum/Maximum) (kPa/kPa) für den Primärbehälter (bei oben offenem Tank „N/A“ angeben)

P – Auslegungsfüllstand (m) („N/A“ angeben, wenn bei einem bestimmten Behältertyp nicht zutreffend)

Q – Pneumatischer Prüfdruck (kPa) (bei oben offenem Tank „N/A“ angeben)

R – Füllstand bei Hydroprüfung (m) („N/A“ angeben, wenn bei einem bestimmten Behältertyp nicht zutreffend)

S – Behältertyp, d. h. „Sekundärbehälter“, Warmdampfbehälter“ oder „Spülgasbehälter“. Der nachstehende Abschnitt gilt nicht für einwandige Tanksysteme.

T – Auslegungs- und Baunorm für den „S“-Behältertyp (Schrägstrich „/“ verwenden, wenn mehrere Normen gelten [z. B. prEN 14620-6/EN 14620-2])

U – Ausgabe (Jahr) für den „S“-Behältertyp (Schrägstrich für das Jahr der Ausgabe jeder beteiligten Norm verwenden)

V – Typ des Membrantanksystems

W – Auslegungs- und Baunorm für Membranen

X – Ausgabe (Jahr) der Norm für die Auslegung und den Bau von Membranen

Y – Auslegungs- und Baunorm für den Außenbehälter des Membrantanks

Z – Ausgabe (Jahr) der Norm für die Auslegung und den Bau des Außenbehälters des Membrantanks

Norm für Tanksystem	EN 14620, Teil 1	Lagerkonzept	___ B ___
Ausgabe (oder Jahr)	___ A ___	Jahr der Fertigstellung	___ C ___
Besteller-Tank-Nr.	___ D ___	Auftragnehmer	___ E ___
Netto-(Nutz-)Inhalt	___ F ___	Auslegungsdichte der Flüssigkeit	___ G ___
Lagergut	___ H ___		
<b>PRIMÄRBEHÄLTER</b>			
Auslegungs- und Baunorm	___ I ___	Ausgabe (oder Jahr)	___ J ___
Nenndurchmesser	___ K ___	Wandhöhe	___ L ___
Auslegungstemperatur (min./max.)	___ M ___	Material	___ N ___
Auslegungsdruck (min./max.)	___ O ___	Auslegungsfüllstand	___ P ___
Pneumatischer Prüfdruck	___ Q ___	Füllstand bei Hydroprüfung	___ R ___
___ S ___ <b>BEHÄLTER</b>			
Auslegungs- und Baunorm	___ T ___	Ausgabe (oder Jahr)	___ J ___
Nenndurchmesser	___ K ___	Wandhöhe	___ L ___
Auslegungstemperatur (min./max.)	___ M ___	Material	___ N ___
Auslegungsdruck (min./max.)	___ O ___	Auslegungsfüllstand	___ P ___
Pneumatischer Prüfdruck	___ Q ___	Füllstand bei Hydroprüfung	___ R ___

**Bild 6 — Typenschild für Nicht-Membrantanksystem**

# - Entwurf -

**E DIN EN 14620-1:2022-03**  
**prEN 14620-1:2022 (D)**

Norm für Tanksystem	EN 14620, Teil 1	Lagerkonzept	Membrantanksystem Typ ____ V ____
Ausgabe (oder Jahr)	____ A ____	Jahr der Fertigstellung	____ C ____
Besteller-Tank-Nr.	____ D ____	Auftragnehmer	____ E ____
Netto-(Nutz-)Inhalt	____ F ____	Auslegungsdichte der Flüssigkeit	____ G ____
Lagergut	____ H ____	Auslegungsfüllstand	____ P ____
<b>MEMBRAN</b>			
Auslegungs- und Baunorm	____ W ____	Ausgabe (oder Jahr)	____ X ____
Nenndurchmesser	____ K ____	Höhe der Wandmembran	____ L ____
Auslegungstemperatur (min./max.)	____ M ____	Membranmaterial	____ N ____
Auslegungsdruck (min./max.)	____ O ____	Füllstand bei Hydroprüfung	____ R ____
Pneumatischer Prüfdruck	____ Q ____		
<b>MEMBRANTANK-AUSSENBEHÄLTER</b>			
Auslegungs- und Baunorm	____ Y ____	Ausgabe (oder Jahr)	____ Z ____
Nenndurchmesser	____ K ____	Wandhöhe	____ L ____
Auslegungstemperatur (min./max.)	____ M ____	Material	____ N ____
Auslegungsdruck (min./max.)	____ O ____	Füllstand bei Hydroprüfung	____ R ____
Pneumatischer Prüfdruck	____ Q ____		

**Bild 7 – Typenschild für Membrantanksystem**

## 9.2 Zertifizierung

Nach Abschluss aller Prüfungen und Inspektionen an jedem Tanksystem muss der Auftragnehmer des Tanksystems dem Besteller mitteilen, dass das Tanksystem in Übereinstimmung mit den geltenden Anforderungen dieses Dokuments gebaut wurde.

**ANMERKUNG** Dies kann z. B. schriftlich erfolgen. Der Besteller darf eine dritte Partei, die Erfahrung mit der Inspektion von Tanksystemen hat, als Prüfer des Bestellers einsetzen. Wenn eine solche dritte Partei beteiligt ist, wäre es eine gute Praxis, dass der Prüfer des Bestellers das Zertifizierungsschreiben an den Besteller mitunterzeichnet.

## 9.3 Übergabedokumentation

Der Umfang der Übergabedokumentation muss in der vertraglichen Vereinbarung zwischen dem Besteller und dem Auftragnehmer festgelegt werden.

## 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.

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 <sup>3</sup>	Dichte des Gases am Siedepunkt kg/m <sup>3</sup> 10 <sup>-2</sup>	Von 1 m <sup>3</sup> Flüssigkeit freigesetztes Gas (bei 15 °C und 1 bar) m <sup>3</sup>
n-Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58 123	-0,5	385	601	270	239
iso-Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58 123	-11,7	366	593	282	236
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	17 030	-33,3	1 367	682	905	910
Butadien	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54 091	-4,5	417	650	255	279
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44 096	-42,0	425	582	242	311
Propylen	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42 080	-47,7	437	613	236	388
Ethan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30 069	-88,6	487	546	205	432
Ethylen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28 054	-103,7	482	567	208	482
Methan	CH <sub>4</sub>	16 043	-161,5	509	422	181	630
Stickstoff	N <sub>2</sub>	28 013	-195,8	198	804	463	678
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	31 999	-183,0	213	1 141	448	843
Argon	Ar	39 948	-185,9	162	1 392	577	823

Der Besteller sollte die Eigenschaften und die tatsächliche chemische Zusammensetzung des zu speichernden Gases festlegen.

## **Anhang B (normativ)**

### **Angaben zur Auslegung**

#### **B.1 Angaben des Bestellers**

Der Besteller muss folgende Auslegungsdaten festlegen:

- Umfang der Arbeiten;
- Art des Tanksystems;
- Auslegungs- und Einstelldrücke;
- Befüll- und Entleerungsraten;
- außergewöhnliche Einwirkungen (z. B. verschüttetes Lagergut, Projektilaufprall, Brände und Explosionen);
- Auslegung der Lebensdauer;
- Standort des Tanksystems mit Lageplan;
- Nutzinhalt des Tanksystems;
- Umgebungsdaten (einschließlich Umgebungstemperatur, niedrigster/höchster Temperatur);
- Prozess-Flussdiagramme (PFD), Diagramme für den Prozess und die Geräteausstattung (P und ID);
- Auslegungswandtemperatur des Primärbehälters oder der Membran;
- 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);
- Anforderungen an Rohrleitungen und an die Geräteausstattung;
- standortspezifische geotechnische Daten;
- standortspezifische Beurteilung der seismischen Gefährdung;
- Dämmungskonzept;
- Überflutungspotenzial des Standorts;

- maximale Anzahl von Abkühl-/Aufwärmzyklen.

ANMERKUNG Hinsichtlich der Verantwortlichkeiten der Auftragnehmer können weitere Daten gefordert werden.

## **B.2 Angaben des Auftragnehmers des Tanksystems**

Der Auftragnehmer des Tanksystems muss dem Besteller folgende Angaben zur Verfügung stellen:

- maximale Flüssigkeitskapazität des Tanksystems;
- Innendurchmesser und Höhe des Primärbehälters oder der Membran bei Umgebungstemperatur;
- Durchmesser und Höhe des Sekundärbehälters/Warmdampfbehälters/Spülgasbehälters oder des Außenbehälters des Membrantanks;
- Auslegungsfüllstand;
- maximaler und minimaler Betriebszustand; und
- Alarm bei einem hohen und niedrigen Füllstand.

## **B.3 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 Membrantanksystemen oder doppelwandigen Tanksystemen mit Doppeldach);
- Inbetriebnahmeverfahren; und
- vorhergesagte Setzungen der Tanksysteme und zukünftig auszuführende Inspektionen.

## Anhang C (normativ)

### Erdbebenberechnung

#### C.1 Allgemeines

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

Für die Bedingungen eines Sicherheitserdbebens gilt:

- bei einwandigen Tanksystemen, einwandigen Tanksystemen mit Auffangtasse und doppelwandigen Tanksystemen mit vollständiger Sicherheitshülle muss das Lagergut vom Primärbehälter aufgenommen werden;
- bei Membrantanksystemen muss die Flüssigkeit innerhalb der Membran-Flüssigkeitssperre aufgenommen werden;
- die berechnete Höhe der vertikalen Schwappbewegung darf den Freibord über dem maximalen Betriebszustand nicht überschreiten.

Nach einem SSE-Ereignis darf der Sekundärbehälter bei einwandigen Tanksystemen mit Auffangtasse und doppelwandigen Tanksystemen mit vollständiger Sicherheitshülle sowie der Membrantank-Außenbehälter bei Membrantanksystemen nicht seine Fähigkeit verlieren, die Flüssigkeit aufzunehmen, während er bis dem Produkt bis zur maximalen Überlaufhöhe ausgesetzt ist (siehe 7.3.3.1). Nach dem SSE-Ereignis muss das Tanksystem außer Betrieb genommen und geprüft werden.

Um nach dem SSE-Ereignis im Falle einer Undichtigkeit sicherzustellen, dass das austretende Flüssiggas aufgefangen wird, muss der Sekundärbehälter oder der Außenbehälter des Membrantanks eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) während des SSE-Ereignisses elastisch und unbeschädigt bleiben;
- b) wenn die Bedingung a) nicht erfüllt ist, müssen alle Beschädigungen und unelastischen Verformungen, die während der SSE auftreten, als Ausgangszustand des Sekundärbehälters oder des Außenbehälters des Membrantanks bei der Auslegung bezogen auf Undichtheit berücksichtigt werden.

#### C.2 Berechnung des Tanksystembauwerks

Für das dynamische Auslegungsverfahren muss auf EN 1998-4 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<sup>1</sup>, 4.3.3.3 und 4.3.3.4 festgelegt, anzuwenden.

#### C.3 Modellabbildung für Tanksystembauwerk und Lagergut

Wenn der Flüssigkeitsdruck direkt auf das Bauwerk des Tanksystems wirkt, muss die dynamische Berechnung des Tanksystembauwerks anhand von Berechnungsmodellen durchgeführt werden, die sowohl die Eigenfrequenz als auch die Schwingungsform des Tanksystembauwerks 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 Tanksystems errechnet werden.

Für die Material- und Strukturdämpfung der horizontalen und vertikalen seismischen Komponenten sind die folgenden Werte zu verwenden:

**Tabelle C.1 — Material- und Strukturdämpfung**

<b>Material</b>	<b>OBE</b>	<b>SSE</b>
Stahl	2 %	5 %
Stahlbeton	4 %	7 %
Spannbeton	2 %	5 %
Lagergut (impulsive Komponente)	2 %	5 %

Als Leitlinien für die Modellabbildung und die Berechnung sollten EN 1998-1:2004<sup>1</sup> und EN 1998-4 angewendet werden.

**ANMERKUNG** Es ist zulässig, die dynamische Antwort auf der Grundlage einer Summierung der Antwort von Systemen mit einem Freiheitsgrad zu berechnen, die eine einzelne Schwingungsform des Tanks und/oder der Flüssigkeit berücksichtigen. Alternativ ist es zulässig, das dynamische Verhalten unter Verwendung von Finite-Elemente-Modellen des Tanks und der Flüssigkeit, einschließlich der Flüssigkeit-Bauwerk-Wechselwirkung, zu berechnen. Für Modelle mit einem Freiheitsgrad und ihren Eigenschaften wird auf EN 1998-4 Bezug genommen. Die Antwort kann durch Anwendung von direkten Integrationsverfahren oder von Schwingungsform-Überlagerungsverfahren errechnet werden.

## **C.4 Antwort des Tanksystembauwerks**

### **C.4.1 Allgemeines**

Die Antwort des Tanksystembauwerks 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 oder der Membran, 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.
  - dynamischer Sog (Membran).

In den Teilen der Grundfläche des Tanksystems, 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 für Wartung und Ersatz 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 des Isolationssystems nicht eingeschränkt ist.

ANMERKUNG Eine Erdbebenisolation beeinflusst die dynamischen Eigenschaften der horizontalen und/oder vertikalen Schwingungsformen des Bauwerks des Tanksystems.

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

Der Verhaltensbeiwert  $q$  für seismisch isolierte Bauwerke muss gleich 1,0 sein.

Das seismische Isolationssystem muss so dimensioniert sein, dass es 120 % der maximalen OBE- und 105 % der maximalen SSE-Verschiebungen aufnehmen kann, die nach EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, Abschnitt 10 berechnet wurden.

Da das seismische Isolationssystem einen wesentlich größeren Einfluss auf die horizontale seismische Belastung des Bauwerks und die impulsive Komponente der Flüssigkeit hat, darf die Auswirkung der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung auf die horizontale seismische Last vernachlässigt werden.

Rohrleitungen und tragende Bauteile, die an seismisch isolierte Tanksysteme angeschlossen sind, müssen so ausgelegt sein, dass sie 120 % der maximal zu erwartenden Tankverschiebungen für den OBE-Zustand und 105 % der maximal zu erwartenden Verschiebungen für den SSE-Zustand aufnehmen können.

Tanksysteme mit Mantel- oder Bodendurchführungen ohne innere Ventile sind für seismisch isolierte Tankbauwerke nicht zulässig.

## C.5 Annahmekriterien und Grenzen

### C.5.1 Für Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE)

Es gelten folgende Kriterien und Grenzen:

- Für das Tanksystem muss ein ausreichender Freibord vorgesehen werden, um sowohl ein Auslaufen als auch jeden Kontakt mit dem Hängedeck durch Schwappbewegung zu verhindern. Für die Berechnung der Höhe der vertikalen Schwappbewegung in Tanks, siehe EN 1998-4.
- Eine horizontale Verschiebung des Tanksystems ist unzulässig. Der maximale Reibungskoeffizient für den Gleitwiderstand beträgt 0,38 auf der Grundlage von  $(\tan 30^\circ)$  geteilt durch einen Sicherheitsbeiwert gegen Gleiten von 1,5. Der Reibungskoeffizient muss die unter dem Tankboden liegenden Materialien berücksichtigen. Die Verankerung darf nicht als Gleitschutz verwendet werden.

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

Es gelten folgende Kriterien und Grenzen:

- für einen nicht verankerten Primärbehälter, Sekundärbehälter oder Membrantank-Außenbehälter aus Stahl beträgt die maximale Breite (in radialer Richtung gemessen) des Stahlbodens zur Ermittlung der Widerstandskraft, die für das Abheben berücksichtigt wird, 7 % des Behälterradius; und
- eine horizontale Verschiebung des Tanksystems ist unzulässig. Der maximale Reibungskoeffizient für den Gleitwiderstand darf  $\tan 30^\circ$  nicht überschreiten. Der Reibungskoeffizient muss die unter dem Tankboden liegenden Materialien berücksichtigen und muss anhand von Fachliteratur oder Prüfungen bestimmt werden. Verankerungen dürfen nicht als Gleitschutz verwendet werden.

### **C.5.3 Bemessung**

Das Tanksystem muss auf seine globale Standsicherheit und die anwendbaren Zug-, Druck- und Scherkräfte für OBE- sowie für SSE-Bedingungen geprüft werden. Die Annahmekriterien sind in den folgenden Teilen aufgeführt:

- metallische Bauteile: EN 14620-2;
- Bauteile aus Beton: EN 14620-3;
- Dämmung: EN 14620-4; und
- Nicht-Kohlenwasserstoffprodukte: prEN 14620-6 und EN 14620-7.

### **C.6 Vertikale Verankerungen**

Die Notwendigkeit für vertikale Verankerung der Tanksystemkonstruktion muss auf der Grundlage der Kippsicherheit des Tanksystems, der durch Innendruck hervorgerufenen Hebekräfte und der Grenzen für die Hebung der Ringplatte beurteilt 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 Tanksystem 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 das Tanksystem oder Teile des Tanksystems anheben und beschädigen (z. B. die Verbindung zum Boden des Tanksystems). Um dies zu verhindern, muss in der Gründung ein Heizsystem vorgesehen werden.

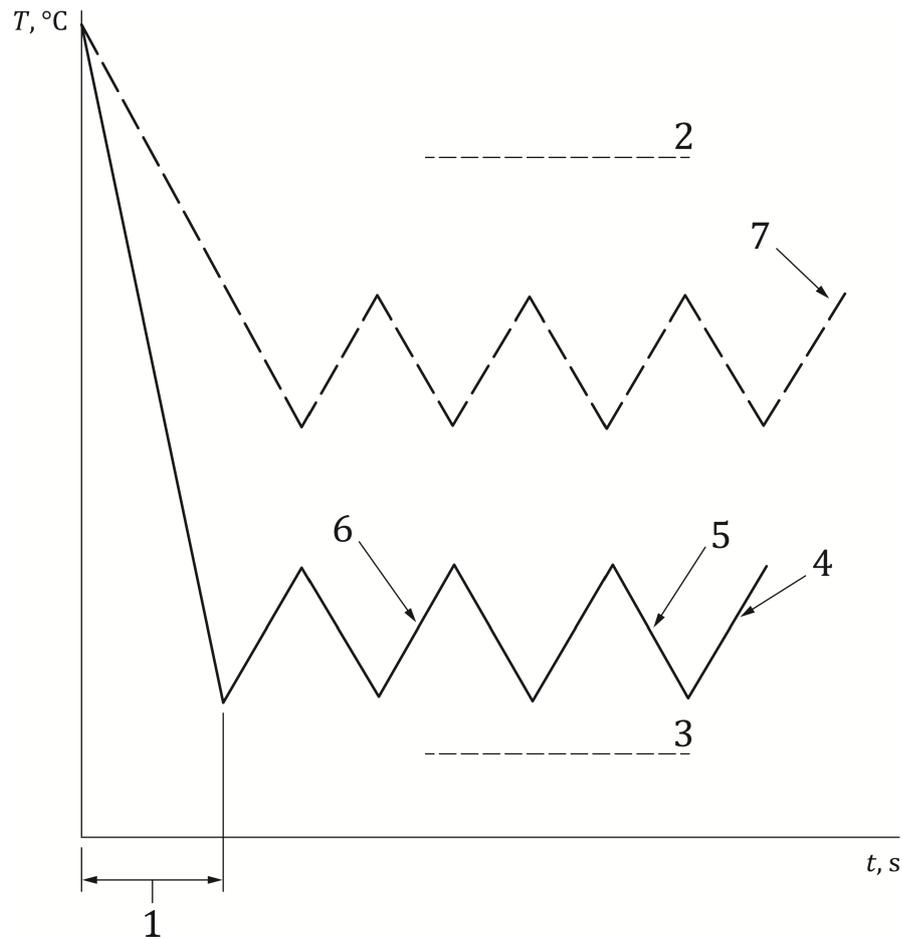
Falls ein Heizsystem mit selbstregulierender Ein-/Ausschaltung verwendet wird, sollte das Heizsystem durch einen automatischen Ein-/Ausrichter betätigt werden, und es sollte sichergestellt werden, dass im kältesten Bereich der Tanksystemgründung ein Temperaturbereich von +5 °C bis +10 °C eingehalten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

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

Die Temperatur des gesamten Heizsystems sollte überwacht werden. Üblicherweise liegt der Alarm-Einschaltzeitpunkt 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 Tanksystems 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                             | 5 Heizung aus         |
| 2 Alarm-Einschaltniveau (hohe Temperatur)     | 6 Heizung ein         |
| 3 Alarm-Einschaltniveau (niedrige Temperatur) | 7 weiterer Messfühler |
| 4 Messfühler der Überwachungseinrichtung      |                       |

**Bild D.1 — Typische Aufzeichnung der Heizzeiten**

## Anhang E (informativ)

### Empfehlungen für geotechnische Untersuchungen und Beurteilung der Erdbebengefährdung

#### E.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Empfehlungen für die geotechnischen und seismischen Untersuchungen und die Beurteilung der seismischen Gefährdung für Tanksysteme zur Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen. Er enthält auch Empfehlungen zum Inhalt des geotechnischen Berichts, den der für die Bodenuntersuchung verantwortliche Geotechniker dem Besteller bzw. dem Tankingenieur vorlegen sollte. (Es sollte auch auf EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds* verwiesen werden). Alle geotechnischen Untersuchungen und Prüfungen sollten in Übereinstimmung mit einem anerkannten Qualitätssicherungssystem durchgeführt werden.

**E.1.1** Die variable Beschaffenheit des Baugrunds stellt eines der größten Risiken für den Planer und Hersteller des Tanks dar. Aufgrund des sicherheitskritischen Charakters der meisten Tanks ist die Anforderung an die Gründung, den Tank unter allen Belastungsbedingungen sicher und langfristig zu stützen, höher als üblich. Die Qualität und Detailgenauigkeit der geotechnischen Untersuchung sollte einen hohen Standard aufweisen, um eine sichere Abstützung des Bauwerks sicherzustellen und eine Risikokontrolle zu ermöglichen.

**E.1.2** Die geotechnische Untersuchung sollte in mehreren Phasen durchgeführt werden, um die Bereitstellung von Informationen und deren Kosteneffizienz zu optimieren. Zu den Entwicklungsphasen gehören in der Regel:

- Machbarkeitsstudie;
- Pre-FEED;
- FEED;
- detaillierter Entwurf.

Der Bauherr sollte in jeder weiteren Phase immer mehr geotechnische und seismische Details zur Verfügung stellen, je nach Art der zu verwendenden Gründung, der Beschaffenheit des vorgefundenen Baugrunds und der erforderlichen Kostengenauigkeit.

Bei EPC-Projekten sollte der Bauherr den Umfang der geotechnischen und seismischen Informationen, die in der FEED-/detaillierte Entwurfsphase bereitgestellt werden, besonders berücksichtigen. Es ist oft kosteneffizienter und für den Gesamtfortschritt des Projekts von Vorteil, wenn der Bauherr dem EPC-Auftragnehmer/Planer in der FEED-/Angebotsphase hochwertige, detaillierte geotechnische und seismische Informationen (SSSHA) zur Verfügung stellt. Dies ermöglicht den frühestmöglichen Beginn mit der Detailplanung und dem anschließenden Bau der Gründungen, eine umfassende Risikobeurteilung, eine wirtschaftliche Planung und eine Minimierung des Bauzeitplans. Detaillierte geotechnische und seismische Untersuchungen sind in der Regel langwierige Aufgaben, die, wenn sie erst zu Beginn der Bauphase durchgeführt werden, zu längeren Zeitplänen führen können.

#### E.2 Zweck der Untersuchung

Der Zweck der geotechnischen Untersuchung ist wie folgt:

- Bereitstellung wesentlicher Informationen und Kenntnisse über die unterirdischen Verhältnisse unter dem geplanten Tanksystem.

- Dem Tankingenieur die für die Planung der Gründung des Tanksystems erforderlichen Informationen in ausreichender Ausführlichkeit und rechtzeitig zur Verfügung zu stellen.
- Bereitstellung von baurelevanten Standortdaten für den Tankkonstrukteur. Dazu sollten Schreibtischstudien zur Ermittlung der Entwicklungsgeschichte des Standorts und seiner Umgebung, Einzelheiten zu früheren Gründungen oder Ausgrabungen, unterirdische Hohlräume und gegebenenfalls die Ermittlung von Bodenverunreinigungen gehören.
- Durchführung einer ausreichenden Anzahl von Bodenbohrungen bis zu einer solchen Tiefe, dass die vertikalen und horizontalen Variationen der Bodenschichtung in angemessener Weise bestimmt werden können.
- Beprobung und Klassifizierung der Bodenschichten.
- Feststellung des Vorhandenseins bzw. Nichtvorhandenseins von Gesteins- und Geröllaufschüttungen oder organischen Materialien.
- Ermittlung aller sonstigen Bedingungen, einschließlich der Topographie des Gebiets, die sich auf die Planung oder den Bau der Gründung auswirken könnten.
- Bereitstellung von Daten zur Bestimmung des zulässigen Nettotragdrucks des Bodens in verschiedenen Tiefen.
- Bereitstellung von Daten zur Bestimmung der Gesamtsetzung und der ungleichmäßigen Setzung, die unter der festgelegten Last kurz- und langfristig auftreten werden, einschließlich Hydrotest.
- Bestimmung der relativen Höhenlage an jeder Bohrstelle und Bezug dieser Höhenlagen auf einen permanenten Referenzpunkt, der im Bericht beschrieben werden sollte.
- Bereitstellung von Daten, die ausreichen, um das Potenzial des darunter liegenden Bodens für Verflüssigung/Lateralausbreitung unter seismischen Bedingungen, die potenziellen Auswirkungen von Verflüssigung/Lateralausbreitung und Empfehlungen zur Abschwächung der Auswirkungen zu beurteilen.
- Messung und Definition des Profils von P-Wellengeschwindigkeit, des Profils von S-Wellengeschwindigkeit und der dynamischen Bodeneigenschaften, die für die Analyse der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung erforderlich sind.
- Bereitstellung von Erdbebenkoeffizienten für die Auslegung des Tanks, Bodenklasse und Erdbebenklasse.
- Bereitstellung der Bodenschichten und -eigenschaften, die bei der Bestimmung der Setzungen berücksichtigt werden.
- Identifizierung des Vorhandenseins von Grundwasser und der Tiefe des Grundwasserspiegels, Überwachung des Grundwasserspiegels über einen bestimmten Zeitraum und Beurteilung der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers.

### **E.3 Mindestens empfohlene Bodenuntersuchung**

**E.3.1** Ein ausgebildeter Geotechniker, der mit den Informationen zur Gründungsplanung vertraut ist, sollte die Bodenbohrungen überwachen und angemessene Gelände- und Labordaten erstellen.

**E.3.2** Der Tankingenieur sollte dem Geotechniker vor Beginn der Bodenuntersuchung die folgenden Informationen zur Verfügung stellen:

- Tank- und Gründungskonfiguration;
- Flächenlasten auf der Grundfläche des Tanks;

## - Entwurf -

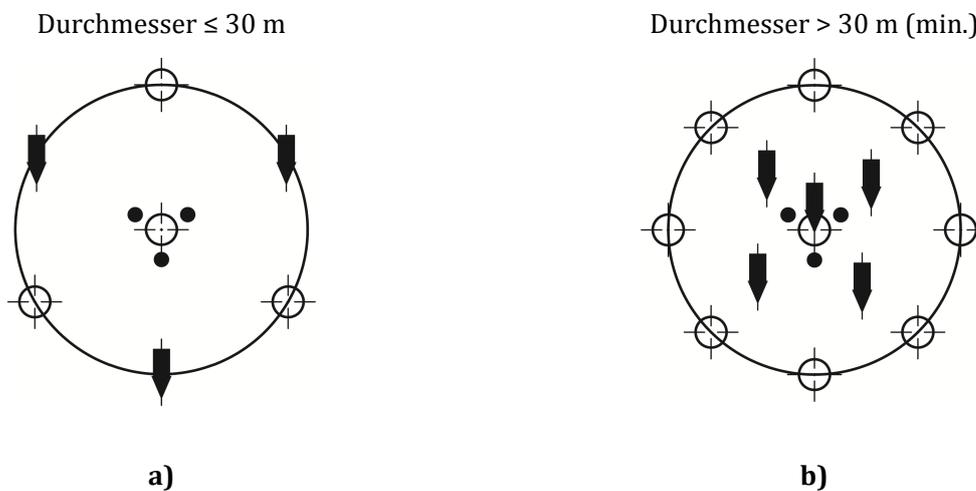
### E DIN EN 14620-1:2022-03 prEN 14620-1:2022 (D)

- Streckenlasten an der Tankwand (den Wänden) sowohl nach oben als auch nach unten; und
- zulässige Setzungen, falls diese restriktiver sind als in 7.1.9 dieser Norm zulässig.

**E.3.3** Im Folgenden werden Empfehlungen für ein Mindestprogramm von Bodenbohrungen gegeben.

Die folgende Mindestanzahl von Bohrungen wird empfohlen:

- eine Bohrung in der Mitte des Tanks;
- für Tanksysteme mit einem Durchmesser von 30 m oder weniger: drei gleichmäßig verteilte Bohrungen am Rand der Tankgrundfläche (Grundfläche der Außenwand bei Tanksystemen mit zwei Wänden);
- ein zusätzliches Bohrloch innerhalb der Grundfläche des Tanks für jede weiteren 900 m<sup>2</sup> der Tankfläche. Diese zusätzlichen Bohrungen sollten möglichst gleichmäßig verteilt sein;
- wenn CPT-Ausrüstung und Bodenverhältnisse zulassen, dass die CPT die gleiche Tiefe wie die Bohrungen erreichen, darf eine Kombination aus Bohrungen und CPT verwendet werden. Als Mindestanforderung sollte ein CPT mit einem Bohrloch gepaart werden, um das Bodenprofil zu korrelieren;
- wenn CPT-Ausrüstung und Bodenbedingungen nicht zulassen, dass die CPT die entsprechende Bohrlochtiefe erreichen, dürfen sie zur Gewinnung zusätzlicher Informationen verwendet werden. CPT sind besonders für die Beurteilung des Verflüssigungspotenzials von Böden geeignet;
- eine seismische Querbohrung sollte in der Nähe des zentralen Bohrlochs durchgeführt werden. Das Muster der Querbohrungen sollte vom Geotechniker ausgewählt werden.



#### Legende

- ⊗ Bohrung
- ▾ CPT
- seismische Querbohrung

**Bild E.1 — Empfohlene Anordnung von Bohrlöchern, CPT und Querbohrungen**

**ANMERKUNG** Siehe E.3.3 für empfohlene Anzahl. Die tatsächliche Lage und Anzahl der Bohrlöcher und/oder CPT müssen vom Geotechniker festgelegt werden.

## E.4 Prüfung

### Im Folgenden sind Empfehlungen für die Prüfung aufgeführt:

- a) Die Prüfung sollte bis zu der größeren Tiefe durchgeführt werden, die sich aus einer der folgenden Bedingungen ergibt:
  - Die Tiefe, bis zu der die Tanklasten die vertikale Spannung um nicht mehr als 10 % gegenüber der effektiven Überlagerungsspannung erhöhen werden.
  - Die Tiefe, in der nach Ermessen des Geotechnikers vertikale Lasten, die auf Schichten unterhalb der maximalen Bohrtiefe einwirken, weder ein lokales oder generelles Versagen der Gründung auslösen noch eine Quelle signifikanter Tanksetzungen sein können.
  - Sind solche detaillierten Informationen nicht verfügbar, sollte die Prüfung bis zu einer Tiefe durchgeführt werden, die mindestens dem 1,5fachen Tankdurchmesser bei Tanks  $\leq 30$  m und dem 1,0fachen Tankdurchmesser bei Tanks  $> 30$  m entspricht.
- b) Deuten die Bohrungen oder CPT-Informationen darauf hin, dass auf dem Tankgelände unterschiedliche Bodenbedingungen herrschen, kann es notwendig sein, zusätzliche Bohrungen oder CPT-Messungen durchzuführen, um die Ausdehnung der verschiedenen Bodentypen und die daraus resultierenden Setzungen zu bestimmen. Dies ist besonders wichtig, wenn die verschiedenen Bodentypen unter dem Tank unterschiedliche Kompressibilität aufweisen.
- c) Bei der Verwendung von CPT sollte mindestens eine mit einer Bohrung gepaart werden, um die Informationen über die Bodenschichten zu korrelieren. Werden mehrere CPT verwendet, sollte die Anzahl der gepaarten Bohrungen erhöht werden. CPT sollte bis zur Standfestigkeit gedrückt werden.
- d) Wenn eine Pfahlgründung vorgesehen ist, sollten die Prüfungen bis zu einer ausreichenden Tiefe unterhalb der Pfahlspitzen durchgeführt werden, um die Pfahlgruppenkapazität und -setzung bestimmen zu können. Sollten die CPT-Messungen nicht bis zu einer Tiefe vorgetrieben werden können, die für die Bestimmung der Tragfähigkeit und der Setzungen ausreicht, sollten Bohrungen durchgeführt werden.
- e) Wenn Fels vorgefunden wird, sollten mindestens 5-m-Felsbohrungen durchgeführt werden, es sei denn, der Geotechniker bestimmt etwas anderes. Ist bekannt, dass das Gestein porös ist, wird empfohlen, zusätzliche Bohrungen in Betracht zu ziehen. Die Bohrungen sollten mindestens fünf Meter tief in den Fels eindringen, um zu bestätigen, dass kompetentes Gestein erreicht wurde.
- f) Bohrproben sollten in Abständen von 1,0 m entnommen werden, bis eine Tiefe von 5 m unter der Oberfläche erreicht ist. Unterhalb dieser Tiefe sollten bei jedem Wechsel der Bodenschicht Proben entnommen werden, jedoch in einem Abstand von höchstens 2,5 m. Die Art der entnommenen Proben – gestört oder ungestört – sowie die Anzahl und Art der durchgeführten Laboruntersuchungen sollten der Art des vorgefundenen Bodens entsprechen. Es ist besonders wichtig, dass die Grenzen zwischen Auffüllung und natürlichem Boden sowie zwischen lockerem natürlichem Boden und dichterem Material definiert werden.
- g) An ausgewählten Proben jeder kompressiblen Tonschicht sollten Konsolidierungstests durchgeführt werden, um das Ausmaß und die Geschwindigkeit der zu erwartenden Setzungen zu bestimmen. Die Proben für die Konsolidierungstests sollten einen Durchmesser von mindestens 75 mm haben.
- h) Chemische Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um den pH-Wert, den Chloridanteil und den Sulfatanteil des vorhandenen Bodens auf dem Tankgelände zu bestimmen.
- i) Elektrische Widerstandsprüfungen sollten durchgeführt werden, um die korrosive Beschaffenheit des Bauwerks zu bestimmen und die Notwendigkeit von Korrosionsschutzmaßnahmen zu beurteilen.

Nachdem die Ergebnisse der ersten Bohrung oder der CPT-Tests vom Geotechniker überprüft wurden, kann es erforderlich sein, das zuvor empfohlene Programm zu ändern.

## **E.5 Bodendatenanalyse und geotechnischer Bericht**

Der Geotechniker sollte einen schriftlichen Bericht mit einer Analyse und Erörterung der Untergrundbedingungen vorlegen.

Der Bericht sollte alle Gelände- und Laboruntersuchungen zusammenfassen und eine Analyse und Diskussion der Untergrundbedingungen enthalten, wie sie sich aus der Untersuchung und den Kenntnissen des Geotechnikers über das Gebiet ergeben. Er sollte Bohrprotokolle und CPT-Ergebnisse (falls durchgeführt) enthalten, die alle Geländeinformationen sowie Laborbeschreibungen von Proben enthalten, wie sie vom Geotechniker bestimmt wurden, und sollte technische Informationen zu Lithologie, Stratigraphie, mineralogische Zusammensetzung und strukturelle Beziehungen von Gesteinen und Böden enthalten.

Zu den bereitzustellenden Baugrundeigenschaften sollten unter anderem folgende Angaben gehören:

- Reibungskoeffizient oder Adhäsionswerte zwischen Boden und Beton;
- Wichte des Bodens;
- Kohäsionswert;
- Winkel der inneren Reibung;
- dynamische Bodeneigenschaften;
- Gesteinsqualität;
- chemische Analyse von Boden und Wasser, pH-Wert;
- Chlorid- und Sulfatanteil (in ppm);
- Leitfähigkeit des Bodens;
- Lage des Grundwasserspiegels;
- Feuchtigkeitsgehalt des Bodens; und
- Bodenbeschreibungen und -abstufungen.

Es sollten Empfehlungen für eine flache Ringbalken- oder Platten Gründung mit oder ohne Bodenverbesserung sowie für eine Pfahlgründung gegeben werden.

Der Bericht sollte eine Empfehlung für den zulässigen Lagerdruck enthalten und die Tiefe(n) angeben, für die diese Empfehlung gilt. Der Geotechniker sollte den Sicherheitsfaktor für ein Tragfähigkeitsversagen sowie die Höhe der zu erwartenden Gesamtsetzung und der ungleichmäßigen Setzung angeben. Der Zeitraum, in dem die vorhergesagten Setzungen auftreten werden, sollte angegeben werden, wenn ausreichende Testinformationen verfügbar sind.

**ANMERKUNG** Der Nettodruck ist definiert als der Druck an der Basis der Gründung, der sich aus Eigengewicht und Verkehrslast und dem Gewicht der Gründung, das das Gewicht des verdrängten Bodens übersteigt.

Wenn eine Bodenverbesserung empfohlen wird, sollte der Geotechniker auf die geeignete Art der Bodenverbesserung eingehen, wie z. B. Rüttelstopfverdichtung, Rüttelstopfverdrängung, dynamische Verdichtung usw. Die Tragfähigkeits- und Setzungsdaten sollten für verbesserte sowie für nicht verbesserte Bodenverhältnisse vorgelegt werden.

Wenn eine Pfahlgründung empfohlen wird, sollte der Geotechniker die Pfahlkapazität (als Diagramm für Druck/Auftrieb in Abhängigkeit von Pfahltiefe, seitliche Pfahlbelastung in Abhängigkeit von der Pfahlkopf-

durchbiegung für freie und feste Pfahlkopfbedingungen, maximales Pfahlbiegemoment in Abhängigkeit von der seitlichen Pfahlbelastung für freie und feste Pfahlkopfbedingungen), die Pfahltypen und die geschätzte Länge empfehlen. Signifikante Standortbedingungen, wie z. B. negative Mantelreibung/Durchbiegung des Pfahls, sollten erörtert werden. Eventuell erforderliche spezielle Einbautechniken wie Vorbohren oder Spülen sollten erwähnt werden. Das für die Pfahlkapazität verwendete allgemeine Bodenprofil sollte angegeben werden. Die örtliche Verfügbarkeit von Pfahlgröße und Pfahltyp sollte berücksichtigt werden.

## **E.6 Standortspezifische Untersuchung der Erdbebengefährdung**

Die seismische Auslegung der geplanten Anlage sollte den Anforderungen dieser Norm entsprechen. Der Bericht über die standortspezifische seismische Untersuchung sollte mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) Durchführung einer geophysikalischen Spektralanalyse der Oberflächenwellen (SASW) zur Messung der Profile von P- und S-Wellengeschwindigkeit. Es sind mindestens zwei Profile über die Grundfläche des Tanks erforderlich.
- b) Der Bericht sollte Spektren der horizontalen Bodenbeschleunigung für das Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE) und das Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE) enthalten. Die Bodenantwortspektren, in Form von Beschleunigung in Abhängigkeit der Periode, sollten für den Strukturdämpfungswert von 5 % der kritischen Dämpfung erstellt werden. Die Spektren sollten über einen Bereich von 0,1 s bis zum 1,1-fachen der konvektiven Periode der Flüssigkeit, die nach EN 1998-4:2006, Anhang A bestimmt wird, bereitgestellt werden. Wenn die konvektive Periode der Flüssigkeit nicht verfügbar ist, sollten die Spektren auf 12 s verlängert werden. Der für  $T_b$  (untere Grenze der Periode des konstanten Spektralbeschleunigungszweigs),  $T_c$  (obere Grenze der Periode des konstanten Spektralbeschleunigungszweigs) und den Wert von  $T_D$  (Übergang zwischen konstanter Geschwindigkeit und konstanter Verschiebung) verwendete Wert sollte notiert werden.
- c) Der Bericht sollte die Methoden oder Gleichungen ansprechen, mit denen die bereitgestellten Bodenantwortspektren für andere Werte der kritischen Dämpfung angepasst werden sollten.
- d) Der Bericht sollte vertikale Antwortspektren der Bodenbeschleunigung enthalten, die gleichzeitig mit horizontalen OBE- und SSE-Erdbeben wirken.
- e) Die horizontalen und vertikalen Spektren sollten in tabellarischer und graphischer Form bereitgestellt werden.
- f) Die Parameter für die Boden-Bauwerk-Wechselwirkung sollten für nicht verbesserte Standortbedingungen unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Bodenverbesserung sowie für Änderungen der Standortebenen entwickelt werden. Die bereitgestellten Informationen sollten die Bestimmung der Bodeneigenschaften einschließlich Dehnungsniveaus, effektive Scherwellengeschwindigkeiten, Bodendämpfungsgrade, Bodendichten und Poissonzahl für die verschiedenen Bodenschichten, die für die OBE- und SSE-Bedingungen vorgefunden werden, enthalten. Die empfohlenen Bemessungswerte für die Dämpfungsgrade für den impulsiven Grundmodus sollten angegeben werden.
- g) Eine Beurteilung des Potenzials für Verflüssigung und seitliche Ausbreitung für die OBE- und SSE-Bedingungen sollte ebenfalls vorgelegt werden. Die Auswirkungen von Bodenverbesserungen auf das Verflüssigungspotenzial sollten erörtert werden.

Künstliche Beschleunigungsdiagramme, die den OBE- und SSE-Auslegungsspektren entsprechen, sollten erstellt werden, wenn dies vom Besteller oder Tankingenieur gefordert wird. Der Besteller oder der Tankingenieur sollte die erforderliche Anzahl von Beschleunigungsspektren angeben. Mindestens drei Bodenbewegungen, die für die Standortbedingungen repräsentativ sind und den Auslegungsspektren entsprechen, sollten bereitgestellt werden, wenn der Tank voraussichtlich seismisch isoliert sein wird.

## **Literaturhinweise**

- [1] EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*
- [2] EN 1473, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Auslegung von landseitigen Anlagen*
- [3] EN 13445-1:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 1: Allgemeines*
- [4] EN 13445-2:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*
- [5] EN 13445-3:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*
- [6] EN 13445-4:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung*
- [7] EN 13445-5:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*
- [8] EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*
- [9] EN 1992 (alle Teile), *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- [10] EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- [11] EN 1994 (alle Teile), *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- [12] EN 1995 (alle Teile), *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- [13] EN 1996 (alle Teile), *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- [14] EN 1997 (alle Teile), *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- [15] EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- [16] EN 1999 (alle Teile), *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- [17] EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen (ISO 9001)*

- Entwurf -

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

**DRAFT**  
**prEN 14620-1**

February 2022

ICS 23.020.10

Will supersede EN 14620-1:2006

English Version

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,  
flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated,  
liquefied gases with operating temperatures between 0 °C  
and -196 °C - Part 1: General

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

This draft European Standard is submitted to CEN members for enquiry. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 265.

If this draft becomes a European Standard, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

This draft European Standard was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

**Warning** : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



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

**CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels**

© 2022 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved  
worldwide for CEN national Members.

Ref. No. prEN 14620-1:2022 E

<b>Contents</b>	<b>Page</b>
<b>European foreword</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Scope</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Normative references</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Terms and definitions</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Concept selection</b> .....	<b>13</b>
<b>5 Quality assurance and quality control</b> .....	<b>24</b>
<b>6 Health, safety and environment plan</b> .....	<b>24</b>
<b>7 General design considerations</b> .....	<b>25</b>
<b>8 Inspection and maintenance</b> .....	<b>40</b>
<b>9 Marking and documentation</b> .....	<b>40</b>
<b>Annex A (informative) Physical properties of gases</b> .....	<b>44</b>
<b>Annex B (normative) Design information</b> .....	<b>45</b>
<b>B.1 Information to be specified by the purchaser</b> .....	<b>45</b>
<b>B.2 Information to be provided by tank system contractor</b> .....	<b>46</b>
<b>B.3 Information to be agreed between the purchaser and the contractor</b> .....	<b>46</b>
<b>Annex C (normative) Seismic analysis</b> .....	<b>47</b>
<b>C.1 General</b> .....	<b>47</b>
<b>C.2 Analysis of the tank system structure</b> .....	<b>47</b>
<b>C.3 Modelling of the tank system structure and fluid</b> .....	<b>47</b>
<b>C.4 Response of the tank system structure</b> .....	<b>48</b>
<b>C.5 Acceptance criteria and limits</b> .....	<b>49</b>
<b>C.6 Vertical anchors</b> .....	<b>50</b>
<b>Annex D (informative) Tank heating system</b> .....	<b>51</b>
<b>Annex E (informative) Recommendations for geotechnical investigations and seismic hazard evaluation</b> .....	<b>53</b>
<b>E.1 General</b> .....	<b>53</b>
<b>E.2 Purpose of the investigation</b> .....	<b>53</b>
<b>E.3 Suggested minimum soil investigation</b> .....	<b>54</b>
<b>E.4 Testing</b> .....	<b>56</b>
<b>E.5 Soil data analysis and geotechnical report</b> .....	<b>57</b>
<b>E.6 Site-specific seismicity hazard investigation</b> .....	<b>58</b>
<b>Bibliography</b> .....	<b>60</b>

## European foreword

This document (prEN 14620-1:2022) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 265 “Metallic tanks for the storage of liquids”, the secretariat of which is held by BSI.

This document is currently submitted to the CEN Enquiry.

This document will supersede EN 14620-1:2006.

In comparison with the previous edition, the following technical modifications have been made:

- general editorial update;
- standard boundaries are defined in the scope statement and applicability extended to  $-196^{\circ}\text{C}$ ;
- terms and definitions adjusted;
- normative references updated;
- description of various tank system concepts updated;
- risk assessment requirements improved;
- liquid levels and capacities clarified;
- foundation requirements updated and allowable foundation settlement requirements added;
- secondary containment design requirements clarified;
- earthquake requirements clarified;
- new chapter on marking and documentation added;
- new informative annex with recommendation for geotechnical investigation and seismic hazard evaluation added.

EN 14620, *Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between  $0^{\circ}\text{C}$  and  $-196^{\circ}\text{C}$* , consists of the following parts:

- Part 1: General;
- Part 2: Metallic components;
- Part 3: Concrete components;
- Part 4: Insulation components;
- Part 5: Testing, drying, purging and cool-down;

- Part 6: Specific requirements for the design and construction of tank systems for the storage of liquefied oxygen (LOX), liquefied nitrogen (LIN) and liquefied argon (LAR); and
- Part 7: Specific requirements for the design and construction of tank systems for the storage of liquefied anhydrous ammonia.

## 1 Scope

This document is a specification for vertical, cylindrical tank systems, built on site, above ground and of which either the primary liquid container or the liquid tight barrier is made of steel. The secondary liquid container, if applicable, can be of steel or of concrete or a combination of both. A primary liquid container made of pre-stressed concrete is excluded from the scope of this document.

This document specifies principles and application rules for the structural design of the “containment” during construction, testing, commissioning, operation (accidental included), and decommissioning. It does not address the requirements for ancillary equipment such as pumps, pumpwells, valves, piping, instrumentation, staircases etc. unless they can affect the structural design of the tank systems. This document also does not address tank system operating procedures.

This document applies to all components located within, attached to and providing access to the tank system. It defines minimum performance requirements for the tank system, tank system foundation and protection systems. From a process piping standpoint, the scope of this document is limited to the following boundaries:

- a) the face of the first flange outside of the tank in bolted flanged connection;
- b) the first threaded joint outside of the tank in threaded connection;
- c) the first circumferential pipe welded joint outside of the tank in welding-end pipe connection, which does not have a flange.

This document applies to storage tank systems designed to store products, having an atmospheric boiling point below ambient temperature, in a dual phase, i.e. liquid and vapour. The equilibrium between liquid and vapour phases being maintained by cooling down the product to a temperature equal to, or just below, its atmospheric boiling point in combination with a slight overpressure in the storage tank system.

The maximum design pressure of the tank systems covered by this document is limited to 500 mbar. For higher pressures, reference can be made to EN 13445, Parts 1 to 5.

The operating range of the gases to be stored is between 0 °C and –196°C.

The tank systems covered by this document are used to store large volumes of hydrocarbon products, ammonia and other non-hydrocarbon gases with low temperature boiling points, generally called “Refrigerated Liquefied Gases” (RLGs). Typical products stored in the tank systems are: methane, ethane, propane, butane, ethylene, propylene, butadiene (this range includes the Liquefied Natural Gas (LNG’s) and Liquefied Petroleum Gas (LPG’s)), ammonia, nitrogen, oxygen and argon.

NOTE Properties of the gases are given in Annex A.

The requirements of this document cannot cover all details of design and construction because of the variety of sizes and configurations that may be employed. Where complete requirements for a specific design are not provided, the intention is for the designer, subject to approval of the purchaser's authorized representative, to provide design and details that are as safe as those laid out in this document.

This document specifies general requirements for the tank system concept, selection and general design considerations.

The requirements specific for liquid nitrogen, liquid oxygen and liquid argon are covered in prEN 14620-6 and requirements specific to anhydrous ammonia are covered in EN 14620-7. In case of conflict between requirements of this Part and requirements on the same subject listed in prEN 14620-6 and EN 14620-7, the requirements set forth in prEN 14620-6 and EN 14620-7 take precedence.

## 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

EN 1473:2021, *Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations*

EN 1990, *Eurocode - Basis of structural design*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions*

EN 1991-1-6, *Eurocode 1 - Actions on structures Part 1-6: General actions - Actions during execution*

EN 1997-1, *Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*

EN 1998-1:2004,<sup>1</sup> *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance — Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*

EN 1998-4:2006, *Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines*

EN 1998-5, *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects*

EN ISO 28300, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Venting of atmospheric and low-pressure storage tanks (ISO 28300)*

EN 14620-2, *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 2: Metallic components*

EN 14620-3, *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 3: Concrete components*

EN 14620-4, *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 4: Insulation components*

EN 14620-5, *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 5: Testing, drying, purging and cool-down*

prEN 14620-6, *Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and -196 °C — Part 6: Specific requirements for the design and construction of tank systems for the storage of liquefied oxygen (LOX), liquefied nitrogen (LIN) and liquefied argon (LAR)*

---

<sup>1</sup> As impacted by EN 1998 1:2004/A1:2013.

EN 14620-7, *Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed tank systems for the storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between 0 °C and –196 °C — Part 7: Specific requirements for the design and construction of tank systems for the storage of liquefied anhydrous ammonia*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

#### 3.1

##### **action**

- a) set of forces (loads) applied to the structure (direct action)
- b) set of imposed deformation or accelerations caused for example, by temperature changes, moisture variation, uneven settlement or earthquakes (indirect action)

#### 3.2

##### **annular space**

space between the primary liquid container and the outer tank

#### 3.3

##### **base slab**

continuous concrete base supporting the tank system (either on the ground or elevated)

#### 3.4

##### **boil-off**

process of vaporization of refrigerated liquid by heat conducted through the insulation surrounding the storage tank system

#### 3.5

##### **bund wall**

low construction of earth or concrete surrounding the storage tank system at a considerable distance to contain spilled liquid

#### 3.6

##### **polymeric vapour barrier**

reinforced or un-reinforced polymeric layer applied to the concrete to function as a product vapour barrier

#### 3.7

##### **contractor**

company contracted to supply a tank system or services as defined by the purchaser

#### 3.8

##### **design pressure**

maximum permissible pressure

### 3.9

#### **design negative pressure**

maximum permissible negative pressure (vacuum)

### 3.10

#### **design metal temperature**

minimum temperature for which the metal component is designed

Note 1 to entry: The minimum design temperature (in the case of the primary container) or a higher calculated temperature.

### 3.11

#### **design working life**

assumed period for which a structure or part of it is to be used for its intended purpose with anticipated maintenance

### 3.12

#### **double containment tank system**

liquid and vapour tight primary container, which itself is a single containment tank system, built inside a liquid tight secondary container

Note 1 to entry: See 4.1.3.

### 3.13

#### **foundation**

elements of the construction that comprise the base slab, ring-wall or pile system required to support the tank system and contents

### 3.14

#### **freeboard**

margin on tank system wall height to prevent the overflow, to allow for tilting settlements and to accommodate seismic sloshing wave

### 3.15

#### **full containment tank system**

primary liquid container and a secondary liquid container, which together form an integrated storage tank system

Note 1 to entry: See 4.1.4.

Note 2 to entry: The secondary container contains the vapour in normal operation and ensures controlled venting in the case of a primary container leakage.

### 3.16

#### **hazard**

event having the potential to cause harm, including ill health and injury, damage to property, products or the environment, production losses or increased liabilities

### 3.17

#### **insulation system**

component of the tank system consisting of a complete package of insulation material and, when applicable, components for the insulation material fixing and protection to limit heat in-leak in the tank system and maintain RLG in the liquefied state at pressure close to atmospheric

### 3.18

#### **insulation space**

volume containing insulation material in the tank system annular space, and between the tank system bottoms or roofs

### 3.19

#### **liner**

metallic plate installed against the inside of the concrete outer tank, impervious to product vapour and water vapour

### 3.20

#### **liquid barrier**

parts of the tank system which prevents direct contact of refrigerated liquefied gas (RLG) with other components of the system but does not have structural capabilities to independently carry liquid load

### 3.21

#### **load bearing insulation**

thermal insulation with special properties capable of transferring loads to the appropriate load bearing structures

### 3.22

#### **lodmat**

lowest one-day average ambient temperature

Note 1 to entry: The average temperature is half the sum of the maximum and minimum temperature.

### 3.23

#### **maximum design liquid level**

maximum liquid level maintained during operation of the tank system used for the static shell thickness determination

### 3.24

#### **maximum liquid capacity (gross capacity)**

volume between the design liquid level and the tank bottom

### 3.25

#### **maximum normal operating level**

maximum liquid level maintained during normal operation of the tank system, typically the level at which the first high level alarm is set

### 3.26

#### **membrane**

part of a membrane containment tank system that, during normal operation, forms a liquid and vapour tight barrier

### 3.27

#### **membrane containment tank system**

metallic liquid barrier (membrane) together with load bearing thermal insulation and a self-supporting membrane tank outer container jointly forming an integrated, composite system

Note 1 to entry: See 4.1.5.

### 3.28

#### **membrane tank outer container**

the part of a membrane containment tank system that carries liquid and pressure loads during normal operation and may contain liquid in the event of liquid leakage from the membrane

### 3.29

#### **minimum design temperature**

assumed temperature of the product, specified by the purchaser, for which the tank system is designed

Note 1 to entry: This temperature can be lower than the actual product temperature.

### 3.30

#### **minimum normal operating level**

minimum liquid level maintained during normal operation of the tank system to meet the requirements specified by the purchaser

### 3.31

#### **moisture barrier**

layer to prevent entry of water vapour and other atmospheric gases into the insulation or into the outer tank

### 3.32

#### **net capacity**

#### **working capacity**

liquid volume between the maximum and the minimum normal operating levels

### 3.33

#### **Operating Basis Earthquake**

#### **OBE**

maximum earthquake event for which no damage is sustained and restart and safe operation can continue

### 3.34

#### **outer tank**

self-supporting cylindrical secondary liquid container, purge gas container or warm vapour container made of steel or concrete

### 3.35

#### **pressure relief valve**

valve designed to open and relieve excess pressure and to reclose and prevent the further flow of fluid out after normal conditions have been restored

### 3.36

#### **purge gas container**

parts of a tank system that contain only purge gas and are not expected to function after exposure to product temperature

### 3.37

#### **purchaser**

company who gives an order to the contractor for the supply a tank system or services

**3.38**

**primary liquid container**

part of a single, double, full containment tank systems that contains the liquid during normal operation

**3.39**

**ringbeam**

circular support under the shell of the tank

**3.40**

**risk**

measure of the combination (usually the product) of the probability or frequency of occurrence of a defined hazard and the magnitude of the consequences of the occurrence

**3.41**

**rollover**

uncontrolled mass movement of stored liquid, correcting an unstable state of stratified liquids of different densities and resulting in a significant evolution of product vapour

**3.42**

**roof**

structure on top of a shell or wall containing the vapour pressure and sealing off the contents from the atmosphere

**3.43**

**Safe Shutdown Earthquake**

**SSE**

maximum earthquake event for which the essential fail-safe functions and mechanisms are designed to be preserved

Note 1 to entry: Permanent damage can be accepted, but without the loss of liquid and vapour containment. The tank system would not remain in operation without a detailed examination and structural assessment.

**3.44**

**secondary liquid container**

part a single, double and full containment tank systems that contains the liquid in the event of leakage from the primary liquid container

**3.45**

**self-supporting tank**

container designed to independently carry the liquid and the vapour pressure loads as well as the external loads, where applicable

**3.46**

**set pressure**

pressure at which the pressure relief device first opens

**3.47**

**shell**

metallic vertical cylinder

### 3.48

#### **single containment tank system**

one container to store the liquid product (primary liquid container) formed of a self-supporting, steel, cylindrical tank

Note 1 to entry: The product vapour is contained by the primary container or by means of a metallic outer tank. See also 4.1.2.

### 3.49

#### **suspended roof**

structure for supporting the internal insulation of the roof

### 3.50

#### **tank system**

equipment designed for the purpose of storing refrigerated liquefied gas (RLG) consisting of one or more containers together with all other necessary components within the scope of this document

### 3.51

#### **pneumatic test pressure**

air pressure in the tank system during testing

### 3.52

#### **Thermal Protection System**

##### **TPS**

thermally insulating and liquid tight systems to protect the concrete secondary liquid container or the membrane tank outer container against low temperatures in the event of leakage through primary liquid container or the membrane respectively

Note 1 to entry: Examples include bottom and bottom corner (see also 7.1.11).

### 3.53

#### **vacuum relief valve**

valve that designed to open and relieve negative pressure (vacuum) and then reclose to prevent further flow of fluid in after normal conditions have been restored

### 3.54

#### **vapour container**

part of a single, double, full containment or membrane tank systems that contains the vapour during normal operation

### 3.55

#### **warm vapour container**

parts of a tank system that contain product vapour, and prevent entry of water vapour and other atmospheric gases during normal operation but are not expected to function once exposed to refrigerated product temperature. (This includes roofs over suspended insulation deck and the outer container of a double wall, open top single containment tank system.)

## 4 Concept selection

### 4.1 Types of tank systems

#### 4.1.1 General

Several different tank system concepts for RLG storage exist. The storage systems are differentiated based on the ability of each storage system to contain product liquid and/or vapour releases due to both internal and external hazards. Due to rapid boiling of refrigerated liquids when exposed to ambient conditions, a liquid release from a tank system to the surrounding ground generates a significant amount of uncontrolled cold vapours and results in a reduction in surface temperature of the surroundings. As a result, liquid releases are generally more dangerous than just vapour releases.

Four basic storage tank systems are described below which, due to a number of factors including materials of construction, configuration, and redundancy vary in their ability to resist hazards and contain product release.

While each storage system can ensure the safe RLG storage, selection of a storage system most suitable for the specific site and the project shall be determined via a detailed risk assessment. Subclause 4.2 provides basic requirements for the risk assessment process for the storage system selection.

The tank configurations described in 4.1.2 to 4.1.5 are provided in Figures 1 to 4 as examples only. Other configurations are acceptable providing that requirements toward the tank concepts described in 4.1.2 to 4.1.5 are satisfied.

#### 4.1.2 Single containment system

A single containment tank system shall consist of only one container to store the liquid product (primary liquid container). This primary liquid container shall be a self-supporting, steel, cylindrical tank.

The product vapours shall be contained by:

- either the steel dome roof of the container; or
- when the primary liquid container is an open top cup, by a gas-tight metallic outer tank encompassing the primary liquid container, but being only designed to contain the product vapours and to hold and protect the thermal insulation.

NOTE 1 Depending on the options taken for vapour containment and thermal insulation; several types of single containment tank systems exist.

A single containment tank system shall be surrounded by a bund wall to contain possible product leakage except for LIN/LOX/LAR storage addressed in prEN 14620-6.

NOTE 2 For examples of single containment tank systems, see Figure 1.

#### 4.1.3 Double containment system

A double containment tank system shall consist of a liquid and vapour tight primary container, which itself is a single containment tank system, built inside a liquid tight secondary container.

The wall and the concrete foundation (or the liquid tight bottom) for the secondary liquid container shall be designed to hold all the liquid contents of the primary container in case it leaks.

NOTE 1 The secondary container is open at the top and, therefore, cannot prevent the escape of product vapours.

The space between primary and secondary container shall be determined during the risk assessment and can be covered by a "rain shield" to prevent the entry of rain, snow, dirt etc.

NOTE 2 For examples of double containment tank systems, see Figure 2.

#### 4.1.4 Full containment system

A full containment tank system shall consist of a primary liquid container and a secondary liquid container, which together form an integrated storage tank system. Both primary and secondary liquid container are designed to be liquid tight. The primary liquid container shall be a self-standing steel, single shell tank, holding the liquid product.

The primary liquid container shall either be:

- open at the top, in which case it does not contain the product vapours; or
- equipped with a dome roof so that the product vapours are contained.

The secondary liquid container shall be a self-supporting steel or concrete tank equipped with a dome roof and designed to combine the following functions:

- in normal service: to provide the primary vapour containment of the tank system (in the case of an open top primary liquid container) and to hold the thermal insulation of the primary liquid container;
- in case of leakage of the primary liquid container: to contain all liquid product. Some vapour escape due to vapour permeability of the secondary liquid container is acceptable. Venting release is acceptable but shall be controlled (pressure relief system).

NOTE 1 Full containment tank systems with thermal insulation placed external to the secondary container are also covered by these requirements.

NOTE 2 For examples of full containment tank systems, see Figure 3.

#### 4.1.5 Membrane containment system

A membrane containment tank system shall consist of a metallic liquid barrier (membrane) together with load bearing thermal insulation and a self-supporting membrane tank outer container jointly forming an integrated, composite system.

The liquid barrier shall be liquid tight and vapour tight during normal operation. The product vapour shall be contained by the tank system roof.

NOTE 1 The roof can be either a similar composite system or a gas-tight dome roof and insulation on a suspended roof.

All hydrostatic loads and other loadings on the membrane shall be transferred via the load-bearing insulation onto the membrane tank outer container.

The membrane tank outer container shall be designed to structurally resist all loads for both normal and abnormal conditions. It also acts as a purge gas container. It can be either made of concrete or metal, or a combination of both. In the case of a concrete outer container, a moisture barrier shall be applied on the concrete inner face.

Two types of membrane containment systems exist, according to the ability of the membrane tank outer container to contain the product in case of a leakage of the membrane:

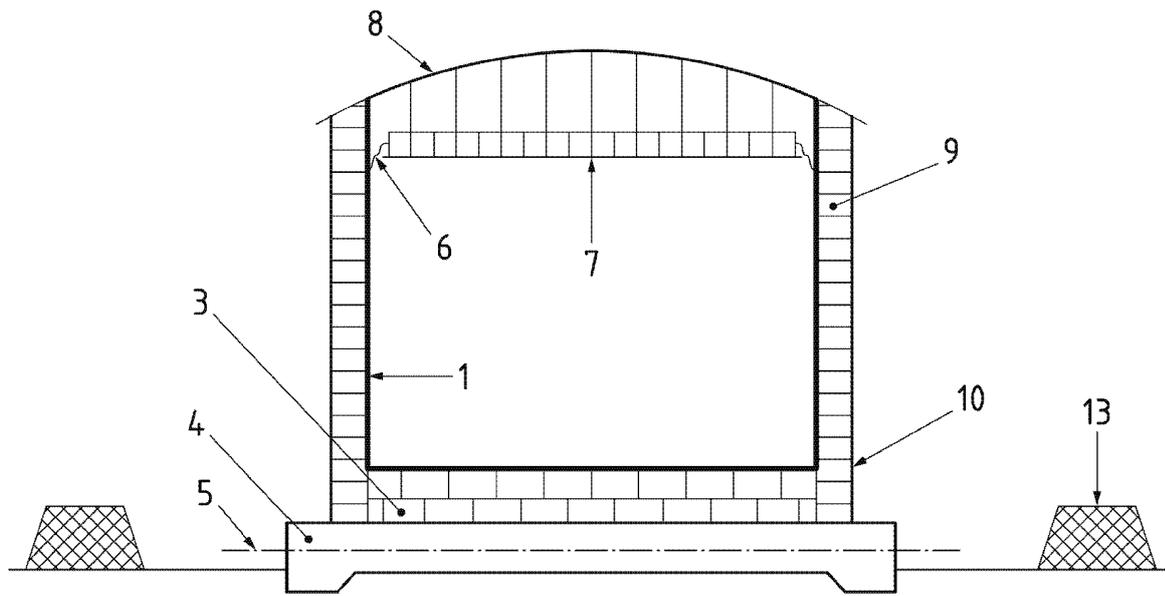
- Type M-1: The membrane tank outer container is not designed to contain the product in case of leakage of the membrane. No Thermal Protection System is provided for the concrete membrane tank outer container with a monolithic wall-to-base joint.

In such configuration the tank system shall be surrounded by a bund wall except for LIN/LOX/LAR storage addressed in prEN 14620-6.

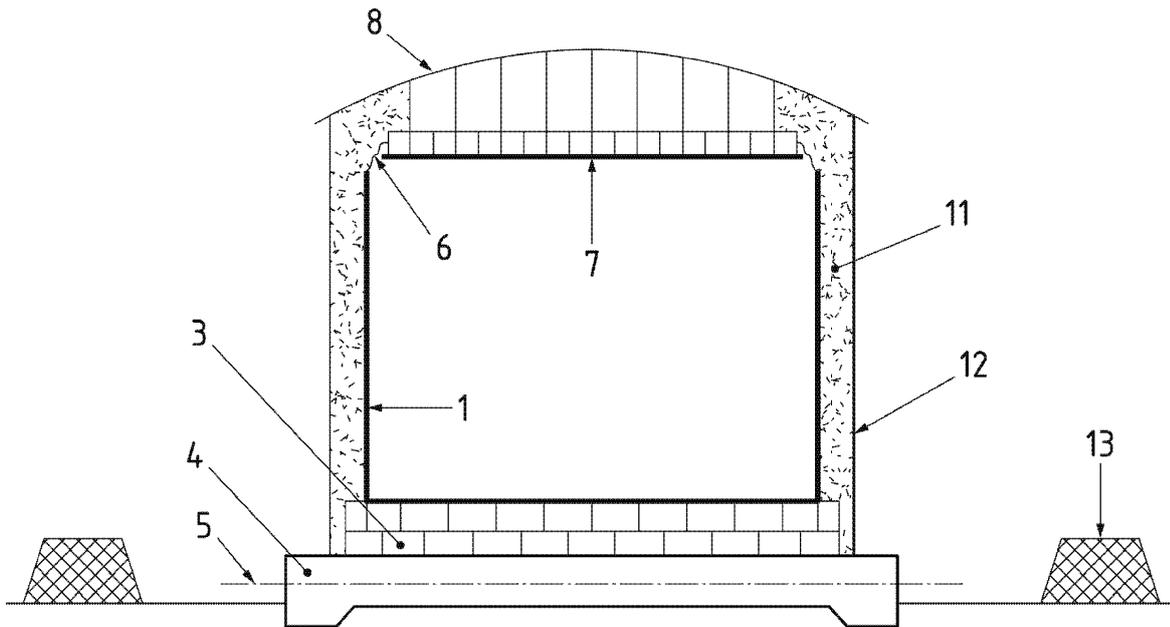
NOTE 2 For example of M-1 tank system see Fig 4.a).

- Type M-CC: the membrane tank outer container is designed to contain the product in case of leakage of the membrane while serving as a purge gas container during normal operation. In case of membrane leakage, some product vapour escape due to vapor permeability of membrane tank outer container is acceptable. Venting release is acceptable but shall be controlled (pressure relief system). When the membrane tank outer container is made of concrete a Thermal Protection System may be provided as defined in 7.1.11.

NOTE 3 For example of M-CC tank system see Fig 4.b).



a)

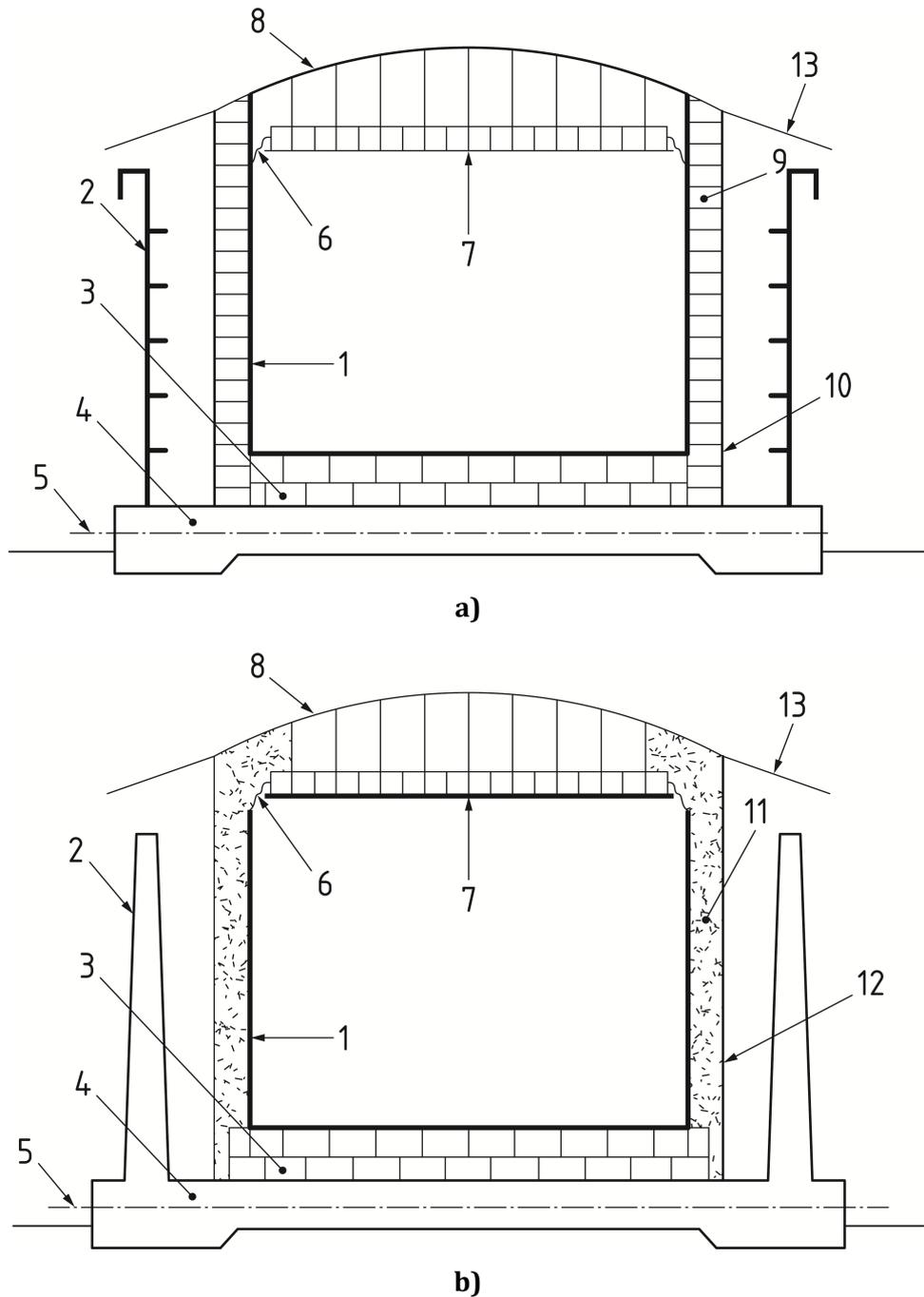


b)

**Key**

- |   |                                  |    |                           |
|---|----------------------------------|----|---------------------------|
| 1 | primary liquid container (steel) | 8  | roof (steel)              |
| 3 | bottom insulation                | 9  | external shell insulation |
| 4 | foundation                       | 10 | external moisture barrier |
| 5 | foundation heating system        | 11 | loose fill insulation     |
| 6 | flexible insulating seal         | 12 | warm vapour container     |
| 7 | suspended roof (insulated)       | 13 | bund wall                 |

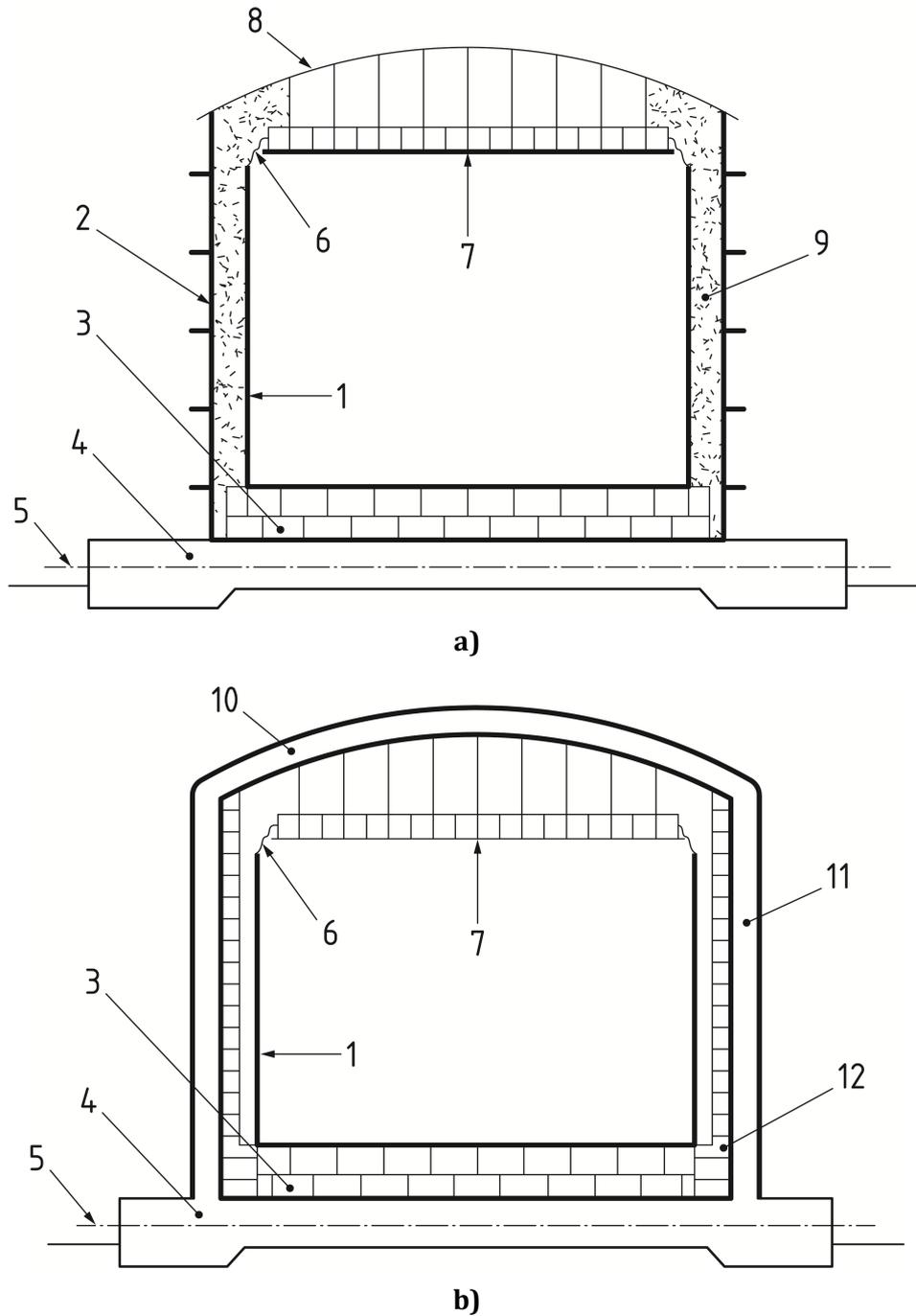
**Figure 1 — Examples of single containment tank system**



**Key**

- |   |   |    |                           |
|---|---|----|---------------------------|
| 1 | primary liquid container (steel)                            | 8  | roof (steel)              |
| 2 | secondary liquid container (steel or pre-stressed concrete) | 9  | external insulation       |
| 3 | bottom insulation   | 10 | external moisture barrier |
| 4 | foundation  | 11 | loose fill insulation     |
| 5 | foundation heating system                                   | 12 | warm vapour container     |
| 6 | flexible insulating seal                                    | 13 | cover (rain shield)       |
| 7 | suspended roof (insulated)                                  |    |                           |

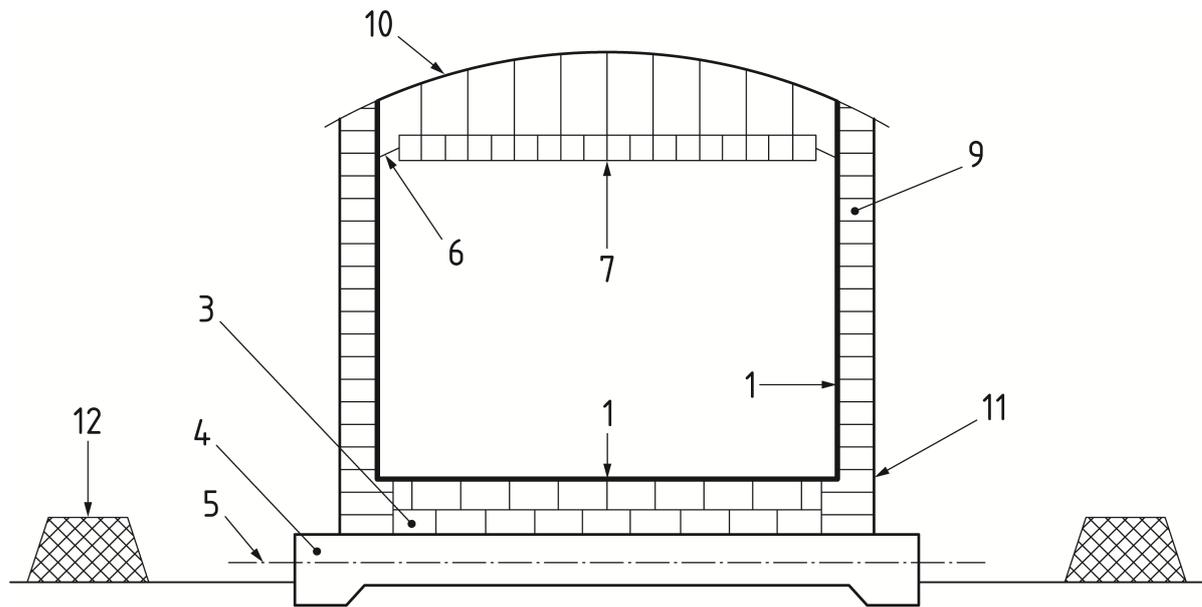
**Figure 2 — Examples of double containment tank system**



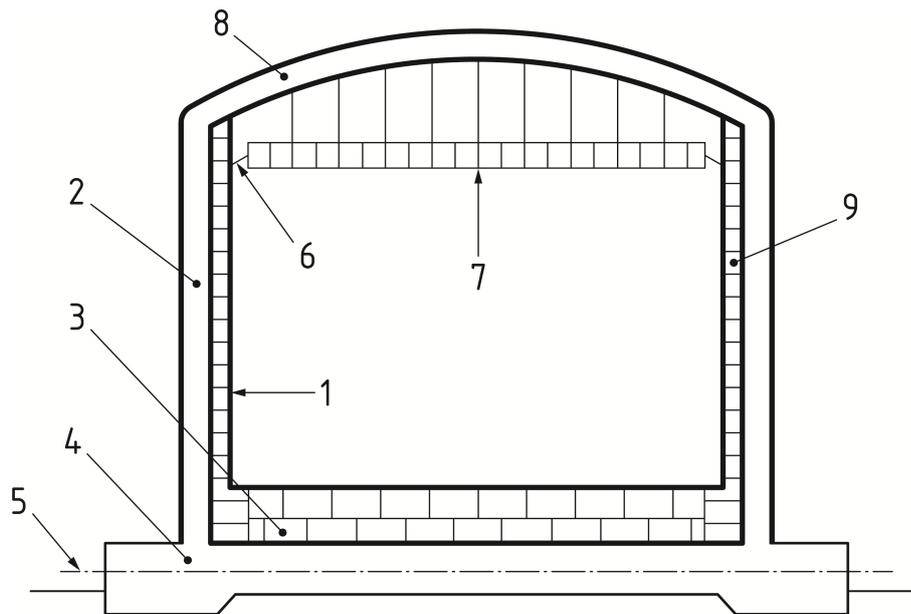
**Key**

- |   |                                    |    |  |
|---|------------------------------------|----|--|
| 1 | primary liquid container (steel)   | 7  | suspended roof (insulated)                         |
| 2 | secondary liquid container (steel) | 8  | roof (carbon steel)                                |
| 3 | bottom insulation                  | 9  | loose fill insulation                              |
| 4 | foundation                         | 10 | concrete roof                                      |
| 5 | foundation heating system          | 11 | pre-stressed concrete secondary liquid container   |
| 6 | flexible insulating seal           | 12 | insulation on inside of secondary liquid container |

**Figure 3 — Examples of full containment tank system**



a) Membrane containment tank system type M-1



b) Membrane containment tank system type M-CC

**Key**

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | membrane   | 6  | flexible insulating seal   |
| 2  | type M-CC membrane tank outer container (pre-stressed concrete or steel) | 7  | suspended roof (insulated)                                       |
| 3  | bottom insulation  | 8  | type M-CC membrane tank outer container roof (concrete or steel) |
| 4  | foundation   | 9  | insulation on inside of membrane tank outer container            |
| 5  | foundation heating system  | 10 | type M-1 membrane tank outer container roof (steel)              |
| 11 | type M-1 membrane tank outer container (steel)                           | 12 | Bund Wall  |

**Figure 4 — Examples of membrane containment tank system**

## 4.2 Risk assessment based tank system selection

### 4.2.1 General

The type of tank system shall be selected based on a risk assessment.

Risks inside and outside the plant shall be considered. The purchaser shall be responsible for the risk assessment (specifying/justifying the risk criteria).

The materials of the main components, steel or concrete, and design details, e.g. the inlet/outlet, elevated or grade level foundation and protection systems, shall be selected so that sufficient information is available for the risk assessment.

The risk assessment shall demonstrate that the risks to property and life are acceptable, both inside and outside the facility boundary.

Risk management for the tank system already in service is outside of the scope of this document. Risk management programs are facility specific and shall be developed by the Owner/Operator for each individual facility.

### 4.2.2 Site selection

Before identification of hazards can be carried out, the site shall be selected. In general, the storage tank system shall be placed such that the pipe connections to the receiving and supply sources are as short as possible. However, other requirements e.g. local regulations and safety distances (adjacent installations and plant boundaries) site and soil conditions, possible earthquake loading and pipe routings shall be considered.

### 4.2.3 Key drivers for tanks system selection

Refrigerated liquefied gas facilities can in the event of an upset or emergency event release gases that present a significant threat to human life, the environment and surrounding communities. Depending on the liquefied gas stored and the rate of leakage, the potential result following a loss of primary containment is generation of vapour clouds that can drift beyond the facility.

The impact of gas clouds and radiant heat flux on plant facilities and adjacent properties shall be considered.

Decision to choose an adequate tank system shall be driven by following factors:

- product to be stored;
- capacity of storage;
- redundancy level provided by storage system against both liquid and vapour releases;
- availability of land;
- terrain configuration;
- proximity to residential developments and habitable areas;
- influence/impact of adjacent process plant and equipment;
- influence/impact on natural resources and habitats;
- influence/impact of any surrounding installations and known potential installations;

- atmosphere and environmental conditions;
- hazards see 4.2.4; and
- possible spills.

The possible effect of a liquid spill and vapour release from the tank system shall be considered

**NOTE** The determination of vapour generation and dispersion is complex and dependent on many parameters including relative gas to air densities, meteorological conditions, terrain, rate of release, and the amount of entrained liquid droplets dispersed into the vapour cloud. When a refrigerated liquid product spills, evaporation takes place. The amount of evaporation in the very first moments depend primarily on the exposed surface in contact with the refrigerated liquid as well as the ambient environmental conditions. Initially most refrigerated vapours are heavier than air and sink due to their low temperature. However, as heat is drawn from the environment some hydrocarbons become less dense and when warmed eventually become lighter than air. However, for some gases (e.g. propane, propylene, ethylene, argon) vapours remain heavier than air even at ambient temperature. Depending on atmospheric and environmental conditions the resulting gas cloud can move within or outside of the facility. For tank systems containing hydrocarbons, the tank system concept can be selected to reduce as much as possible surface area of the spilled liquefied gas in order to limit the radiant heat flux on the surroundings to acceptable levels.

Purchaser shall select the storage concept based on a risk assessment.

#### **4.2.4 Hazard identification**

##### **4.2.4.1 General**

The risk assessment process shall start with the hazard identification study.

A hazard identification study shall not only be carried out for the normal operation of the tank system, but also for all other phases in the design life of the tank system (design, construction, cool-down, commissioning, decommissioning and even possible abandonment).

The existing hazards may be grouped into external and internal threats.

When the tank system includes a secondary containment in the form of either a secondary container or a bund wall, the tank system is to be designed with the assumption that the primary container or membrane may leak and gradual filling of the secondary container may take place. For primary containers or membrane built in compliance with the rules of this document, the possibility of sudden failure (unzipping or zip failure) of the primary container or membrane is not a credible event and, therefore, is not a design consideration. Provisions for sudden rupture of the primary container or membrane as the result of material failure or of seismic action is not considered in this document.

The purchaser shall determine if hazards presented by the proximity to the neighbouring properties, facilities, habitats are relevant to the risk assessment.

##### **4.2.4.2 Internal hazards**

The following internal hazards shall be considered:

- leakage of product from the primary liquid container or membrane;
- overfilling of the tank (see also 7.2.1.2);
- over/under pressurization of the tank system due to process upset;
- rollover leading to over pressurization of the tank system;

- minor leak (local gradual leakage);
- major leak (gradual leak of the full content of the container);
- fatigue and cyclic loading of key components (e.g. annular plates);
- corrosion;
- failure of pipe work attached to the tank system bottom/sides;
- failure of internal valves for process lines;
- instrumentation, electrical and foundation heating system failures; and
- thermal shocks;

NOTE Instantaneous failure of the entire container is not within the scope of this document.

#### 4.2.4.3 External hazards

- environmental hazards including earthquake, lightning, wind loading including hurricane/typhoons, flooding, snow and ice loading, tsunamis, and seiches;
- weather conditions (atmospheric pressure, rain, ambient temperature);
- ground conditions, weak strata, liquefiable layers, lateral spreading, and presence of caverns, voids and defects;
- flying objects, and equipment following a process incident;
- proximity to other facilities representing potential risk (including, but not limited to airports, helipads, military facilities);
- pressure waves due to vapour cloud ignitions from the process plant, adjacent plant, process equipment, and carriers including facilities located outside the boundary limits;
- operational and upset conditions including spillage and leakage of product;
- hazards arising during maintenance work on the tank system;
- impacts to external piping including from vehicle or maintenance equipment;
- ignition by high energy radio waves;
- cascading effect resulting from fires and / or explosions at adjacent provision;
- permanent sources of ignition (high voltage power lines etc.);
- fire hazards from adjacent tanks, dikes, relief valves, sumps, jet fires, and plant areas;
- proximity of tank systems to external uncontrolled sources of ignition such as ground flares, flares;

#### 4.2.5 Risk assessment methodology

##### 4.2.5.1 General

The methodology of the risk assessment shall be either probabilistic or deterministic.

##### 4.2.5.2 Probabilistic

The probabilistic approach shall consist of:

- listing of potential hazards of external and internal origin;
- identification of potential release events and scenarios;
- collecting failure rate data;
- determination of the frequency of these hazards;
- determination of probabilities of occurrence of each release event;
- examination of the potential cascading effects;
- determination of the consequences of each hazard considering available mitigation measures;
- determination of risk by multiplying probabilities and consequence and summing over all scenarios; and
- comparison of risk levels with predetermined target values.

##### 4.2.5.3 Deterministic

The deterministic approach consists of:

- listing of hazards of external and internal origin;
- establishment of credible failure scenarios;
- determination of the consequences;
- demonstrate that facility is tolerant to identified scenarios; and
- justification of the necessary safety improvement measures to limit identified failure scenarios.

##### 4.2.5.4 Risk profiles, consequences and acceptability criteria

Risk profiles shall be calculated by determining the consequences from a number of scenarios.

Such scenarios shall be identified by the purchaser and addressed in the risk assessment. Potential for event escalation and cascading failures shall be identified. The mode of failure resulting in a potential product release shall be fully described for each identified hazard.

Consequences from each potential credible release scenario and impacts on the facility, neighbouring properties, health and safety, environment shall be estimated as minimum. The consequence estimate shall consider whether a release event is based on release of liquid or vapour; the proximity of the release to other facility equipment and property lines; the properties of the product that is released; ambient

conditions and the degree of containment of any liquid released. Consequence modelling should include cryogenic liquid exposure, jet and pool fires, flammable vapour clouds, vapour cloud explosions, and toxic vapour clouds, as applicable.

The risks associated with potential storage tank system failures should be based on evaluating both expected probabilities and consequences of credible events. The assessment shall combine all risks due to the hazards. The combined risk is then compared to the tolerable risk to determine acceptability. Appropriate identification of hazards and assessment of risk influences the selection of storage tank system concept.

By adapting certain criteria for death from toxic substances, radiation from fires and explosion over pressure, effect distances shall be determined. Based on incident frequencies and effects from meteorological conditions (wind direction, stability etc.) the contribution from each scenario to a point at a distance from the activity shall be calculated. By putting a grid over the area surrounding the activity and summing the contribution from all scenarios for each grid point a three dimensional ( $x, y, z$ , risk) picture shall emerge.

Criteria used for the tolerable individual and social risk shall be established. Legalized risk criteria exist for a number of countries or can be developed in consultation with authorities.

#### **4.2.6 Changes**

##### **4.2.6.1 Potential changes**

Attention shall be paid to possible changes of the hazard situation during the lifetime of the tank system and the plant to avoid lack of safety in the future.

NOTE Other facilities can be built near the tank system or outside the plant boundaries..

In the case of a major change, the risk and damage potential shall be assessed again and improvements may be required.

##### **4.2.6.2 Changes based on findings**

The outcome of the risk assessment shall be evaluated carefully. If changes have to be carried out then the risk assessment shall be repeated.

##### **4.2.7 Determination of actions**

The risk assessment shall identify critical factors that shall be taken into account in the design of the tank system. The accidental actions (spillages, fires, explosions etc.) shall be identified.

## **5 Quality assurance and quality control**

A quality management system should be used for the design, procurement of materials, construction and testing and commissioning of the tank system.

NOTE E.g. EN ISO 9001.

## **6 Health, safety and environment plan**

### **6.1 Health, safety and environment (HSE)**

#### **6.1.1 General**

The contractor shall prepare a HSE plan for the design, construction and commissioning phases of the work which shall conform to the overall objectives set out by the purchaser. The plan shall include the responsibilities, activities applicable to local or national laws and legislation. It shall specify requirements

for safe working procedures for personnel safety and environmental protection during all phases listed above.

## **6.2 Environmental**

### **6.2.1 Environmental assessment**

The impact of the works on the environment, during its full life span, should be minimized. The purchaser shall, as a minimum, assess effects on the environment in accordance with section 5.4 of EN 1473:2021.

## **7 General design considerations**

### **7.1 General**

#### **7.1.1 Responsibilities**

The purchaser shall be responsible for the specification of essential tank system design data in accordance with Annex B.

The contractor shall be responsible for the supply of the tank system, services and handover documents as defined by the agreement between the purchaser and the contractor.

Subjects of interface e.g. pre-commissioning and commissioning shall be agreed between the purchaser and the contractor.

Since separate parties often carry out the design of steel, concrete and insulation components, it is essential that there is a clear understanding of the split of work and responsibilities, so that the final tank system design is fully integrated. There shall be a defined reporting structure between the various engineering parties, with one party having the responsibility for all engineering co-ordination.

NOTE An example scenario might be the temperature distribution over the whole tank system structure and the actions resulting from the data.

#### **7.1.2 Performance criteria**

The tank system shall be designed so that:

- under normal operating conditions, the liquid and the vapour are contained;
- it can be filled and emptied at the specified rates;
- boil-off is controlled and in exceptional cases can be relieved to flare or vent;
- pressure operating range specified is maintained;
- ingress of air and moisture is prevented, except in exceptional cases when the vacuum relief valves have to be used;
- boil-off is as specified and condensation/frost on the external surface is minimized. Frost heave of the foundation shall be prevented;
- damage due to specified accidental actions is limited and shall not result in loss of liquid;
- total and differential settlements of the tank system shall be within the specified limits;

- uncontrolled product vapour release for all abnormal conditions, except the leakage from a primary liquid container or a membrane, shall be prevented for full containment and Type M-CC membrane containment tank systems; and
- deterioration over lifetime with the anticipated level of maintenance does not impair the performance of the structure below the intended.

NOTE At certain locations, where the ambient temperature can fall below the product temperature (e.g. butane storage in cold climates), condensation can occur at the inside of the secondary liquid container, warm vapour container or membrane tank outer container roof when a suspended roof is used. The condensed product can enter the annular space, collect on the primary container fixed roof or suspended roof and cause problems. Special arrangements can be made to divert the product into the primary liquid container or within the membrane or alternatively, another roof insulation system can be selected.

### 7.1.3 Limit state and allowable stress theory

In general, European Standards for buildings and structures are based on the limit state theory.

The limit state theory applies for the design of metallic components of the tank system unless allowable stress methods are otherwise specifically addressed. For more details see EN 14620-2.

The limit state theory applies for the design of concrete components of the tank system. For more details see EN 14620-3.

The insulation system components shall be designed within this document using the allowable stress theory. For more details, see EN 14620-4.

For limit state theory, the following two categories shall be applied:

- Serviceability Limit State (SLS), which is determined on the basis of criteria applicable to functional capacity or to durability properties under normal actions;
- Ultimate Limit State (ULS), which is determined on the basis of the risk of failure, large plastic displacements or strains comparable to failure under accidental actions.

### 7.1.4 Earthquake design

#### 7.1.4.1 Very low seismicity locations

If Safe Shutdown Earthquake (SSE) seismicity as defined in 7.3.3.3 meets a very low seismicity criteria stated in the NOTE for paragraph 3.2.1.(5) of EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, seismic design of the RLG tank system is not required except for freeboard requirements.

#### 7.1.4.2 Locations other than very low seismicity

Site-specific seismic hazard analysis is required for all tank systems regardless of the capacity. The purchaser shall evaluate the potential of earthquake activity to determine the characteristics of seismic ground motion and associated response spectra for the Operating Basis Earthquake (OBE) and Safe Shutdown Earthquake (SSE), as defined in 7.3.2.2.14 and 7.3.3.3 below.

Either response spectra or response-history seismic analysis and design methods may be used for non-isolated tank system. Only the response-history analysis shall be used for the seismically isolated tank system when the isolator behaviour is nonlinear.

The primary liquid container shall be designed for OBE and SSE actions with the primary liquid container filled to the maximum normal operating level.

If a secondary liquid container is used, this container shall be designed for OBE and SSE actions without the liquid in the secondary container.

For membrane tank systems the membrane and the membrane tank outer container shall be designed for both OBE and SSE seismic actions while filled to the maximum normal operating level.

The site-specific investigation required shall account for the following:

- regional seismicity, tectonics and geology;
- expected recurrence rates and maximum magnitudes of events on known faults and source zones during the design life of the RLG facilities;
- location of the site with respect to these seismic sources;
- local subsurface geology of the site;
- attenuation of ground motion including near source effects, if any.

See Annex E for recommendations on site seismicity investigations.

NOTE The liquid inside large tank systems storing refrigerated liquefied gases has long convective period..

The site-specific hazard assessment shall address response accelerations for the period range up to 1,1 times of the convective liquid period determined in accordance with EN 1998-4:2006, Annex A.

Both the horizontal component response spectra and the vertical component response spectra for OBE and SSE shall be developed. However, the ordinates of the vertical component response spectra shall not be less than 50 % of those of the corresponding horizontal component response spectra. For seismically isolated tank systems a nonlinear time-history analysis shall be performed for both OBE and SSE seismic actions. The number of OBE and SSE time-histories representing similar seismicity and site conditions and scaled to the design response spectra shall follow requirements of EN 1998-1:2004<sup>1</sup>.

For single, double and full containment tank systems, the primary liquid container shall be designed to contain the liquid during both OBE and SSE actions.

The membrane of membrane tank system shall remain liquid tight for both OBE and SSE seismic actions and the membrane tank outer container shall retain its structural capabilities to resist all load conditions appropriate to the seismic events.

The following combinations of the tank structure horizontal and vertical responses shall be used:

- a) For global stability check (overturning and sliding) 100 % horizontal with 30 % vertical
- b) For structural design of tank components both 100 % horizontal with 30 % vertical and 30 % horizontal with 100 % vertical.

The components in b) include all parts of the inner and the outer tanks, the foundation, and the accessories such as platforms and piping.

For seismic analysis, the requirements given in Annex C shall be followed.

### 7.1.5 Tightness

It shall be assumed that steel plate is both product liquid and vapour tight.

The liquid tightness, if applicable, and vapour tightness of a polymeric vapour barrier, shall be demonstrated to be equivalent to that of a steel vapour barrier.

The liquid tightness of the pre-stressed concrete structure, without a liquid tight liner, shall be defined by the minimum compression zone in the concrete structure.

NOTE For details, see EN 14620-3.

For tank systems with internal insulation described in EN 14620-4, moisture barrier shall be provided to control ingress of ambient moisture in insulation. Steel plates are considered moisture tight. Refer to EN 14620-3 for polymeric moisture barrier tightness criteria. For tank systems allowing product vapour circulation in internal insulation, insulation drying in service is provided by product vapours. For other tank systems with internal insulation using polymeric moisture barrier, separate insulation purging and drying provision in service shall be provided.

### **7.1.6 Connections to primary and secondary liquid containers and membrane containment system**

#### **7.1.6.1 Inlets and outlets**

All inlets, outlets and other connections with process piping attached should, preferably, be made via the roof of the tank system. This is based on the philosophy that the risk of serious leakage is reduced to a minimum.

The roof outlet necessitates the use of in-tank pumps for product liquid removal.

In cases where bottom inlets, outlets or any other connections with process piping attached are used, the following shall apply:

- remote operated internal shut-off valve shall be installed or;
- bottom connection shall be designed as part of the primary container. The first valve shall be of a remote operated type and welded to the bottom connection. Flange connections shall not be allowed.

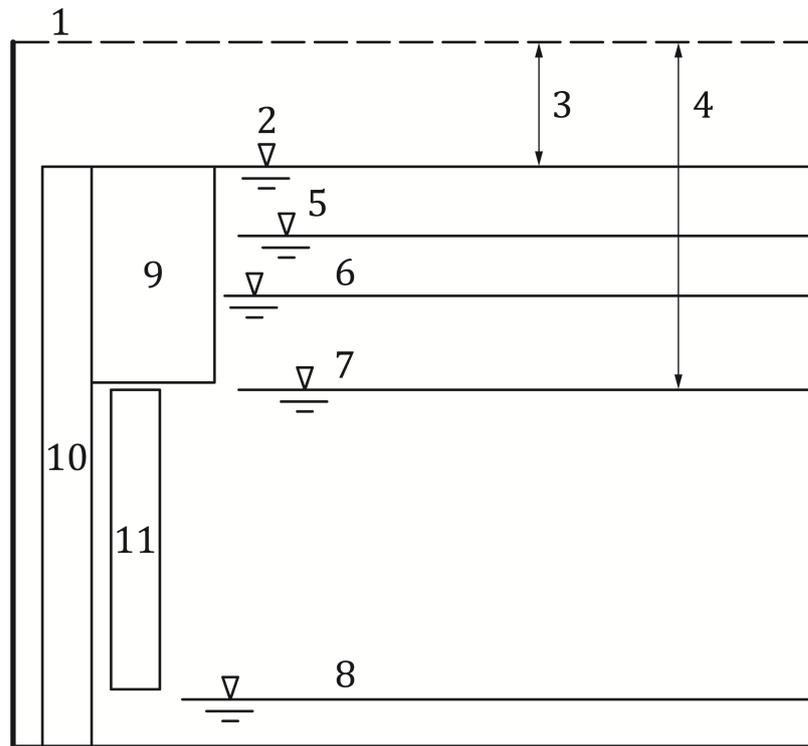
For membrane tank systems, inlets and outlets shall only be routed via the roof.

#### **7.1.6.2 Other connections**

Other connections (e.g. guides, bracing) to the primary and secondary liquid containers shall be minimized.

#### **7.1.7 Liquid levels and capacities**

Liquid levels and capacities defined in Clause 3 are graphically illustrated in Figure 5.



**Key**

- 1 top of primary container wall, wall membrane or suspended deck level (whichever is lower)
- 2 maximum design liquid level
- 3 freeboard
- 4 freeboard for seismic sloshing
- 5 high-high level (emergency alarm & pump trip)
- 6 high level alarm
- 7 maximum normal operating level
- 8 minimum normal operating level
- 9 overfill Protection Margin
- 10 maximum design liquid capacity
- 11 net working capacity

**Figure 5 — Liquid levels and capacities**

A minimum freeboard of 300mm above the maximum design liquid level (in a cold condition) shall be included in the primary liquid container or the wall membrane height as a buffer against overtopping and to ensure free vapour flow above the maximum design liquid level.

NOTE This level difference can be taken into account to determine the allowance needed for the sloshing of liquid during an earthquake.

Freeboard for seismic sloshing shall be provided above the maximum normal operating level.

### 7.1.8 Cool-down

A piping system for cool-down of the tank system shall be provided. The system shall be designed such that the specified cool-down rates can be maintained. Spray nozzles or other suitable methods/devices shall be used to ensure full evaporation/distribution of the liquid.

### 7.1.9 Foundation

The foundation shall be designed such that the settlement of the tank system and its connections can be absorbed. The following types are commonly used:

- shallow foundation (pad with concrete ring-wall or concrete slab foundation);
- piled foundation (base slab on piles either on grade level or elevated).

Soil and seismological investigations shall be carried out to determine the behaviour and geotechnical properties of the different soil/rock layers. Potential for any specific hazards, which may impair the seismic performance of the tank system foundation (e.g. potential for liquefaction), shall be evaluated. Ground improvement shall be conducted if the soil investigation shows the need for such improvement. The execution method and foundation load carrying capacity shall be verified through a pre-production and production testing program.

The soil investigation shall be carried out in accordance with EN 1997-1. Annex E provides recommendations for minimum geotechnical investigations for RLG tank systems. The earthquake resistance of structures shall be in accordance with EN 1998-1:2004<sup>1</sup> and Annex C. Foundation sliding resistance and bearing capacities for the seismic loads shall be verified in accordance with EN 1998-5.

NOTE 1 Seismic isolators or other devices can be required to reduce the consequences of an earthquake.

The contractor, in consultation with the purchaser, shall determine the range (from the minimum to the maximum) of predicted overall and differential settlements of the tank system. The contractor shall demonstrate that all tank system components can absorb these settlements.

The foundation settlements over lifetime of the tank system shall be limited to the following:

**Table 1 — Foundation settlement**

Settlement type	Bottom insulation system	
	From brittle material	From flexible material
Dishing settlement measured anywhere along radial line from foundation edge to centre	1:300 <sup>a)</sup>	1:150 <sup>b)</sup>
Differential perimeter settlement	1:500	
Planar tilt (mm)	125*D/H (**)	
Uniform settlement	No numerical limit. Piping connections shall be able to accommodate	
<p>NOTE “D” is the diameter of a secondary liquid container, a warm vapour container, a purge gas container or a membrane tank outer container. “H” is the wall height of a secondary liquid container, a warm vapour container, a purge gas container or a membrane tank outer container.</p> <p><sup>a</sup> (*) Dishing settlement limits in the table above are based solely on the bottom insulation type. More stringent settlement limits may apply, as required by the foundation structural design and crack width limitations.</p> <p><sup>b</sup> (**) Piping connections shall be able to accommodate planar tilt.</p>		

The actual settlement of the tank system shall be monitored during the various phases of the lifetime of the tank system (construction, hydrostatic testing and operation etc.). The monitoring frequency shall be commensurate with the predicted time, and load dependent rate of change of settlement with the minimum monitoring frequency of once per year.

When the settlement behaviour, during the construction and testing of the tank system results in behaviour of tank system components more unfavourable than predicted, the contractor shall investigate the cause and take remedial measures to prevent damage in future and shall verify the adequacy of the foundation design. The purchaser shall be consulted.

NOTE 2 Calculations of settlements cannot be regarded as exact. They merely provide an approximate indication.

Maximum and minimum values for settlements shall be considered for detail design of any sensitive part of the tank system (e.g. the wall-to-base junction of a concrete tank). Both short-term and long-term settlements shall be considered.

NOTE 3 When the settlement behaviour, during operation of the tank system is different to that predicted, the purchaser is recommended to consult the contractor.

Frost heave of the foundation shall be prevented.

NOTE 4 This can require a heating system in the foundation.

NOTE 5 The foundation can be elevated so that a clearance is left between grade and foundation slab to permit circulation of air.

For elevated foundation the heating system is not be required. The contractor shall demonstrate that sufficient air circulation can be obtained and long term condensation is minimized and ice formation on the foundation slab is prevented. Sufficient clearance between the grade and the underside of the pile cap shall be provided to ensure safe access underneath the pile cap for construction and repair/maintenance

activities. Unless otherwise specified, the minimum clearance between the top of soil and the underside of the elevated pile cap at the centre of the pile cap shall be 1,6 m.

The concrete foundation for double, full and membrane containment (Type M-CC) tank systems (base slab or pile cap) shall be designed for the accidental leakage in accordance with 7.3.3.1. If applicable, foundation exposure to cold temperature and through thickness thermal gradient, shall be taken into account in the foundation design. Alternatively, a leak-tight tank bottom barrier suitable for product liquid exposure is provided as a part of a secondary containment system, the foundation shall be designed to remain liquid tight when in contact with product liquid.

NOTE 6 For more details of the foundations; see EN 14620-3.

#### **7.1.10 Foundation heating system**

The foundation heating system shall be designed such that the temperature of the foundation shall not drop below 0 °C at any place. The layout of the conduits and the applied redundancy of the heating system shall be such that in the case of failure of one tape, or circuit, the requirement specified above shall be met.

Temperature below 0°C at the edge of the shallow foundation in cold climate regions solely due to low ambient temperature condition is acceptable providing that appropriate mitigation measures are used. The shallow foundation shall be either placed on free-draining non-frost susceptible material or the bottom of the foundation shall be below the frost penetration depth defined by the local building code. Appropriate drainage shall be provided to ensure that the ground water table is below the frost penetration depth.

The heating output shall be controlled by at least two sets of temperature controllers. One controller shall be located in an area where a low temperature may be expected. All temperature controllers shall give a reading on the operator control panel together with an alarm for low temperature.

NOTE Further information on heating systems is given in Annex D.

#### **7.1.11 Thermal Protection System (TPS) of concrete secondary liquid container**

For a concrete secondary liquid container (full containment system and a concrete outer container for a membrane tank system), where a rigid base wall connection exists, a TPS may be required to prevent uncontrolled cracking in the base wall connection, or in the base slab. This may take place in the case of leakage of the primary container or the membrane. If required, the TPS shall cover the whole bottom and the lower part of the wall. The TPS shall consist of a liquid tight barrier suitable for the product exposure and the load bearing insulation material.

The height of the vertical part of the TPS shall be determined based on temperature distribution and the deformation capacity of the rigid corner. The material selection shall be in accordance with the relevant clauses of EN 14620-2, EN 14620-3 and EN 14620-4.

#### **7.1.12 Bund wall**

The dimensions of the banded area shall be such that the full tank system contents can be stored. This impounded area and the bund wall shall be designed to be liquid tight. The materials used shall be resistant to the leaking product. Consideration shall be given to the removal of rainwater and firewater accumulating within the banded area.

For concrete bund walls, the requirements of EN 14620-3 shall apply.

#### **7.1.13 Lightning**

The tank system shall be protected against the effects of lightning and properly grounded.

## 7.2 Protection systems

### 7.2.1 Instrumentation

#### 7.2.1.1 General

The following minimum requirements shall apply:

- instrumentation shall be installed to ensure safe and reliable commissioning, operation/maintenance and decommissioning of the tank system. Sufficient redundancy shall be incorporated;
- instrumentation required for normal operation of the tank system shall be maintained in service;
- measurements shall be transmitted to the control room/operator.

#### 7.2.1.2 Liquid level

At least three highly accurate, independent, level gauges shall be installed to protect the tank system against overflow. Each gauge system shall include a high level alarm and a high/high level alarm with a cut out.

NOTE Because of this requirement, there is no need to design the tank system for overfill.

Safety Integrity Level (SIL) for the controlling instrumentation shall be determined by Hazard and Operability Study (HAZOP/Hazard Identification Study (HAZID)).

The purchaser shall specify the minimum normal operating level depending upon expected mode of tank system operation. This level may be one of the following:

- Minimum level at which pumps may be operated at the full rated capacity;
- Minimum pump restart level;
- Minimum pump down level;
- Minimum level the purchaser would like to keep in the tank system.

In any case the minimum product level in the tank system at service shall not be less than 150mm to maintain the operating temperature of the tank system.

#### 7.2.1.3 Pressure

As a minimum, the tank system shall be fitted with two independent instruments for the detection of a too-high and too-low pressure with the alarm system connected to the control room. The systems shall operate independently of the normal pressure measurement system.

#### 7.2.1.4 Temperature

As a minimum, the tank system shall be fitted with instruments, permanently installed and properly located, which enable the temperature to be monitored as follows:

- liquid temperature shall be measured at several depths. The vertical distance between two consecutive sensors shall not exceed 2 m;
- vapour space temperature (if applicable under and above the suspended roof);

- shell and bottom of the primary container or membrane (for control of cool-down/warming-up).

#### 7.2.1.5 Prevention of rollover

Rollover shall be prevented when products of different composition and density are stored in the tank system and product stratification is possible.

The control of rollover can be provided by the following measures:

- application of a density measuring system so that the density can be monitored over the full liquid height. The density measuring system shall give an alarm when certain predicted values are exceeded. In such a case, measures shall be taken to prevent rollover (e.g. mixing). The density measuring system shall operate independently of the level gauge system; and/or
- temporary or continuous circulating system between bottom and top of the tank.

When rollover control measures are not included or if required by the purchaser or by the appropriate regulations, the pressure relief system design for rollover shall be provided.

#### 7.2.1.6 Fire and gas

Consideration shall be given to the installation of a fire and gas detection system.

Gas detection system and low temperature detectors shall be installed in the areas where potential leakage could occur (e.g. flange joints in the process lines). As minimum fire detection system shall be provided on tail pipes of pressure relief valves.

Exact location of gas, fire and spill detectors shall be determined from the risk assessment of the potential leak areas.

#### 7.2.1.7 Leak detection of primary container

A leak detection system for the primary container shall be provided. The system shall be based on one of the following systems:

- a temperature drop;
- gas detection; or
- differential pressure measurement.

#### 7.2.1.8 Monitoring system for sealed insulation space

If the insulation space is isolated from the primary liquid product storage space (e.g. membrane tank system or double wall-double roof tank system), an insulation space monitoring system shall be installed. The system shall:

- analyse the purging gas to detect any product vapour leakage from the primary liquid container or membrane;
- notify the operator if product vapour in the insulation space is detected;
- purge the inert gas through the insulation vapour space to ensure that during normal operation the gas concentration remain below the limit specified by the purchaser or 30 % of the lower flammable limit (LFL) whichever is lower; and

- control the differential pressure between insulation vapour space and primary liquid product storage space so that no damage can occur to the primary liquid container or the membrane. This system shall be designed 'fail-safe'.

## 7.2.2 Pressure and vacuum protection

### 7.2.2.1 General

Venting requirements shall be met by relieving to atmosphere. If venting to atmosphere is not permitted at operating conditions for the product stored (e.g. toxic products), additional relief valves set at a lower set pressure shall be provided and routed to a flare or to other systems. Sufficient margin shall be provided between the operating pressure and the design pressure of the tank system to avoid unnecessary venting.

Pressure and vacuum relief valves for refrigerated storage tank systems shall be provided with interlocked block valves so that a faulty relief valve can be exchanged without opening the tank system to atmosphere.

The relief capacity (pressure and vacuum) shall be designed based on normal operation and abnormal operation scenarios in accordance with EN ISO 28300. Failures at interconnected facilities e.g. process plants, vent or flare systems etc. shall also be considered.

For full containment and membrane containment type M-CC tank systems, the pressure relief system shall be designed so that it can accommodate the vapours generated due to credible primary liquid container or membrane leakage.

### 7.2.2.2 Pressure relief valves

The number of pressure relief valves required shall be calculated based on the total product vapour outflow and set points specified. In addition, one spare valve shall be installed for maintenance purposes.

The inlet piping shall penetrate the suspended roof where applicable, thus preventing cold vapour from entering the warm space between outer roof and suspended roof under relieving conditions.

The set pressure for the pressure relieving system shall not exceed the tank system design pressure.

Unless otherwise specified by the purchaser or the facility standard, the relief valve capacity should be such that the maximum relief pressure does not exceed 1,1 times the design pressure for all emergencies, except an external fire and rollover when required. For those abnormal conditions the maximum relief pressure should not exceed 1,2 times the design pressure.

### 7.2.2.3 Vacuum relief valves

The number of vacuum relief valves shall be calculated based on the total air inflow and set points specified. In addition, one spare valve shall be installed for maintenance purposes.

The vacuum relief valves shall allow air to enter the vapour space located directly under the roof.

The vacuum relieving system shall provide full relieving capacity at the tank system design external pressure.

## 7.2.3 Fire protection

The need for a fire protection system shall be reviewed. In the review the following potential fires shall be considered:

- local fires;

- relief valve fires; and
- fires at nearby installations (tanks incl.).

## 7.3 Actions (loadings)

### 7.3.1 General

The normal and accidental actions listed in 7.3.2 to 7.3.3 shall apply.

### 7.3.2 Normal actions

#### 7.3.2.1 Permanent actions

##### 7.3.2.1.1 Self-weight

Self-weight of concrete, steel and insulation components, piping, fittings, ancillaries and fixed equipment.

NOTE Detailed information is given in EN 1991-1-1.

##### 7.3.2.1.2 Prestressing

Global and local effects caused by either controlled forces and/or controlled deformations are imposed on the structure or its components. Both immediate effects and effects after time depending changes shall be accounted for.

NOTE Detailed information is given in EN 1992 to EN 1999.

##### 7.3.2.1.3 Indirect actions

Those caused by creep, shrinkage and uneven settlements, as applicable.

NOTE Indirect actions caused by imposed deformations can be either permanent or variable. See EN 1990 for definitions.

#### 7.3.2.2 Variable actions

##### 7.3.2.2.1 General

Reference shall be made to EN 1990 for the variable action definitions and applicable bases for the characteristic value of variable actions.

##### 7.3.2.2.2 Product load

Hydrostatic load of the product, i.e. the weight of the heaviest liquid to be stored from maximum design liquid level to empty. The maximum value of the liquid density within the normal operating range of storage temperatures shall be assumed.

NOTE Maximum normal operating level in lieu of the design liquid level can be used for design conditions associated with time dependent effects e.g fatigue, long term settlements, insulation creep etc.

##### 7.3.2.2.3 Imposed loads

Imposed loads on the roof such as:

- uniformly distributed load of 1,2 kN/m<sup>2</sup> over the projected fixed roof area; this load should not be combined with snow and internal negative pressure loading.
- uniformly distributed load of 2,4 kN/m<sup>2</sup> acting on the platforms and walkways;

- concentrated load of 5 kN, over an area of 300 mm x 300 mm, placed at any location on platforms or walkways.

On a suspended roof, it is recommended that the minimum uniformly distributed load of 0,5 kN/m<sup>2</sup> be considered for erection and maintenance.

NOTE In locations where the ambient temperature can fall below the tank system product storing temperature, condensation can occur at the inside of the secondary container or warm vapour container roof when suspended roof is used. This can have an effect on the suspended roof, depending on the design of the deck and can result in the accumulation of product liquid within the annular space of certain double walled tank systems.

#### **7.3.2.2.4 Insulation pressure**

Where appropriate, both inner and outer containers shall be designed for the pressure exerted by the insulation system (perlite powder included). Any gas pressure in the insulation space shall also be considered.

#### **7.3.2.2.5 Design internal pressure**

The purchaser shall specify the design internal pressure.

#### **7.3.2.2.6 Design internal negative pressure (vacuum)**

The purchaser shall specify the design internal negative pressure.

#### **7.3.2.2.7 Settlement loads**

The storage tank system and its foundation shall be designed to take account of the maximum total and differential foundation settlements predicted to occur during the life of the tank system.

#### **7.3.2.2.8 Pipe connections**

The pipe connection loads shall be specified by the purchaser or determined by the contractor where the piping design is in his scope.

#### **7.3.2.2.9 Loading due to construction**

All possible loading cases during construction shall be considered according to EN 1991-1-6.

#### **7.3.2.2.10 Hydrostatic and pneumatic testing**

The hydrostatic and pneumatic testing shall be in accordance with EN 14620-5.

#### **7.3.2.2.11 Thermal effects**

All possible thermal effects during construction, testing, cool-down, normal and abnormal operation and warming-up shall be considered.

#### **7.3.2.2.12 Wind loads**

Unless more stringent requirements are provided in the project documents EN 1991-1-4 and its National Annexes shall apply to establish a minimum value for the wind loads.

NOTE Refer to EN 1991-1-6 for wind loads for construction conditions.

### 7.3.2.2.13 Snow loads

Unless more stringent requirements are provided in the project documents EN 1991-1-3 and its National Annexes shall apply to establish a minimum value for the snow loads.

### 7.3.2.2.14 OBE earthquake

The tank system (see also 7.1.4) shall be designed for the OBE ground motions.

NOTE For reference to EN 1998-1 and EN 1998-4 OBE is intended to be equivalent to Damage Limitation State.

The OBE ground motion shall be the motion represented by 5 % damped response spectra having a 10 % probability of being exceeded within a 50 year period (mean return interval of 475 years).

Where the structure, structural system, or component being designed warrants a damping value other than 5 % of critical, the OBE response spectra shall be adjusted accordingly applying the adjustment factor from EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, 3.2.2.2 (3). The proper damping value shall be based on:

- values for material and structural damping ratios in Annex C shall be applied for the impulsive tank seismic components. The damping value applied for the effect of the vertical impulse actions shall be the same value applied for the effect of the horizontal impulse actions;
- for the convective (sloshing) modes, the damping ratios are essentially independent of the tank system material and soil-structure interaction effects, and shall not be greater than 0,5 %.

Total damping, including soil-structure system damping, shall be limited to 15 % for the response spectra analysis. Acceleration adjustment factors due to damping shall be determined in accordance with EN 1998-1. The maximum reduction in the seismic response due to soil-structure interaction shall not exceed 40 %.

The inelastic behaviour factor  $q$  according to EN 1998-4 shall be set equal to 1.

The concrete components shall meet the serviceability limit state criteria at OBE. The metallic component shall remain elastic at OBE based on the elastic section properties. The detailed requirements are provided in EN 14620-2 and EN 14620-3.

Values for material and structural damping ratios in Annex C shall be applied for the impulsive tank seismic components.

## 7.3.3 Accidental actions

### 7.3.3.1 Leakage of the primary liquid container or membrane

For tank systems with a secondary liquid container, this secondary liquid container shall be designed such that it can contain the maximum liquid content of the primary liquid container. The possibility of sudden failure of the primary liquid container is not a design consideration. It shall be assumed that the secondary container is filled gradually. Unless otherwise specified, the gradual leak rate to be used for the secondary liquid container design shall be based on the opening area equivalent to 20 mm diameter hole in the lower part of the primary container wall immediately above the bottom. The same philosophy shall be used for the outer container of the membrane containment system Type M-CC. If, in addition to the major leak per above, the purchaser requires to investigate the effects of a minor leak, the purchaser shall specify criteria.

### 7.3.3.2 Spillage from piping components

Consideration shall be given to possible leakage of pipe flanges and valves and their effect on the tank system roof or shell.

NOTE For the leakage scenario, a gasket failure can be assumed.

Areas where spillage can occur shall be either designed for contact with the product liquid or protected by provision of product catchment and drainage.

### 7.3.3.3 SSE earthquake

The tank system (see also 7.1.4) shall also be designed for the SSE ground motions.

NOTE For reference to EN 1998-1 and EN 1998-4, SSE is intended to be equivalent to Ultimate Limit State (ULS).

The SSE ground motion shall be the motion represented by 5 % damped response spectra having a 1 % probability of being exceeded within a 50 year period (mean return interval of 4975 years), subject to the following exception:

'exception': if the ordinate of this 5 % damped probabilistic SSE response spectrum at the fundamental period (TI) of the impulsive mode of the tank-fluid-foundation system exceeds the corresponding ordinate of the deterministic SSE ground motion spectrum of the paragraph hereunder, then the SSE ground motion shall be taken as the deterministic SSE ground motion from the paragraph hereunder.

The deterministic SSE ground motion shall be the highest of the 84th percentile, 5 % damped response spectra calculated from characteristic earthquakes on known active faults within the region. The deterministic approach is only allowed in high seismic regions along plate boundaries where the locations and characteristics of the major active faults have been determined by geologic and seismologic investigations.

Where the structure, structural system, or component being designed warrants a damping value other than 5 % of critical, the SSE response spectra shall be adjusted accordingly applying the adjustment factor from EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, 3.2.2.2 (3). The proper damping value shall be based on:

- values for material and structural damping ratios in Annex C shall be applied for the impulsive tank seismic components. The damping value applied for the effect of the vertical impulse actions shall be the same value applied for the effect of the horizontal impulse actions;
- for the convective (sloshing) modes, the damping ratios are essentially independent of the tank system material and soil-structure interaction effects, and shall not be greater than 0,5 %.

Total damping, including soil-structure interaction, shall be limited to 20 % for the response spectra analysis. Acceleration adjustment factor due to damping shall be determined in accordance with EN 1998-1. The maximum reduction in the seismic response due to soil-structure interaction shall not exceed 50 %.

For steel tanks the inelastic behaviour factor  $q$  according to EN 1998-4 applied to the impulsive seismic component shall not exceed 1,5. For concrete tanks the factor  $q$  shall not exceed 1,0.

### 7.3.3.4 External fires and explosions

The purchaser shall specify the extent of external fires and explosions as identified by the risk assessment.

Heat flux and duration associated with the governing credible fire scenario shall be provided. Potential fires both external to the tank system and directly on the tank system shall be considered. Where applicable, potential fire hazard shall include but not be limited to the adjacent tank fire, pool fire in a product spill catching basin, jet fire from the equipment and/or piping adjacent to the tank system, pressure relief vent fire, and piping and equipment fire directly mounted on the tank system.

Where applicable, the effects due to potential external explosions shall include but not be limited to explosions on the process modules, equipment or pressure vessels (BLEVE) adjacent to the tank system shall be considered. Blast overpressure profile versus time shall be provided for tank system blast evaluation.

#### 7.3.3.5 Projectile impact

When identified by the risk assessment the projectile impact loading shall be specified by the purchaser.

#### 7.3.4 Action combinations

The normal actions listed above shall be combined in accordance with EN 1990 such that all possible combinations, which can occur during construction, testing, cool-down, normal operation and warming-up of the tank systems, are incorporated in the design. Only one accidental action shall be combined with the appropriate combination of normal actions in any one-load case.

## 8 Inspection and maintenance

The contractor shall indicate critical items that may require further attention in future so that the inspection and maintenance program of the tank system shall be prepared accordingly.

## 9 Marking and documentation

### 9.1 Nameplates

Any single, double, full or membrane containment tank system shall be identified by a corrosion resistant nameplate as shown in Figures 6 and 7.

All nameplates shall be clearly visible from outside of the tank system and be attached to the outside surface of the tank system component in the accessible location.

When the outer wall of the tank system is made from metal, a name plate shall be attached by either direct welding or be riveted to the axillary plate made from the same ferrous material as the outer wall or from a corrosion resistant ferrous material and welded to the outer wall.

For the outer wall made of concrete, the nameplate shall be attached to the axillary plate of non-corrosive ferrous material that is embedded in concrete.

Name plate shall contain the information described below. At the purchaser's request or at the tank system contractor's discretion, additional pertinent information may be shown on the nameplate.

A – Edition (Year) of EN 14620-1

B – Storage Concept (Single, Double or Full Containment System)

C – Year the tank system was placed in service

D - Designation assigned to the tank system by purchaser

E - Contractor

F – Net (Working) Capacity (m<sup>3</sup>)

H – Stored Product

G - Design Liquid Density (kg/m<sup>3</sup>)

I - Design and Construction Standard for the Primary Liquid Container (Use slash “/” if several standards apply (e.g. prEN 14620-6/EN 14620-2))

- J - Edition (Year) for Primary Liquid Container Design and Construction standard (use slash for edition year of each standard involved)
- K - Nominal Diameter of Cylindrical Shell (m)
- L - Nominal Wall Height (m)
- M - Design Temperatures (Minimum/Maximum) (°C/°C)
- N - Description of Material
- O - Design Pressure (Minimum/Maximum) (kPa/kPa) for the Primary Liquid Container, (indicate "N/A" for open top tank)
- P - Design Liquid Level (m) (indicate "N/A" if does not apply to a particular container type)
- Q - Pneumatic Test Pressure (kPa) (indicate "N/A" for open top tank)
- R - Hydrotest Liquid Level (m) (indicate "N/A" if does not apply to a particular container type)
- S - Type of Container, i.e. "Secondary Liquid", "Warm Product Vapour" or "Purge Gas" container. The section below does not apply for a single wall single containment tank system
- T - Design and Construction Standard for the "S" Container Type (Use slash "/" if several standards apply (e.g. prEN 14620-6/EN 14620-2))
- U - Edition (Year) for the "S" Container Type (use slash for edition year of each standard involved)
- V - Type of Membrane Tank System
- W - Design and Construction Standard for Membrane
- X - Edition (Year) for Membrane Design and Construction Standard
- Y - Design and Construction Standard for Membrane Tank Outer Container
- Z - Edition (Year) for Membrane Tank Outer Container Design and Construction Standard

Tank System Standard	EN 14620 Part 1	Storage Concept	___ B ___
Edition (or Year)	___ A ___	Year Completed	___ C ___
Purchaser Tank No	___ D ___	Contractor	___ E ___
Net (Working) Capacity	___ F ___	Design Liquid Density	___ G ___
Product	___ H ___		
<b>PRIMARY LIQUID CONTAINER</b>			
Design and Constr. Standard	___ I ___	Edition (or Year)	___ J ___
Nominal Diameter	___ K ___	Wall Height	___ L ___
Design Temperature (min/max)	___ M ___	Material	___ N ___
Design Pressure (min/max)	___ O ___	Design Liquid Level	___ P ___
Pneumatic Test Pressure	___ Q ___	Hydrotest Level	___ R ___
___ S ___ <b>CONTAINER</b>			
Design and Constr. Standard	___ T ___	Edition (or Year)	___ J ___
Nominal Diameter	___ K ___	Wall Height	___ L ___
Design Temperature (min/max)	___ M ___	Material	___ N ___
Design Pressure (min/max)	___ O ___	Design Liquid Level	___ P ___
Pneumatic Test Pressure	___ Q ___	Hydrotest Level	___ R ___

**Figure 6 — Nameplate for non-membrane tank system**

Tank System Standard	EN 14620 Part 1	Storage Concept	Membrane Tank System Type ____ V ____
Edition (or Year)	____ A ____	Year Completed	____ C ____
Purchaser Tank No	____ D ____	Contractor	____ E ____
Net (Working) Capacity	____ F ____	Design Liquid Density	____ G ____
Product	____ H ____	Design Liquid Level	____ P ____
<b>MEMBRANE</b>			
Design and Constr. Standard	____ W ____	Edition (or Year)	____ X ____
Nominal Diameter	____ K ____	Wall Membrane Height	____ L ____
Design Temperature (min/max)	____ M ____	Membrane Material	____ N ____
Design Pressure (min/max)	____ O ____	Hydrotest Level	____ R ____
Pneumatic Test Pressure	____ Q ____		
<b>MEMBRANE TANK OUTER CONTAINER</b>			
Design and Constr. Standard	____ Y ____	Edition (or Year)	____ Z ____
Nominal Diameter	____ K ____	Wall Height	____ L ____
Design Temperature (min/max)	____ M ____	Material	____ N ____
Design Pressure (min/max)	____ O ____	Hydrotest Level	____ R ____
Pneumatic Test Pressure	____ Q ____		

**Figure 7 — Nameplate for membrane tank system**

## 9.2 Certification

Upon completion of all tests and inspections on each tank system, the tank system contractor shall provide information to the purchaser that the tank system has been constructed in accordance with the applicable requirements of this document.

**NOTE** This can be done e.g. by a letter. The purchaser may employ a third party experienced in making inspections of tank systems as a purchaser's inspector. If such third party is involved a good practice would be that the purchaser's inspector co-sign the certification letter to the purchaser.

## 9.3 Handover documentation

The extent of handover documentation shall be defined in the contractual agreement between the purchaser and the contractor.

**Annex A**  
(informative)

**Physical properties of gases**

Liquefied gases can be defined as products for which the temperature of the boiling point at atmospheric pressure is below 0 °C.

Table A.1 gives the main physical constants of pure products most commonly encountered.

**Table A.1 — Physical properties of pure gases**

Name	Chemical formula	Mol. mass g/mol	Boiling point °C	Latent heat of vapour at boiling point kJ/kg	Liquid density at boiling point kg/m <sup>3</sup>	Gas density at boiling point kg/m <sup>3</sup> ·10 <sup>-2</sup>	Vol. of gas liberated by 1 m <sup>3</sup> of liquid (exp. to 15 °C at 1 bar) m <sup>3</sup>
N-Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58 123	- 0,5	385	601	270	239
Iso- Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58 123	- 11,7	366	593	282	236
Ammonia	NH <sub>3</sub>	17 030	- 33,3	1367	682	905	910
Butadiene	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54 091	- 4,5	417	650	255	279
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44 096	- 42,0	425	582	242	311
Propylene	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42 080	- 47,7	437	613	236	388
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30 069	- 88,6	487	546	205	432
Ethylene	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28 054	- 103,7	482	567	208	482
Methane	CH <sub>4</sub>	16 043	- 161,5	509	422	181	630
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28 013	- 195,8	198	804	463	678
Oxygen	O <sub>2</sub>	31 999	- 183,0	213	1141	448	843
Argon	Ar	39 948	- 185,9	162	1392	577	823

The purchaser should specify the properties and actual chemical composition of the gas to be stored.

## **Annex B** (normative)

### **Design information**

#### **B.1 Information to be specified by the purchaser**

The purchaser shall specify the following design data:

- scope of work;
- tank system type;
- design and set pressures;
- filling/emptying rates;
- accidental actions (e.g. spillage, projectile impact, fires and explosions);
- design lifetime;
- location of the tank system with plot plan;
- tank system working capacity;
- environmental data (incl. ambient, minimum/maximum temperatures);
- Process Flow Diagrams (PFDs), Process and Instrumentation Diagrams (P and IDs);
- design metal temperature of primary container or membrane;
- relevant properties of the contained fluid, including relative density, temperature, toxicity, flammability;
- provisions to prevent rollover (install density meter, apply continuous circulation of product);
- permissible boil-off rate and ambient conditions;
- design internal positive and negative pressures;
- maximum normal operating level;
- pressure and vacuum relief design data (flow rates);
- piping and instrumentation requirements;
- site-specific geotechnical data;
- site-specific seismic hazard assessment;

- insulation concept;
- site potential for flooding;
- maximum number of cool-down/warm-up cycles.

NOTE In view of the contractor's responsibility, additional data can be required.

## **B.2 Information to be provided by tank system contractor**

The following information shall be provided to purchaser by the tank system contractor:

- tank system maximum liquid capacity;
- internal diameter and height at ambient temperature of the primary liquid container or membrane;
- diameter and height of the secondary liquid/warm vapour/purge gas container or membrane tank outer container;
- design liquid level;
- normal maximum and minimum operating liquid levels; and
- high- and low-level alarms.

## **B.3 Information to be agreed between the purchaser and the contractor**

The following items shall be agreed between the purchaser and the contractor:

- contractors' assistance for the risk assessment;
- identification of applicable local or national laws and legislation;
- consequences of leakage scenarios;
- maximum allowable purging rate of the insulation monitoring system (membrane or double wall-double roof tank systems);
- commissioning procedures; and
- predicted settlements of the tank systems and future inspections to be carried out.

## **Annex C** (normative)

### **Seismic analysis**

#### **C.1 General**

For OBE conditions, the tank system design shall ensure that operability during and after seismic events is maintained.

For SSE conditions:

- for single, double and full containment tank systems, the liquid shall be contained by the primary liquid container;
- for membrane tank system, the liquid shall be contained inside the membrane liquid barrier;
- the calculated sloshing wave height shall not exceed the freeboard above the maximum normal operating level.

After an SSE event, the secondary liquid container for double and full containment tank systems and the membrane tank outer container for the membrane tank system, shall retain its liquid containment capabilities while exposed to the product to the maximum spill level (see 7.3.3.1). Following the SSE event, the tank system shall be decommissioned and inspected.

In order to provide containment capability in case of liquid leak, following the SSE event, the secondary liquid container, or the membrane tank outer container, shall meet one of the following conditions:

- a) remain elastic and undamaged during the SSE event;
- b) If condition a) is not met, all damages and inelastic deformations occurring during SSE shall be accounted for, as a starting condition of the secondary container or membrane tank outer container for the leak design.

#### **C.2 Analysis of the tank system structure**

For the dynamic design method, reference shall be made to EN 1998-4.

For high seismic locations it may be necessary to apply more advanced approaches such as modal response spectra analysis, and nonlinear methods including time-history analysis as defined by EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, 4.3.3.3 and 4.3.3.4.

#### **C.3 Modelling of the tank system structure and fluid**

When the fluid pressure acts directly on the tank system structure, the dynamic analysis of the tank system structure shall be done on the basis of calculation models that include the natural frequency and vibration mode of the tank system structure, as well as the natural frequencies and vibration modes of the fluid (convective and impulsive horizontal modes and impulsive vertical modes). For all relevant vibration modes, horizontal and vertical forces and overturning moments of the tank system shall be calculated.

The following values of the material and structural damping applied to both horizontal impulsive and vertical seismic components shall be used:

**Table C.1 — Material and structural damping**

Material	OBE	SSE
Steel	2 %	5 %
Reinforced Concrete	4 %	7 %
Pre-stressed Concrete	2 %	5 %
Product liquid (Impulsive component)	2 %	5 %

For guidance of modelling and analysis, EN 1998-1:2004<sup>1</sup> and EN 1998-4 should be used.

**NOTE** It is acceptable to calculate the dynamic response on the basis of a summation of the response of single degree of freedom systems, that take into account a single vibration mode of tank and/or fluid. Alternatively, it is acceptable to calculate the dynamic response by using finite element models of tank and fluid, including fluid structure interaction. For the single degree of freedom models and their properties reference is made to EN 1998-4. The response can be calculated by using direct time integration techniques or mode superposition techniques.

## C.4 Response of the tank system structure

### C.4.1 General

The response of the tank system shall be calculated for the horizontal and vertical forces caused by the seismic event, for OBE and SSE separately.

The following response parameters shall be calculated:

- the height of the fluid waves due to the first convective mode of vibration;
- in the parts of the tank shell or membrane, that are directly or indirectly loaded by the self-weight of the fluid and by the hydrodynamic fluid pressures as a result of convective, impulsive modes and breathing modes:
  - the hoop stress;
  - the shear stress;
  - the longitudinal stress;
  - dynamic suction (membrane).

In the parts of the tank system base that are directly or indirectly loaded by the self-weight of the fluid and by the hydrodynamic fluid pressures as a result of convective or impulsive modes (horizontal) and breathing mode (vertical):

- the shear stress;
- the normal stress.

## C.4.2 Seismic isolation

Seismic isolators shall be inspectable. The need for maintenance and replacement shall be considered. Seismic isolators shall be effective and undamaged during and after an OBE seismic event. For SSE seismic events, damage as a result of the event shall be allowed, provided the effectiveness of the isolation system is not impaired.

NOTE Seismic isolation influences the dynamic characteristics of the horizontal and/or vertical vibrations modes of the tank system structure.

Attention shall be paid to the possible interaction with the sloshing modes (e.g. second and third order) and the impulsive and convective response of the structure.

Behavioural factor “q” for seismically isolated structures shall be equal to 1.0.

Seismic isolation system shall be sized to accommodate 120 % of the maximum OBE and 105 % of the maximum SSE displacements calculated in accordance EN 1998-1:2004<sup>1</sup>, Clause 10.

Because the seismic isolation system provides much more significant effect on the horizontal seismic load applied to the structure and impulsive fluid component the effect of soil-structure interaction on the horizontal seismic load may be ignored.

Piping and structural components connected to seismically isolated tank systems shall be designed to accommodate 120 % of the maximum expected tank displacements for the OBE condition and 105 % of the maximum expected displacements for the SSE conditions.

The tank systems with shell or bottom penetrations without internal valves are not allowed for seismically isolated tank structures.

## C.5 Acceptance criteria and limits

### C.5.1 For OBE

The following criteria and limits shall apply:

- Tank system shall have sufficient freeboard, to prevent both spillage and any contact with the suspended-deck due to sloshing waves. For calculating the height of sloshing waves in tanks, see EN 1998-4.
- Horizontal sliding of the tank system shall not be allowed. The maximum friction factor considered for sliding resistance shall be 0,38 based on  $(\tan 30^\circ)$  divided by a factor of safety against sliding of 1,5. The friction factor shall consider materials underlying the tank bottom. Anchorage shall not be used to resist sliding.

### C.5.2 For SSE

The following criteria and limits shall apply:

- for an unanchored steel primary, secondary or membrane tank outer container, the maximum width (measured in radial direction) of the steel bottom considered to uplift for determining resisting force is 7 % of the container radius; and
- horizontal sliding of the tank system is not allowed. The maximum friction factor to resist sliding shall not exceed  $\tan 30^\circ$ . The friction factor shall consider materials underlying the tank bottom and shall be determined based on literature or testing. Anchorage shall not be used to resist sliding.

### C.5.3 Structural design

The tank system shall be checked for global stability and applicable tensions, compression and shear for both OBE and SSE conditions. The acceptance criteria are provided in the following parts:

- metallic components: EN 14620-2;
- concrete components: EN 14620-3;
- insulation components: EN 14620-4; and
- non-hydrocarbon products: prEN 14620-6 and EN 14620-7.

### C.6 Vertical anchors

The necessity for vertically anchoring the tank system structure shall be evaluated on the basis of the overturning stability of the tank system, internal pressure induced uplift forces, and limits on the uplift of the annular plate. Vertical anchors and their shell attachment shall be designed to resist all vertical shell loads due to internal pressure and seismic or wind effects and to transfer these loads to the foundation. Anchors and their attachments shall be designed to accommodate differential thermal radial movements. For normal elastic design, embedments and attachments shall be designed for the force to initiate yielding of the anchor.

## **Annex D** (informative)

### **Tank heating system**

If the soil under the tank system is allowed to become too cold, frost penetrates into the ground, ice lenses form in the soil (mainly in fine grained soils), and the growth of these ice lenses results in high expansion forces which lift and damage the tank system or parts of the tank system (e.g. the tank system bottom connection). To prevent this, the heating system needs to operate in the foundation.

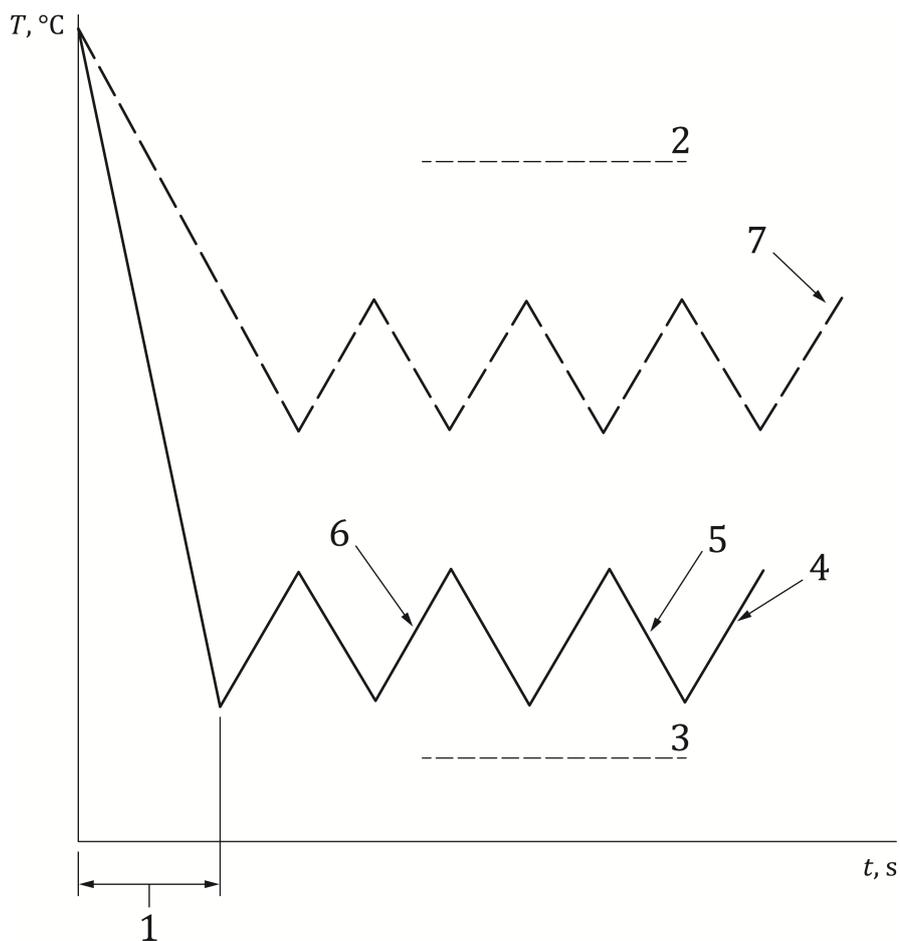
If a self-regulating on-off heating system is used, an automatic on/off switch system should activate the heating system and ensure that the tank system foundation, at its coldest location, is within a temperature range of +5 °C to +10 °C. Other areas of the tank system foundation may have a higher temperature.

Alternatively, a constant wattage heating system may be used to maintain the tank system foundation at its coldest location at a temperature of 5 °C with a 'dead band' of 1 °C.

The temperature of the whole heating system should be monitored. Typically, the set-point for the "low temperature alarm" is 0 °C and for the "high temperature alarm" + 50 °C.

Frequent monitoring of the heating system performance is essential because it provides the first indication of a tank system leak. In the event of a leak, the controller located near this leak shows a sudden temperature drop. Daily recording of the controller readings is therefore recommended.

Another indication of an abnormal situation, when a self-regulating system is used, is a change in duty cycle or heating power consumption. This produces a change in on-off time. Normally the heating system is activated 40 % to 60 % of the operating time and a sudden change to 100 % activation would indicate that there is something wrong with the system, or that a leak is present. It is recommended that a daily record be maintained of whether the heating is activated or not, see Figure D.1.



**Key**

- |   |                                    |   |              |
|---|------------------------------------|---|--------------|
| 1 | cool-down period                   | 5 | heating off  |
| 2 | alarm set level (high temperature) | 6 | heating on   |
| 3 | alarm set level (low temperature)  | 7 | other sensor |
| 4 | controlling sensor                 |   |              |

**Figure D.1 — Typical heating time recording curve**

## **Annex E** (informative)

### **Recommendations for geotechnical investigations and seismic hazard evaluation**

#### **E.1 General**

This Annex provides recommendations for the geotechnical and seismicity investigations and seismic hazard evaluation for the tank systems storing Refrigerated Liquefied Gases. It also provides recommendations on the content of the geotechnical report, which the geotechnical engineer responsible for soil investigation should provide to the purchaser, or the tank engineer. (Reference should also be made to EN 1997-2 Eurocode 7 Geotechnical design - Part 2 Ground investigation and testing.) All geotechnical investigation and testing should be carried out in accordance with a recognized quality assurance system.

E.1.1 The variable nature of the ground represents one of the highest risks to the tank designer and constructor. Due to the safety critical nature of most tanks, there is a higher-than-normal requirement for the foundation to provide safe, long term support, to the tank during all loading conditions. The quality and detail of the geotechnical investigation should be of high standard, to ensure safe support of the structure and that risk control can be determined.

E.1.2 The geotechnical investigation process should be phased, to optimize the provision of information and its cost effectiveness. Typically, the phases of development are:

- Feasibility
- Pre-FEED
- FEED
- Detailed Design

The Owner should provide an increasing level of geotechnical and seismic detail at each subsequent stage, corresponding to the type of foundation to be adopted, the nature of the ground encountered and the level of cost accuracy required.

Particular consideration should be given by the Owner to the level of geotechnical and seismic information provided at the FEED/Detailed Design Phase for EPC type projects. It is often more cost effective and beneficial to the overall progress of the project, for the Owner to provide high quality, detailed geotechnical and seismic information (SSSHA) to the EPC Contractor/Designer during the FEED/bidding phase. This allows the earliest possible start to Detailed Design and subsequent construction of the foundations, comprehensive assessment of the risks, economic design and minimization of the construction schedule. Detailed geotechnical and seismic investigations are generally long-lead items which, if left to the start of the construction phase, can result in longer schedules.

#### **E.2 Purpose of the investigation**

The purpose of the geotechnical investigation is as follows:

- To provide essential information and knowledge of the subsurface conditions beneath the proposed tank system.
- To provide the tank engineer with the information required for the design of the tank system's foundation, in sufficient detail and in a timely manner.
- To provide the Tank Constructor with site data relevant to construction. This should include desk studies to identify the history of development on and around the site, details of previous foundations or excavations, underground voids and where appropriate, identification of soil contamination.
- To conduct a sufficient number of soil borings to such a depth to reasonably define the vertical and horizontal variations in the soil stratification.
- To sample and classify the soil strata.
- To determine the presence, or absence, of rock and boulders fills or organic materials.
- To discover any other condition, including the topography of the area which would affect the design or construction of the foundation.
- To provide data for the determination of the net allowable bearing pressure of the soil at various depths.
- To provide data for the determination of the amount of total and differential settlement that will occur under the specified loading in the short and long term, including hydrotest.
- To determine the relative grade elevation at each boring location and reference these elevations to a permanent benchmark which should be described in the report.
- To provide data sufficient to assess the potential of the underlying soil to experience liquefaction/lateral spreading under seismic conditions, potential effects of any liquefaction/lateral spreading and recommendations to mitigate the effects.
- To measure and define the P-wave velocity profile, S-wave velocity profile and dynamic soil properties required for Soil-Structure Interaction analysis.
- To provide seismic coefficients for tank design, soil site class and seismic design category.
- To provide the soil layers and properties considered in settlement determinations.
- Identification of the presence of ground water and the depth of the water table, monitoring of its levels over a period, and assessment of its chemical composition.

### **E.3 Suggested minimum soil investigation**

**E.3.1** A qualified geotechnical engineer, familiar with the foundation design information, should supervise the soil borings and develop adequate field and laboratory data.

**E.3.2** Tank engineer should provide the following information to geotechnical engineer before the soil investigation is commenced:

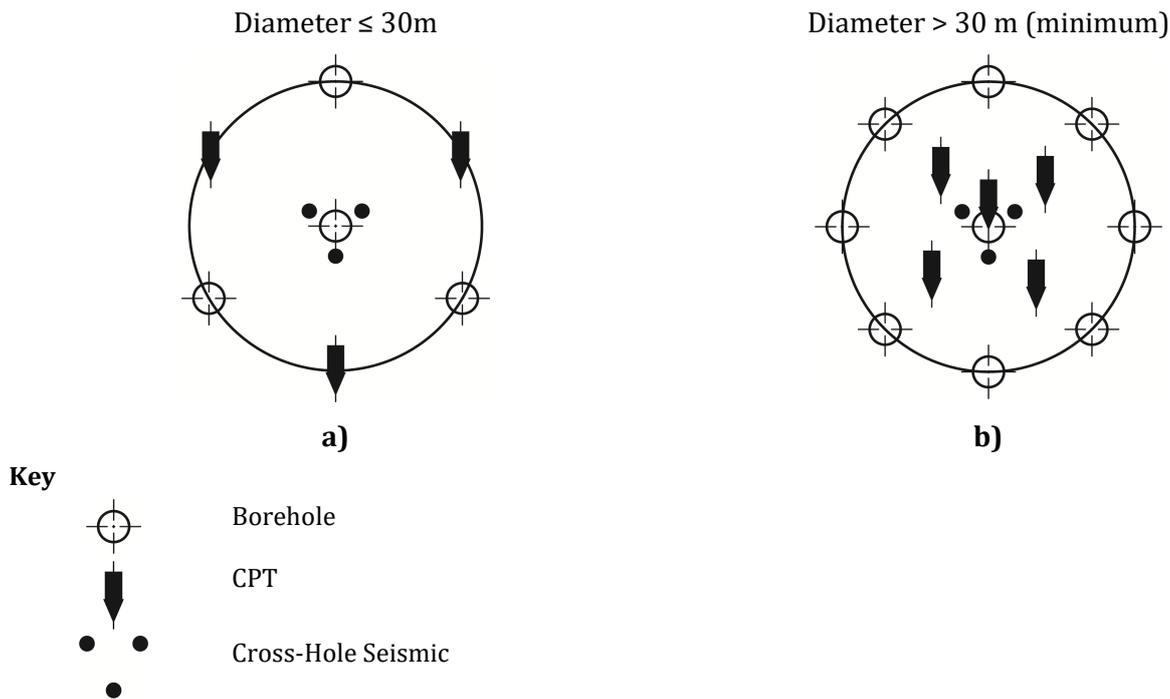
- Tank and foundation configuration;

- Area Loads on the tank footprint;
- Line Loads at the tank wall (walls) both upward and downward; and
- Permissible settlements if more restrictive than allowed in section 7.1.9 of this standard.

**E.3.3** The following are recommendations for a minimum soil boring programme.

The following minimum number of borings are recommended:

- One boring at the tank centre location.
- For tank systems 30m, or smaller in diameter - Three equally spaced boreholes at the edge of the tank footprint (outer wall footprint when a tank system has two walls).
- One additional borehole inside the tank footprint for every additional 900m<sup>2</sup> of tank area. These additional borings should be spaced as uniformly as possible.
- Where CPT equipment and ground conditions permit, CPT's to reach the same depth as boreholes, a combination of boreholes and CPTs may be utilized. As a minimum requirement, one CPT should be paired with a borehole to correlate the ground profile.
- Where CPT equipment and ground conditions do not permit CPT's to reach the equivalent borehole depth, they may be used for obtaining supplementary information. CPT's are particularly applicable for assessment of the liquefaction potential of soils.
- A cross-hole seismic test should be carried out adjacent to the central borehole. The pattern of cross-holes should be selected by the geotechnical engineer.



**Figure E.1 — Indicative layout of boreholes, CPT and cross-holes**

NOTE See E.3.3 for recommended quantities. Actual location and quantity of boreholes and/or CPT to be defined by geotechnical engineer.

## E.4 Testing

### **The testing recommendations are outlined below:**

- a) The testing should be carried to the greater depth derived from one of the following conditions:
- The depth to which the tank loads will increase the vertical stress no more than 10 % over the effective overburden stress.
  - The depth, in the geotechnical engineer's judgment, at which vertical loads imposed on strata beneath the maximum boring depth could neither precipitate a local or general failure of the foundation, nor be a source of significant tank settlement.
  - Where such detailed information is not available, the testing should be carried out to a minimum depth equivalent to;  $1,5 \times$  tank diameter for tanks  $\leq$  30m and  $1,0 \times$  tank diameter for tanks  $>$  30m.
- b) If the boring, or CPT information, indicates that variable soil conditions exist across the tank site, it may be necessary to make additional borings, or CPT readings to define the extent of the various soil types and resultant settlements. This is particularly important if the different soil types located below the tank exhibit variations in compressibility.
- c) When CPT is used, at least one should be paired with a borehole to correlate the soil strata information. Where several CPT's are used, the number paired should be increased. CPT should be pushed to refusal.

- d) When use of a piled foundation is anticipated, testing should be carried out to sufficient depth below the pile tips to allow determination of pile group capacity and settlement. Should CPT's not be able to be pushed to depths sufficient for capacity and settlement determinations, borings should be utilized.
- e) If rock is encountered, a minimum of 5m of rock coring should be undertaken, unless the geotechnical engineer determines otherwise. If the rock is known to be cavernous, it is suggested additional coring be considered. Borings should penetrate at least five metres into bedrock to confirm that competent bedrock has been reached.
- f) Boring samples should be taken at 1,0 m intervals until a depth of 5 m below grade is reached. Below this depth, samples should be taken at each change of soil stratum but at a maximum interval of 2,5 m. The type of samples taken, disturbed or undisturbed, and the number and type of laboratory tests performed should be appropriate to the type of soil encountered. It is particularly important that the boundaries between fill and natural soil, and between loose natural soil and denser material be defined.
- g) Consolidation tests should be conducted on selected samples from each compressible clay layer, in order to determine the magnitude and time rate of settlement to be expected. Samples for consolidation testing should be at least 75 mm in diameter.
- h) Chemical tests should be performed to determine the pH, chloride content and the sulphate content of the existing soil at the tank site.
- i) Electrical Resistivity testing should be carried out to determine the corrosive nature of the ground and aid assessment of the need for corrosion protection measures.

Changes to the recommended program above may be required after the results of the initial boring or CPT test results are reviewed by the geotechnical engineer.

## **E.5 Soil data analysis and geotechnical report**

The geotechnical engineer should submit a written report providing analysis and discussion of the subsurface conditions.

The report should summarize all field work, laboratory tests, and should include an analysis and discussion of the subsurface conditions as evidenced by the investigation and the geotechnical engineer's knowledge of the area. It should include boring logs, and CPT results (if performed) containing all field log information plus laboratory descriptions of samples as determined by the geotechnical engineer, and should include technical information concerning the lithology, stratigraphy, mineralogical composition, and the structural relationships of rocks and soils.

Subsoil properties to be provided should include, but not necessarily limited to, the following:

- coefficient of friction or adhesion values between soil and concrete;
- unit weight of soil;
- cohesion value;
- angle of internal friction;
- dynamic soil properties;

- rock quality;
- chemical analysis of soil and water for pH;
- chloride and sulphate content (in ppm);
- soil conductivity;
- location of water table;
- soil moisture content; and
- soil descriptions and gradations.

Recommendations for both a shallow ring-wall or slab foundation, with or without soil improvement, and a pile foundation should be provided.

The report should recommend a net allowable bearing pressure and indicate the depth or depths at which this recommendation is applicable. The geotechnical engineer should state the factor of safety with respect to a bearing capacity failure, and the amount of total and differential settlement, which can be anticipated. The period of time over which the predicted settlement will occur should be given when sufficient test information is available.

**NOTE** Net pressure is defined as the pressure at the base of the foundation resulting from live and dead loads and the weight of the foundation in excess of the weight of the earth it has displaced.

If soil improvement is recommended, the geotechnical engineer should address the applicable type of soil improvement such as vibro-compaction, vibro-replacement, dynamic compaction, etc. The bearing and settlement data should be provided for both improved and unimproved soil conditions.

If a piled foundation is recommended the geotechnical engineer should recommend the pile capacity (in chart form for compression/uplift vs. pile depth; lateral load vs. pile head deflection for free and fixed head conditions, maximum pile bending moment vs. pile lateral load for free and fixed head conditions), types of piles, and estimated length. Significant site conditions such as pile negative skin friction/down-drag should be discussed. Any special installation techniques required such as predrilling or jetting should be mentioned. The generalized soil profile used for pile capacity should be provided. Local availability of pile size and pile type should be addressed.

## **E.6 Site-specific seismicity hazard investigation**

The seismic design of the proposed facility should comply with the requirements of this standard. As a minimum, the site-specific seismic study report should include the following information.

- a) Perform Spectra Analysis of Surface Waves (SASW) geophysics to measure the P-wave and S-wave velocity profiles. A minimum of two profiles across the tank footprint is required.
- b) The report should include horizontal ground acceleration response spectra for Operating Basis Earthquake (OBE) and Safe Shutdown Earthquake (SSE). The ground response spectra, in the form of acceleration versus period, should be constructed for the structural damping value of 5 % of critical damping. The spectra should be provided over a range from 0,1 s to 1,1 times of the convective liquid period determined in accordance with EN 1998-4:2006, Annex A which should be specified by either the purchaser or the tank engineer. If the convective liquid period is not available the spectra should be extended to 12 s. The value used for  $T_b$  (the lower limit of the period of the constant spectral acceleration branch),  $T_c$  (the upper limit of the period of the constant spectral

acceleration branch) and the value of  $T_D$  (the transition between constant velocity and constant displacement) should be noted.

- c) The report should address the methods or equations by which the provided ground response spectra should be adjusted for other values of critical damping.
- d) The report should include vertical ground acceleration response spectra that act simultaneously with OBE and SSE horizontal earthquakes.
- e) The horizontal and vertical spectra should be provided in both tabular and graphical formats.
- f) Soil-structure interaction parameters should be developed for both unimproved site conditions, incorporating the effects of soil improvement and changes to site levels. The information provided should include the determination of the soil properties including strain levels, effective shear wave velocities, soil damping ratios, soil densities, and Poisson's ratio for the various soil layers encountered for the OBE and SSE conditions. The recommended design values for the damping ratios for the fundamental impulsive mode should be provided.
- g) An evaluation of the potential for liquefaction and lateral spreading for the OBE and SSE conditions should also be provided. Effects of soil improvement on liquefaction potential should be discussed

Synthetic accelerograms matching OBE and SSE design spectra should be generated if required by the purchaser or the tank engineer. The purchaser or the tank engineer should specify the required number of accelerograms. At least three ground motions representative of the site conditions and matching the design spectra should be provided if the tank is expected to be seismically isolated.

## Bibliography

- [1] EN 1997-2, *Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing*
- [2] EN 1473, *Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations*
- [3] EN 13445-1:2014, *Unfired pressure vessels — Part 1: General*
- [4] EN 13445-2:2014, *Unfired pressure vessels — Part 2: Materials*
- [5] EN 13445-3:2014, *Unfired pressure vessels — Part 3: Design*
- [6] EN 13445-4:2014, *Unfired pressure vessels — Part 4: Fabrication*
- [7] EN 13445-5:2014, *Unfired pressure vessels — Part 5: Inspection and testing*
- [8] EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings*
- [9] EN 1992 (all parts), *Eurocode 2: Design of concrete structures*
- [10] EN 1993 (all parts), *Eurocode 3: Design of steel structures*
- [11] EN 1994 (all parts), *Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures*
- [12] EN 1995 (all parts), *Eurocode 5: Design of timber structures*
- [13] EN 1996 (all parts), *Eurocode 6: Design of masonry structures*
- [14] EN 1997 (all parts), *Eurocode 7: Geotechnical Design*
- [15] EN 1998 (all parts), *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance*
- [16] EN 1999 (all parts), *Eurocode 9: Design of aluminium structures*
- [17] EN ISO 9001, *Quality management systems - Requirements (ISO 9001)*