

DIN EN 14620-4

DIN

ICS 23.020.10

Teilweiser Ersatz für
DIN 4119-1:1979-06 und
DIN 4119-2:1980-02**Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -165 °C –****Teil 4: Dämmung;****Deutsche Fassung EN 14620-4:2006**

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

Part 4: Insulation components;

German version EN 14620-4:2006

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

Partie 4: Constituants isolants;

Version allemande EN 14620-4:2006

Gesamtumfang 32 Seiten

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



Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 14620-4:2006) wurde von der Arbeitsgruppe 6 „Tanks für tiefkalt verflüssigte Gase“ des CEN/TC 265 „Standortgefertigte Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ (Sekretariat: BSI (Vereinigtes Königreich)) erarbeitet.

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

Änderungen

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

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

Frühere Ausgaben

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

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

Deutsche Fassung

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

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

Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat,
verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au
stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les
températures de service sont comprises entre
0 °C et -165 °C —
Partie 4: Constituants isolants

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

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

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

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



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

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

Nur zum internen Gebrauch

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Auslegungsanforderungen, Leistungskennwerte, Prüfung und Auswahl von Dämmstoffen	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Analyse der Anforderungen an die Auslegung	6
4.3 Beurteilung der Leistungskennwerte	7
4.4 Prüfung von Dämmstoffen und Dämmsystemen	10
5 Schutz der Dämmung — Wasserdampfsperre	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Vom Außentank gebildete Schutzkonstruktion	11
5.3 Schutzabdeckung für die äußere Dämmung	11
6 Auslegung des Dämmsystems	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Thermische Auslegung	12
6.3 Konstruktive Auslegung	12
6.4 Dämmung für alle Tankbauteile	15
6.5 Auslegung für unterschiedliche Ausführungen von Sicherheitshüllen	19
7 Einbau der Dämmung	19
7.1 Einleitung	19
7.2 Allgemeine Anforderungen	19
7.3 Inspektion und Prüfung	20
Anhang A (informativ) Dämmstoffe	21
Anhang B (normativ) Prüfverfahren	24
Anhang C (normativ) Dämmung des Tankbodens — Grenzzustandstheorie	28
Literaturhinweise	30
 Tabelle	
Tabelle A.1 — Einwandiger Tank und einwandiger Tank mit Auffangtasse	21
Tabelle A.2 — Doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle	22
Tabelle A.3 — Membrantanks	23
Tabelle B.1 — Prüfung des Wärmedurchlasswiderstands	24
Tabelle B.2 — Prüfung der mechanischen Eigenschaften	25
Tabelle B.3 — Prüfung der Temperaturbeständigkeit	25
Tabelle B.4 — Prüfung der Durchlässigkeit für und der Wirkungen von Wasser und Wasserdampf ...	26
Tabelle B.5 — Prüfung des Verhaltens in Lagergutatmosphäre	26
Tabelle B.6 — Prüfung der chemischen Eigenschaften	27
Tabelle B.7 — Prüfung der Feuerbeständigkeit/des Brandverhaltens	27

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14620-4:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 265 „Standortgefertigte Metalltanks zur Lagerung von Flüssigkeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

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

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

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

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an Werkstoffe, Auslegung und Einbau der Dämmung für Tanks zur Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen fest.

In RLG-Tanks wird verflüssigtes Gas mit niedrigem Siedepunkt gelagert, d. h. mit einem Siedepunkt, der unter der üblichen Umgebungstemperatur liegt.

Das Konzept zur Lagerung von flüssigem Lagergut in nicht unter Druck stehenden Tanks hängt daher von einer geeigneten Kombination der latenten Verdampfungswärme und der Wärmedämmung ab.

Folglich ist die Wärmedämmung für RLG-Lagertanks kein untergeordneter Bestandteil des von der/den Sicherheitshülle(n) gebildeten Systems (wie bei den unter Umgebungsbedingungen betriebenen Kohlenwasserstofftanks), sondern eine sehr wichtige Komponente, weil der Lagertank nur betrieben werden kann, wenn das Dämmsystem vorschriftsmäßig ausgelegt, eingebaut und unterhalten wird.

Die wichtigsten Funktionen der Dämmung in RLG-Lagertanks sind:

- Beibehaltung eines unterhalb der festgelegten Grenzwerte liegenden Siedepunktes;
- Schutz der nicht für Tieftemperaturen vorgesehenen Tankteile/-werkstoffe (hauptsächlich des Außentanks), indem sie bei der jeweils geforderten Umgebungstemperatur gehalten werden;
- Begrenzung des Abkühlens der Gründungen/des Bodens unter dem Tank, um Beschädigungen durch Frosthub zu verhindern;
- Verhinderung/Minimierung von Kondensation und Eisbildung an den Außenflächen des Tanks.

Es gibt eine große Bandbreite von Dämmstoffen. Die Eigenschaften der Werkstoffe, die sowohl unterschiedlichen als auch gleichen Werkstoffgruppen zuzuordnen sind, unterscheiden sich jedoch beträchtlich.

Daher wird im Rahmen dieser Norm nur eine allgemeine Anleitung zur Werkstoffauswahl gegeben.

ANMERKUNG Allgemeine Empfehlungen für die Werkstoffauswahl sind in Anhang A aufgeführt.

Diese Europäische Norm behandelt die Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei einer Betriebstemperatur zwischen 0 °C und –165 °C.

2 Normative Verweisungen

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

EN 826:1996, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung*

EN 1604, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen*

EN 1606, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung*

EN 1607, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene*

EN 1608, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Zugfestigkeit in Plattenebene*

EN 1609, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisen Eintauchen*

EN 12066, *Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas — Prüfung von Wärmedämmbeschichtungen für Flüssigerdgas-Auffangbecken*

- EN 12086, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit*
- EN 12087, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Wasseraufnahme bei langzeitigem Eintauchen*
- EN 12088, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion*
- EN 12090:1997, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Verhaltens bei Schwerbeanspruchung*
- EN 12091, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung*
- EN 12667, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und Wärmestrommessplatten-Gerät — Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand*
- EN 12939, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und Wärmestrommessplatten-Gerät — Dicke Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand*
- EN 13468, *Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen — Bestimmung des Gehalts von wasserlöslichen Chlorid-, Fluorid-, Silikat- und Natrium-Ionen und Bestimmung des pH-Wertes*
- EN 13471, *Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen — Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten*
- EN 14620-1:2006, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 1: Allgemeines*
- EN ISO 62, *Kunststoffe — Bestimmung der Wasseraufnahme (ISO 62:1999)*
- EN ISO 3582, *Schaumstoffe und Schaumgummi — Laborverfahren zur Bestimmung des horizontalen Brennverhaltens kleiner Probekörper bei Einwirkung einer kleinen Flamme (ISO 3582:2000)*
- EN ISO 4590, *Rigid cellular plastics — Determination of volume percentage of open and closed cells (ISO 4590:2002)*
- EN ISO 4624, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2002)*
- ISO 844, *Rigid cellular plastics — Determination of compression properties*
- ISO 4897, *Cellular plastics — Determination of the coefficient of linear thermal expansion of rigid materials at sub-ambient temperatures of compressive creep*
- ISO 8301, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Heat flow meter apparatus*
- ISO 8302, *Thermal insulation — Determination of steady-state thermal resistance and related properties — Guarded hot plate apparatus*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 14620-1:2006 angegebenen Begriffe.

4 Auslegungsanforderungen, Leistungskennwerte, Prüfung und Auswahl von Dämmstoffen

4.1 Allgemeines

Die Auswahl des geeigneten Dämmsystems und der geeigneten Dämmstoffe muss basieren auf

- einer Analyse der Auslegungsanforderungen (siehe 4.2),
- einer Beurteilung der Leistungskennwerte der Dämmstoffe (siehe 4.3).

Die verwendeten Dämmstoffe sind im Anhang A aufgeführt.

4.2 Analyse der Anforderungen an die Auslegung

4.2.1 Allgemeines

Das Wärmedämmsystem insgesamt sowie alle einzelnen Bauteile des Dämmsystems müssen unter Berücksichtigung folgender Anforderungen ausgelegt werden.

4.2.2 Wärmedurchlasswiderstand

4.2.2.1 Üblicher Betrieb des Tanks

Alle Faktoren, die zur Wärmeaufnahme durch das Dämmsystem beitragen, müssen berücksichtigt werden, z. B.:

- Temperatur des Lagerguts;
- Außentemperatur und andere klimatische Bedingungen (Sonneneinstrahlung, Wind, Feuchtigkeit usw.);
- Wärmeleitfähigkeit;

ANMERKUNG Um die Einflüsse einer alterungsbedingten Beeinträchtigung zu berücksichtigen, kann eine Sicherheitsspanne vorgesehen werden.

- Wärmekonvektion;
- Wärmeaufnahme durch Strahlung;
- Wärmeaufnahme durch Kältebrücken (bedingt durch das Dämmsystem oder durch die Auslegung des Tanks).

4.2.2.2 Außergewöhnliche Bedingungen

Außerdem müssen außergewöhnliche Bedingungen berücksichtigt werden. Diese müssen

- den erforderlichen Wärmedurchlasswiderstand, der für jedes Dämmteil und für die ausgelegte Dauer der außergewöhnlichen Bedingung festgelegt wird und
- den Wärmedurchlasswiderstand, der durch die Dämmung unter diesen Bedingungen geboten wird, einschließen.

4.2.3 Bauliche Anforderungen

Das Dämmsystem muss für folgende bauliche Anforderungen ausgelegt werden:

- statische und dynamische Einwirkungen in allen Richtungen;
- Flüssigkeitsdichtheit (falls gefordert).

4.2.4 Besondere Anforderungen an die Auslegung

Zusätzlich zu den oben genannten thermischen und baulichen Anforderungen müssen bei der Auslegung der Tankdämmung alle besonderen Anforderungen an das ausgewählte spezielle Dämmsystem, den Dämmstoff, das Einbauverfahren und die Art der Sicherheitshülle erfüllt werden. Sie müssen für jeden Fall individuell festgelegt werden.

4.3 Beurteilung der Leistungskennwerte

4.3.1 Allgemeines

Die geforderten Leistungskennwerte des Dämmstoffs im Bereich der Betriebstemperaturen müssen auf der Grundlage der Auslegungsanforderungen bestimmt werden. Es müssen mindestens die in 4.3.2 bis 4.3.8 festgelegten Anforderungen berücksichtigt werden.

4.3.2 Wärmedurchlasswiderstand

Folgendes ist zu beachten:

- Wärmeleitfähigkeit:
 - 1) über den geforderten Temperaturbereich;
 - 2) für die vorgesehene äußere und innere Umgebung (Raum für den Lagergutdampf, inertisierter Raum, Kontakt mit flüssigem Lagergut);
 - 3) Berücksichtigung von Alterungseffekten über die erwartete Lebensdauer des Tanks;
- mögliche Wärmeaufnahme durch Strahlung;
- mögliche Wärmeaufnahme durch Konvektion (Durchlässigkeit des Dämmstoffs und des vollständigen Dämmsystems);
- Wärmeaufnahme durch Kältebrücken.

Für die Prüfung des Wärmedurchlasswiderstands siehe Tabelle B.1..

4.3.3 Mechanische Eigenschaften

Zu beachten sind:

- Kurzzeit- und Langzeit-Druckeigenschaften (Kriechen);
- Zug- und Schubeigenschaften für die Dämmung, auf die Seitenkräfte wirken können (z. B. Erdbeben);

ANMERKUNG Zugeigenschaften können auch zur Beurteilung der thermisch-mechanischen Lasten und der thermischen Beanspruchung gefordert werden.

- Haftfestigkeit für Dämmsysteme, die unter Ausnutzung ihres Haftvermögens befestigt werden.

Für die Prüfung mechanischer Eigenschaften siehe Tabelle B.2.

4.3.4 Temperaturbeständigkeit

Die Dämmung muss den Temperaturen (größte und kleinste Betriebstemperatur) und Temperaturschwankungen, denen sie ausgesetzt sein kann, standhalten. Daher müssen Schwindung, Ausdehnung und mögliche Auswirkungen der Rissbildung unter Beachtung folgender Kennwerte bestimmt werden:

- Wärmeausdehnungskoeffizient, Kontraktion;
- Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul im Auslegungstemperaturbereich.

Für die Prüfung der Temperaturbeständigkeit siehe Tabelle B.3.

4.3.5 Beständigkeit gegen Wasser und Wasserdampf

Zur Beurteilung der möglichen negativen Einflüsse von Wasser und Wasserdampf auf die Dämmung müssen folgende Kennwerte berücksichtigt werden:

- Gehalt an geschlossenen Zellen;
- Durchlässigkeit für Wasserdampf;
- Wasseraufnahme.

Zusätzlich müssen die Folgewirkungen durch das Eindringen von Wasser und Wasserdampf beurteilt werden:

- Verringerung des Wärmedurchlasswiderstands;
- mögliche bauliche Beschädigung der Dämmung durch flüssiges Wasser oder durch den Gefrierprozess (mögliche Frost-Tau-Wechselbeanspruchung).

Für die Prüfung der Durchlässigkeit von Wasser und Wasserdampf siehe Tabelle B.4.

4.3.6 Einflüsse des Lagerguts

Folgende Kennwerte müssen beurteilt werden:

- Anteil der geschlossenen Zellen (als Hinweis auf eine offene/geschlossene Zellstruktur);
- Aufnahme von Lagergütdämpfen und Einfluss auf andere Werkstoffeigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, mechanische Eigenschaften, Feuerbeständigkeit);
- Aufnahme von flüssigem Lagergut und Durchlässigkeit für flüssiges Lagergut;
- Auswirkungen einer langzeitigen Flüssigkeitsaufnahme auf andere Werkstoffeigenschaften;
- Desorptionsverhalten: zeitlicher/prozentualer Anteil.

ANMERKUNG Der Einfluss des Lagerguts auf ein inneres Dämmsystem ist kritisch, weil es häufig in kontinuierlichen Kontakt mit den Lagergütdämpfen kommt und ein direkter Kontakt mit dem flüssigen Lagergut bei einer zufällig auftretenden Undichtigkeit möglich ist.

Für die Prüfung des Werkstoffverhaltens in Lagergutatmosphäre siehe Tabelle B.5.

4.3.7 Chemische Eigenschaften

Die Kompatibilität zwischen den nachfolgend aufgeführten Bestandteilen und/oder die Möglichkeit chemischer Reaktionen zwischen ihnen müssen/muss beurteilt werden:

- Dämmsystem einschließlich aller seiner Bestandteile:
 - 1) Dämmstoffe;
 - 2) Hilfsprodukte (Farben, Klebstoffe, Mastix, Dichtungsmittel, Beschichtungen usw.);
 - 3) Schutzschicht (Blechverkleidung und Befestigung);
- Umgebung des Dämmsystems:
 - 1) für die äußere Dämmung: Umgebungsbedingungen, Wasser, Wasserdampf, Verunreinigungen in Luft und Wasser;
 - 2) für die innere Dämmung: Lagergutedämpfe und flüssiges Lagergut, inertes Gas/Spülgas;
- Tankwerkstoff und/oder seine Beschichtungen, die mit dem Dämmsystem in Kontakt kommen.

Üblicherweise sind folgende chemische Kennwerte zu beurteilen:

- für die äußere Dämmung:
 - 1) Korrosionsbeständigkeit des Dämmsystems (oder seiner Bestandteile) unter für den Standort repräsentativen Bedingungen, z. B. Meeresatmosphäre, durch Abbauprodukte der von der chemischen Industrie verunreinigten Atmosphäre;
 - 2) Eigenschaften der Dämmung, die vor Korrosion schützen oder Korrosion auslösen, z. B. Möglichkeit des Lösens oder Auslaugens korrosiver Produkte aus der Dämmung, Korrosionsschutz von wasserdichten Dämmsystemen;
- für die innere Dämmung:
 - 1) die chemische Beständigkeit des Dämmsystems gegenüber Lagergutedämpfen/flüssigem Lagergut im Tank;
 - 2) die Dämmung muss inert für die im Tank gelagerten Produkte sein (ohne Verunreinigungen, chemische Reagenzien).

Für Verfahren zur Beurteilung der chemischen Eigenschaften siehe Tabelle B.6.

4.3.8 Brandverhalten

Folgende wichtige Aspekte müssen berücksichtigt werden:

- das Risiko während des Baus;
- das Verhalten bei einem äußeren Brand (falls festgelegt).

Deshalb müssen folgende Kennwerte untersucht werden:

- Brandverhalten:
 - 1) Entflammbarkeit;
 - 2) feuerhemmende Eigenschaften;
 - 3) Bildung von giftigem Gas;
- maximale Temperaturgrenzen für das Material: Schmelztemperatur, Zerfallstemperatur, Zündtemperatur;
- Feuerwiderstandseigenschaften der Dämmung (falls die Wärmedämmung auch für den Brandschutz ausgelegt ist).

Für Verfahren zur Beurteilung des Feuerwiderstands und des Brandverhaltens siehe Tabelle B.7.

4.4 Prüfung von Dämmstoffen und Dämmsystemen

4.4.1 Allgemeines

Das Gebrauchsverhalten der Dämmstoffe muss nachgewiesen werden durch:

- Prüfung im Laboratorium,
- Prüfung an einem Modell des Dämmsystems,

ANMERKUNG 1 Um das Verhalten eines Dämmsystems für einen Tank unter mehreren, miteinander kombinierten Einwirkungen zu beurteilen, ist es möglicherweise nicht ausreichend, nur einzelne Materialeigenschaften zu prüfen. Eine Prüfung an einem Modell ist eine alternative Lösung.

oder

- Prüfung am vollständig in den Tank eingebauten Dämmsystem.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Informationen können aus Berechnungen nach der Finite-Elemente-Methode gewonnen werden.

4.4.2 Prüfverfahren

Sofern verfügbar, müssen genormte Prüfverfahren nach Anhang B angewendet werden.

ANMERKUNG Im Anhang B wird die Prüfung der Leistungsmerkmale von Dämmstoffen/Dämmsystemen festgelegt. Weitere Prüfungen, die nur für bestimmte Produkte vorgesehen sind, werden nicht behandelt, z. B. die Messung der Dichte, die Ermittlung der Maße usw. Diese Angaben werden üblicherweise vom Hersteller der Dämmstoffe angegeben.

5 Schutz der Dämmung — Wasserdampfsperre

5.1 Allgemeines

Da das Dämmsystem keine selbsttragende Baugruppe des Tanks ist, muss die Dämmung an anderen Teilen des Tanks befestigt werden, auf andere Teile aufgebracht, zwischen andere Teile eingefüllt oder durch andere tragende Bauteile (aus Beton und Stahl) abgestützt werden.

Außerdem müssen Dämmstoffe gegen verschiedene Arten einer möglichen Beeinträchtigung und Beschädigung geschützt werden, z. B. gegen

- mechanische Beschädigungen;
- Wasseraufnahme durch Regen, Schnee usw.;
- Beeinträchtigung durch sonstige Klimafaktoren, z. B. Wind, Hagel, UV-Strahlung;
- Wasseraufnahme und Eisbildung durch Eindringen von Wasserdampf;
- Brandschäden.

Zum Schutz gegen diese Einwirkungen muss eine Abdeckung vorgesehen werden.

Eine komplette Einheit, die aus Dämmstoff, Schutzabdeckung und Befestigungssystem besteht, wird als „Dämmsystem“ bezeichnet.

5.2 Vom Außentank gebildete Schutzkonstruktion

Bei vielen Ausführungen der Sicherheitshüllen für die Tanks stellt der Außentank die Schutz- und Stützkonstruktion für die Dämmung dar; in diesem Fall muss nachgewiesen werden, dass der Außentank ausreichend dicht ist.

Wenn der Außentank aus Beton besteht, der für Wasser- und Lagergutdampf durchlässig ist, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um den Beton gegen Wasserdampf und Lagergutdampf dicht zu machen.

Die Wasserdampf- und Lagergutdampfdichtheit muss erreicht werden entweder durch

- eine metallische Auskleidung oder
- eine Polymer-Dampfsperre (PVB).

ANMERKUNG Siehe auch EN 14620-3:2006, Abschnitt 9.

5.3 Schutzabdeckung für die äußere Dämmung

Wenn die Dämmung außen angebracht wird, muss eine geeignete Abdeckung vorgesehen werden. Diese Abdeckung muss einen Schutz gegen alle Einwirkungen bieten, die die Güte/Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Dämmung nachteilig beeinflussen könnten.

Folgende Einflüsse müssen berücksichtigt werden:

- Witterungseinflüsse:
 - 1) Wasserdampf;
 - 2) Regen, Schnee, Hagel;
 - 3) Wind, Sturm;
 - 4) Sonnen-, UV-Strahlung;
- andere atmosphärische Einflüsse:
 - 1) Verunreinigung;
 - 2) Korrosion;
- mechanische Beschädigungen durch Menschen, Vögel usw.;
- Schäden durch Feuer.

Weil der für die kalte Dämmung gefährlichste Angriff durch Wasserdampf erfolgt, der unsichtbar ist und ständig wirkt, muss das Eindringen von Wasserdampf verhindert/verringert werden. Bei den meisten Dämmsystemen muss eine dichte Wasserdampfsperre (WVB) an der Außenseite der Dämmung eingebaut werden, um das Eindringen von Wasserdampf zu unterbinden/minimieren. Diese Wasserdampfsperre muss entweder gesondert oder als Teil der Schutzabdeckung ausgeführt werden.

Bei einem mittleren Wasserdampf-Differenzdruck in dem Bereich, in dem der Tank angeordnet ist, darf die Durchlässigkeit durch eine Wasserdampfsperre in 24 h höchstens 0,5 g/m² betragen.

Schutzabdeckung und Wasserdampfsperre der äußeren Dämmung des Tanks müssen aus

- einem Metall (isolierende Verkleidung) oder
- einem Nichtmetall (dampfabsperrende Beschichtung, dampfabsperrende dauerelastische Fugenmassen) oder aus
- einer Kombination von beidem bestehen.

ANMERKUNG Bei bestimmten Dämmsystemen kann auf diese Wasserdampfsperre verzichtet werden, wenn überzeugend nachgewiesen wurde, dass die Dämmung selbst wasserdampfdicht ist und bleibt.

6 Auslegung des Dämmsystems

6.1 Allgemeines

Im Allgemeinen müssen für die Auslegung des Tankdämmsystems die üblichen baulichen und thermischen Anforderungen eingehalten werden. Zusätzlich müssen die Anforderungen an Einbauverfahren, Inbetriebnahme und Außerbetriebsetzung (Inertisieren, Freisetzung von Gas) berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das Dämmsystem kann entsprechend der ausgewählten Sicherheitshülle und dem jeweils zu dämmenden Teil des Tanks (Boden, Wand, Dach) sehr unterschiedlich ausgelegt werden. Es ist schwierig, für alle Arten von Sicherheitshüllen alle zu beachtenden Einzelheiten festzulegen, und es wurde vereinbart, nur die nachfolgend erwähnten allgemeinen Anforderungen zu erfassen.

Alle weiteren Anforderungen im Zusammenhang mit der jeweils vorhandenen Sicherheitshülle, dem jeweils betrachteten Teil des Tanks, dem ausgewählten Dämmstoff und sonstigen projektbezogenen Faktoren, die Teil der gesamten Auslegung der Tankdämmung sind, müssen in der Projektspezifikation eindeutig festgelegt werden.

6.2 Thermische Auslegung

Bei der thermischen Auslegung müssen folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

- das maximal zulässige Sieden (Verdampfungsrate);
- die niedrigste Auslegungstemperatur für die Bauteile des Außentanks;
- die Verhinderung von Eisbildung/Kondensation an den Tankaußenflächen;
- die Verhinderung des Gefrierens des Bodens.

Der Besteller muss die maximal zulässige Verdampfungsrate je Tag und die zu berücksichtigenden äußeren Klimabedingungen festlegen.

Die thermische Auslegung muss zu einem Dämmsystem führen, das alle oben aufgeführten Anforderungen erfüllt, indem die insgesamt zulässige Wärmeaufnahme über die verschiedenen Teile des Tanks verteilt wird.

Falls bei der thermischen Auslegung des Tanks zusätzlich zu dem durch das Dämmsystem erreichten Wärmedurchlasswiderstand auch der Wärmedurchlasswiderstand anderer Teile des Tanks berücksichtigt wird, z. B. der Bauteile (aus Beton) oder der Dampf Räume innerhalb des Tanks, müssen nur die Bauteile in ihrer jeweiligen Position im Tank und im relevanten Temperaturbereich erfasst werden, deren Wärmedurchlasswiderstand nachgewiesen ist.

6.3 Konstruktive Auslegung

6.3.1 Allgemeines

Die konstruktive Auslegung des Dämmsystems muss auf der Theorie der zulässigen Spannungen oder auf der Grenzzustandstheorie beruhen.

ANMERKUNG Die Grenzzustandstheorie wird dann empfohlen, wenn die Erdbebenbedingungen einen vorherrschenden Einfluss haben.

6.3.2 Tragende Dämmung/Druckeinwirkung

6.3.2.1 Allgemeines

Auf bestimmte Teile der Tankdämmung müssen Drucklasten ausgeübt werden, und zwar:

- für alle Arten von Sicherheitshüllen: auf die Dämmung des Tankbodens;
- für Membrantanks: auf die Dämmung von Tankboden und -wand;
- für Boden und Wand: auf ein Kälteschutzsystem (TPS).

6.3.2.2 Theorie der zulässigen Spannung

6.3.2.2.1 Für spröde Materialien (z. B. Schaumglas)

Die Mindest-Gesamtsicherheitsbeiwerte zwischen der Nenn-Druckfestigkeit σ_n und der Auslegungs-Druckspannung müssen wie folgt sein:

bei üblichem Betrieb:	3,00;
bei der hydrostatischen Prüfung:	2,25;
bei Erdbeben (OBE):	2,00;
bei Erdbeben (SSE):	1,50.

ANMERKUNG Im Gesamtsicherheitsbeiwert ist der Einfluss der verschiedenen Dämmschichten, der Montage, der Materialunterschiede und der Prüfungsunterschiede berücksichtigt.

Die Nenn-Druckfestigkeit σ_n muss folgendermaßen bestimmt werden:

- Die Druckfestigkeit muss nach EN 826:1996, Anhang A bestimmt werden; die Ergebnisse werden als maximale Druckfestigkeit σ_m angegeben;
- der Mittelwert aus einer statistisch ausreichenden Anzahl dieser Prüfungen wird als Nenn-Druckfestigkeit σ_n dieses Dämmstoffs bezeichnet; dieser Wert muss vom Hersteller angegeben werden.

Auch die untere Anforderungsgrenze (Mittelwert abzüglich der zweifachen Standardabweichung) muss angegeben werden. Falls dieser Wert kleiner ist als 67 % von σ_n , muss σ_n als das 1,5fache der unteren Anforderungsgrenze festgelegt werden. Kriechprüfungen können entfallen, sofern nachgewiesen wird, dass das Material nicht kriechbeansprucht wird.

6.3.2.2.2 Für kriechanfällige Materialien (z. B. PUF, PVC usw.)

Zunächst muss die zulässige Last (PLD) für das jeweilige Material festgelegt werden.

Dies muss in zwei Schritten auf der Grundlage der folgenden zwei Kriterien erfolgen:

- Kurzzeit-Druckversuch:
 - a) Nenn-Druckfestigkeit σ_n bei einem Kurzzeit-Druckversuch:
 - 1) Die Druckfestigkeit muss nach EN 826:1996 bestimmt werden; die Ergebnisse werden als σ_m (maximale Druckfestigkeit) oder als σ_{10} angegeben (Druckspannung bei 10 % Stauchung);
 - 2) die Nenn-Druckfestigkeit σ_n des Materials muss als der Mittelwert aus einer statistisch ausreichenden Anzahl von Prüfungen errechnet werden; dieser Wert muss vom Hersteller angegeben werden;

- b) der Hersteller muss auch die untere Anforderungsgrenze angeben (Mittelwert abzüglich der zweifachen Standardabweichung). Falls dieser Wert kleiner ist als 67 % von σ_n , muss σ_n als das 1,5fache der unteren Anforderungsgrenze festgelegt werden.

— Langzeit-Kriechversuch:

Das Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung muss nach EN 1606 bestimmt werden.

Die während der Kriechversuche aufgebrachte Druckbeanspruchung σ_c muss als Funktion der Nenn-Druckfestigkeit σ_n ausgewählt und mit dem angenommenen zulässigen Lastbeiwert (PLDF) multipliziert werden.

ANMERKUNG 1 Für tragende PUF-Dämmstoffe beträgt der PLDF beispielsweise etwa 0,30.

Der PLDF für einen bestimmten Dämmstoff muss durch wiederholte Kriechversuche nach dem Versuchs- und Irrtums-Verfahren bestimmt werden. Zunächst muss ein PLDF basierend auf Kenntnissen der physikalischen Struktur des Materials und/oder auf verfügbaren Daten angenommen werden.

Zum Nachweis der Richtigkeit dieses angenommenen PLDF müssen Langzeit-Kriechversuche bei einer Druckbeanspruchung gleich $\sigma_n \times \text{PLDF}$ durchgeführt werden.

Die Langzeit-Kriechversuche bei dieser Druckbeanspruchung müssen bestätigen, dass das Kriechen des Dämmstoffs unter dieser Druckbeanspruchung, extrapoliert auf die erwartete Lebensdauer der Dämmung, die Proportionalitätsgrenze des Dämmstoffs oder einen Wert von 5 %, je nachdem, welcher Wert niedriger ist, nicht überschreitet.

Falls die Langzeit-Kriechversuche bestanden werden, muss der PLDF für diesen Dämmstoff verwendet werden.

Wenn sich jedoch bei den ersten Kriechversuchen zeigt, dass das Kriechvermögen die festgelegten Grenzen überschreitet, muss der betreffende Dämmstoff unter einer niedrigeren Druckbeanspruchung erneut geprüft werden, bis der für diesen Dämmstoff korrekte PLDF ermittelt ist.

Nach Ermittlung des korrekten zulässigen Lastbeiwerts (PLDF) muss die zulässige Last (PLD) nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\text{PLD} = \sigma_n \times \text{PLDF}$$

Nachdem die zulässige Last für den Dämmstoff festgelegt wurde, müssen folgende Sicherheitsbeiwerte für den Bereich zwischen zulässiger Last und Auslegungsdrucklasten angewendet werden:

bei üblichem Betrieb: 1,25;

bei der hydrostatischen Prüfung: 1,0 (Dauer \leq 1 Monat);

bei Erdbeben (OBE): vom Lieferanten des Dämmstoffs festzulegen;

ANMERKUNG 2 Für Dämmstoffe aus PUF und PVC darf ein Sicherheitsfaktor von 0,50 angewendet werden.

bei Erdbeben (SSE): vom Lieferanten des Dämmstoffs festzulegen

ANMERKUNG 3 Für Dämmstoffe aus PUF und PVC darf ein Sicherheitsfaktor von 0,33 angewendet werden.

6.3.2.3 Grenzzustand

Die Auslegung für eine tragende Dämmung nach der Grenzzustandstheorie muss nach Anhang C durchgeführt werden.

6.3.3 Tragende Dämmung/sonstige Einwirkungen

Wenn die Dämmung des Tanks einer Kombination aus vertikalen und horizontalen Kräften ausgesetzt werden muss, tritt eine Scherbeanspruchung auf. Dies trifft für Tankböden zu, die Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt sind.

ANMERKUNG Die Dämmung kann auch durch andere Einwirkungen beansprucht werden (z. B. Wind, thermische Einwirkungen, Verformung usw.).

Die sich ergebenden Spannungen müssen für jeden speziellen Fall bestimmt werden.

Die Sicherheitsbeiwerte müssen sowohl für die Theorie der zulässigen Spannungen als auch für die Grenz-zustandstheorie fallweise bestimmt werden.

6.4 Dämmung für alle Tankbauteile

6.4.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den oben aufgeführten allgemeinen Anforderungen an die Auslegung müssen die nachstehenden besonderen Anforderungen an die verschiedenen Tankbauteile berücksichtigt werden.

6.4.2 Stützring unter der Tankwand

6.4.2.1 Konstruktive Auslegung

Bei der konstruktiven Ausbildung müssen

- seitliche Kräfte (Schwindung des Tanks, Erdbeben),
- die mögliche Bewegung des Tankmantels (Wind, Befüllung/Entleerung, Erdbeben),
- Wasser- und Wasserdampfsperren für den Stützring

berücksichtigt werden.

6.4.2.2 Thermische Auslegung

Die thermische Auslegung des Stützrings muss, falls zutreffend, unter Berücksichtigung des Heizsystems der Grundplatte durchgeführt werden. Die Auslegung muss so vorgenommen werden, dass eine „kalte Stelle“ unter dem Stützring minimiert/verhindert wird. Bei einer durch eine Plattengründung abgestützte Grundplatte darf die Temperatur unterhalb der Gründung nicht unter 0 °C fallen.

ANMERKUNG Diese Anforderung dient dazu, einen möglichen Frosthub zu verhindern.

6.4.2.3 Vertikal durch den Stützring geführte Verankerungen

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Verringerung der Einflüsse durch Kältebrücken;
- Verhinderung des Eindringens von Wasser/Wasserdampf;
- Flexibilität der Anker.

6.4.3 Bodendämmung

6.4.3.1 Konstruktive Auslegung

Bei der konstruktiven Auslegung müssen

- die Ebenheit der Grundplatte (z. B. mögliche Verwerfungen der Stahlauskleidung),
 - die Ebenheit der einzelnen Dämmstoffschichten,
 - die Anwendung von Hilfsmaterialien zur Verbesserung der Tragfähigkeit und Lastübertragung (z. B. Zwischenlagen zwischen den einzelnen Dämmstoffschichten),
 - Wasser- und Wasserdampfsperren,
 - Inertisierungseinrichtungen, falls festgelegt,
 - das Kälteschutzsystem (TPS), falls festgelegt,
- berücksichtigt werden.

6.4.3.2 Thermische Auslegung

Die Dicke der Bodendämmung muss in Abhängigkeit von der gesamt zulässigen Wärmeaufnahme und der Anforderung zur Verringerung von Kondensation/Eisbildung bestimmt werden. Dabei muss die Wand- und Dachdämmung berücksichtigt werden.

Es ist besonders zu beachten, dass Frosthub unterhalb des Tankbodens vermieden wird.

6.4.4 Dämmung des Mantels (außen)

6.4.4.1 Konstruktive Auslegung

Bei der konstruktiven Auslegung müssen

- die thermisch-mechanischen Spannungen, die auf die Dämmung durch Maßänderungen des Tanks (und seiner Verankerungen) einwirken,
- das Verfahren und die Festigkeit der Befestigung der Dämmung am Tankmantel, wobei zu berücksichtigen sind:
 - 1) die Eigengewichtsmasse der Dämmung (einschließlich der Schutzabdeckung gegen Witterungseinflüsse);
 - 2) Windlasten;
 - 3) Einwirkungen durch Regen, Schnee, Eis,
- die Einbeziehung und der Schutz einer ausreichenden Wasserdampfsperre

berücksichtigt werden.

6.4.4.2 Thermische Auslegung

Die Dicke der Manteldämmung muss in Abhängigkeit von der gesamt zulässigen Wärmeaufnahme und der Anforderung zur Verringerung von Kondensation/Eisbildung bestimmt werden. Dabei muss die Boden- und Dachdämmung berücksichtigt werden.

6.4.4.3 Festgelegte Feuerbeständigkeit

Der Besteller muss unter Berücksichtigung der örtlichen Umstände (benachbarte Einrichtungen, Rohrleitungen usw.) die Feuerbeständigkeit der äußeren Dämmung des Mantels festlegen.

6.4.4.4 Betrachtungen zum Einbau

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Eignung des ausgewählten Dämmsystems, um den Witterungs- und den atmosphärischen Bedingungen am vorgesehenen Standort für die erwartete Lebensdauer der Dämmung standzuhalten;
- die während der Dämmarbeiten erwarteten Witterungsbedingungen müssen bei Auswahl der Dämmstoffe und des Dämmsystems berücksichtigt werden.

6.4.5 Mantel-Wand-Dämmung (innen)

6.4.5.1 Thermische Auslegung

Die Dicke der Manteldämmschicht muss in Abhängigkeit von der gesamt zulässigen Wärmeaufnahme und der Anforderung zur Verringerung von Kondensation/Eisbildung bestimmt werden. Dabei muss die Boden- und Dachdämmung berücksichtigt werden. In einigen Fällen muss die Dicke unter Berücksichtigung praktischer Erwägungen bestimmt werden (Dämmung mit losen Füllstoffen).

6.4.5.2 An der Innenfläche des Außentanks angebrachte Dämmung

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Verfahren und Festigkeit der Befestigung der Dämmung an der Wand des Außentanks, wobei zu berücksichtigen sind:
 - 1) Eigengewicht der Dämmung;
 - 2) Wärmespannungen;
- Schwindung/Ausdehnung der Wand des Außentanks;
- Dampfdichtheit und Flüssigkeitsdichtheit des Dämmsystems;
- chemische Beständigkeit der Dämmung bei den im Ringraum herrschenden Bedingungen.

6.4.5.3 An der Außenfläche des Innentanks angebrachte Dämmung

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Verfahren und Festigkeit der Befestigung der Dämmung an den Außenflächen des Innentanks, wobei zu berücksichtigen sind:
 - 1) Eigengewicht der Dämmung;
 - 2) Wärmespannungen;
- Schwindung/Ausdehnung der Außenfläche des Innentanks;
- Wasserdampfdichtheit des Dämmsystems.

6.4.5.4 Dämmung durch lose Füllstoffe im Ringraum

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- thermisch-mechanische Spannungen, die auf die Dämmung durch Maßänderungen des Innentanks und möglicherweise des Außentanks wirken;
- Äußerer Druck auf den Innentank. Er nimmt durch die Wechselbeanspruchung des Tanks oder durch eine mögliche Außerbetriebsetzung (Ausdehnung) zu. Durch die Anwendung einer elastischen Isoliermatte kann er verringert werden. Der Auftragnehmer muss durch Prüfungen oder Berechnungen nachweisen, dass der auf den Tank wirkende angenommene Druck nur mäßig hoch ist;
- Die Setzung von Perlit kann durch die Anwendung von Rüttelverfahren beim Einbringen verringert werden. Eine gewisse Setzung kann jedoch nicht verhindert werden, so dass die Anwendung von Perlit-Nachfüllstützen oder eines so genannten „Schüttgutbehälters“ oben am Tank erwogen werden muss. Der Besteller muss unterrichtet werden, wenn nach dem Kaltfahren ein Nachfüllen von Perlit erforderlich ist.

Nachfüllstützen sind bei der Tankauslegung zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Bei einer Dämmung durch lose Füllstoffe wird die Dicke der Dämmung häufig durch praktische Erwägungen bestimmt (kleinster Arbeitsraum im Ringraum).

6.4.5.5 Sonstige Auslegungsbetrachtungen

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- Absorption/Desorption des Lagerguts durch die Dämmung nach üblichem Betrieb oder im Fall einer Undichtigkeit;
- möglicherweise notwendige Inertisierung der Dämmung.

6.4.6 Dachdämmung (außen)

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- die Dicke der Dachdämmschicht muss in Abhängigkeit von der gesamt zulässigen Wärmeaufnahme und der Anforderung zur Verringerung von Kondensation/Eisbildung bestimmt werden;
- Wetterschutzabdeckung und Wasserdampfsperren müssen einbezogen werden;
- Eignung, den Witterungs- und atmosphärischen Bedingungen am vorgesehenen Standort standzuhalten;
- thermisch-mechanische Spannungen auf die Dämmung durch Maßänderungen des Tanks;
- Eignung für Begehbarkeit und Wartung;
- vom Besteller festgelegte Anforderungen an die Feuerbeständigkeit.

6.4.7 Dachdämmung am abgehängten Dach

Folgendes ist zu berücksichtigen:

- die Dicke der Dachdämmung muss in Abhängigkeit von der gesamt zulässigen Wärmeaufnahme und der Anforderung zur Verringerung von Kondensation/Eisbildung bestimmt werden;
- für einen zeitweiligen Zugang müssen spezielle Einrichtungen, wie z. B. Laufstege, vorgesehen werden;

- für die thermische Auslegung muss nicht nur die Wärmeleitfähigkeit des ausgewählten Dämmstoffs berücksichtigt werden, sondern auch mögliche Konvektionswärmebrücken oder Kältebrücken (Aufhängevorrichtungen für abgehängte Dächer) usw.;
- mögliche Setzung (Schwindung) der Dämmung.

Besonders zu beachten sind Tanks, in denen eine innere Kondensation des Lagerguts im Kuppeldachraum auftreten kann, d. h. für Lagergut und unter Klimabedingungen, bei denen die äußere Umgebungstemperatur ständig oder periodisch niedriger ist als die Siedetemperatur des Lagerguts.

In diesem Fall muss die Dämmung des abgehängten Dachs (und des Decks) so ausgelegt werden, dass sie durch Kondensation nicht beeinflusst/beschädigt werden kann.

6.5 Auslegung für unterschiedliche Ausführungen von Sicherheitshüllen

Die Auslegung des Dämmsystems für unterschiedliche Ausführungen von Sicherheitshüllen muss an die unterschiedlichen Auslegungsanforderungen anzupassen sein.

ANMERKUNG Wegen der Vielzahl möglicher Sicherheitshüllen werden diese in dieser Europäischen Norm nicht einzeln behandelt.

Im Rahmen der Auslegung von Tank und Dämmung müssen für jeden individuellen Fall alle Auslegungsanforderungen für die jeweils ausgewählte Sicherheitshülle analysiert werden, und das Dämmsystem muss so ausgelegt werden, dass es all diese Auslegungsanforderungen erfüllt.

7 Einbau der Dämmung

7.1 Einleitung

Einige Anforderungen an den Einbau gelten für alle Dämmarten. Sie sind in dieser Europäischen Norm zusammengefasst. Andere Anforderungen, die nur für bestimmte Arten von Dämmstoffen gelten, werden in dieser Norm nicht behandelt.

7.2 Allgemeine Anforderungen

7.2.1 Materialien

Alle Materialien müssen den Materialspezifikationen entsprechen. Dies ist durch Prüfung und Zertifizierung nachzuweisen.

Transport und Lagerung müssen so erfolgen, dass beim Einbau keine Beeinträchtigung (physikalisch oder chemisch oder auf andere Weise) der Eigenschaften gegenüber den Eigenschaften im Herstellungsstadium auftreten kann.

7.2.2 Bedingungen für die Arbeiten am Standort

Die Bedingungen, unter denen die Dämmarbeiten durchzuführen sind, müssen so festgelegt werden, dass die für die Arbeiten geforderte Ausführungsqualität eingehalten werden kann.

7.2.3 Schutz gegen Korrosion

Der Schutz gegen Korrosion muss auf alle Tankflächen, für die diese Behandlung erforderlich ist, vor Beginn der Dämmarbeiten aufgetragen und abgenommen werden.

Dämmarbeiten müssen nach Verfahren durchgeführt werden, die eine Beschädigung des Korrosionsschutzes ausschließen (oder es müssen Verfahren zur Reparatur des Korrosionsschutzes vorgesehen werden).

7.2.4 Bauleranzen

Immer wenn eine Dämmung an Tankbauteilen anzubringen oder aufzutragen ist, müssen in der Auslegungsphase Form/Gestalt, Grad der Dämmung und Grenzmaße für das jeweilige Teil des Tanks genau festgelegt werden.

Die Dämmverfahren, vor allem für alle tragenden Dämmungen, müssen auch Verfahren zum Ausgleich von Unebenheiten und Maßabweichungen der Tankflächen einschließen.

7.2.5 Verhinderung von Beschädigungen

Die Dämmung muss gegen Beschädigungen geschützt werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen sind die Dämmstoffe ziemlich gefährdet durch

- mechanische Beschädigung,
- Feuchtigkeit/Wasser/sonstige Witterungseinflüsse (einschließlich auch der Wasserdruckprüfung des Tanks),
- Feuer.

In den Verfahren, die sowohl beim Bau des Tanks als auch beim Einbau der Dämmung angewendet werden, müssen die Risiken, auf die in der oben angegebenen Anmerkung hingewiesen wird, ausreichend berücksichtigt und durch Ergreifen geeigneter Maßnahmen bei

- der Auslegung des Tanks,
- der Festlegung der Einzelheiten für die Dämmung,
- der Festlegung der Reihenfolge der Arbeiten beim Bau des Tanks,
- den Vorsorgemaßnahmen während der auf die Dämmarbeiten folgenden Arbeiten

ausgeschaltet werden.

7.3 Inspektion und Prüfung

Ein ausführlicher Ablaufplan für Inspektionen und Prüfungen ist aufzustellen. Er muss mit den Anforderungen an die Auslegung und die Leistungsmerkmale übereinstimmen, auf denen die Auslegung der Dämmung beruht.

Für Verfahren zur Prüfung der leistungsbezogenen Materialeigenschaften siehe Anhang B.

Die Konformität von Materialeigenschaften, die sich nicht auf das Gebrauchsverhalten beziehen, z. B. die Überprüfung der Maße, muss nach vom Hersteller festgelegten Verfahren überprüft werden.

Anhang A (informativ)

Dämmstoffe

In den Tabellen A.1 bis A.3 wird die Verwendung der Dämmstoffe in verschiedenen Situationen angegeben.

Tabelle A.1 — Einwandiger Tank und einwandiger Tank mit Auffangtasse

Dämmstoff	Stützring	Boden- dämmung	Dach		Mantel	
			Außen	Innen (mit abgehängter Decke)	Außen an Tanks mit einfachem Stahlmantel	Tanks mit doppeltem Stahlmantel
Hartholz	X					
Blöcke/Tragelemente aus Perlitbeton	X					
Blöcke/Tragelemente aus Leichtbeton	X					
Stahlbeton	X ^a					
Schaumglas	X ^b	X	X		X	X
Perlit, aufgebläht				X		X
Matten aus Mineralwolle				X		X ^c
PVC-Schaum – MD		X				
– HD	X ^b	X				
PUF/PIR ND – ND BL-SPR-FIP			X		X	
– MD BL-SPR			X		X	
– HD BL-SPR	X ^b	X				
– GR BL	X ^b	X				
Phenolschaum					X	
Polystyren – aufgeschäumt					X ^d	
Polystyren strang- gepresst – ND					X ^d	
– HD		X				
Symbole/Abkürzungen						
BL	Blöcke		MD	mit mittlerer Dichte		
FIP	vor Ort aufgeschäumt		ND	mit normaler Dichte		
GR	glasfaserverstärkt		SPR	aufgespritzt		
HD	mit hoher Dichte					
a	Anzuwenden als Platte zur Lastverteilung über dem darunter liegenden Wärmedämmstoff.					
b	Anzuwenden unter einer Platte zur Lastverteilung.					
c	Mineralwollmatten können als elastische Bahn zwischen einer Perlitdämmung und dem Innentankmantel angewendet werden.					
d	Nur für einwandige Tanks mit doppelter Sicherheitshülle (begrenzt temperaturbeständig).					

Tabelle A.2 — Doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle

Dämmstoff	Stützring	Boden (üblicher Betrieb)	Dachdämmung		Dämmung von Mantel/Wand (üblicher Betrieb)		Wärmeschutz- system	
			An der abge- hängten Decke	An der Innen- tank- kuppel	Im Zwischen- raum	An der Wand- innen- seite	Ohne 9 %- Nickel- stahl- Platte	Mit 9 %- Nickel- stahl- Platte
Hartholz	X							
Blöcke/Tragelemente aus Perlitbeton	X							
Blöcke/Tragelemente aus Leichtbeton	X							
Stahlbeton	X ^a							
Schaumglas	X ^b	X						X
Perlit, aufgebläht			X	X	X			
Matten aus Mineralwolle			X	X	X ^c			
PVC-Schaum – MD		X						X
– HD	X ^b	X						X
PUF/PIR BL-SPR-FIP						X ^d	X ^d	X
– MD BL-SPR								
– HD BL-SPR	X ^b	X				X ^d	X ^d	X
– GR BL	X ^b	X					X ^d	X
Symbole/Abkürzungen								
BL Blöcke			MD mit mittlerer Dichte					
FIP vor Ort eingegossen			ND mit normaler Dichte					
GR glasfaserverstärkt			SPR aufgespritzt					
HD mit hoher Dichte								
<p>^a Anzuwenden als Platte zur Lastverteilung über dem darunter liegenden Wärmedämmstoff.</p> <p>^b Anzuwenden unter einer Platte zur Lastverteilung.</p> <p>^c Mineralwollmatten können als elastische Bahn zwischen einer Perlitdämmung und dem Innentankmantel angewendet werden.</p> <p>^d Nur für besondere Sorten von aufgespritzten, fugenlosen, dampf- und flüssigkeitsdichten Dämmsystemen.</p>								

Tabelle A.3 — Membrantanks

Dämmstoff	Boden- dämmung	Wand- dämmung	Dachdämmung	
			Abgehängte Decke	Innerhalb des Kuppeldachs
Hartholz				
Schaumglas				
Perlit, aufgebläht			X	
Matten aus Mineralwolle			X	
PVC-Schaum – MD	X	X		
– HD	X	X		
PUF/PIR – ND BL		X ^a		X
– MD BL		X		
– HD BL	X	X		
– GR BL	X	X		
Symbole/Abkürzungen				
BL Blöcke		MD mit mittlerer Dichte		
HD mit hoher Dichte		ND mit normaler Dichte		
^a Nur im oberen Wandbereich.				

Nur zum internen Gebrauch

Anhang B
(normativ)

Prüfverfahren

Tabelle B.1 — Prüfung des Wärmedurchlasswiderstands

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
1. Wärmeleitfähigkeit	Gemessen bei Umgebungstemperatur: — an neuen Dämmstoffen — nach Alterung unter festgelegten Bedingungen — Alterung unter „Tankbedingungen“, d. h. unter — Lagerguldämpfen — Flüssigem Lagergut	EN 12667 und EN 12939 oder ISO 8301 oder ISO 8302 EN 12667 und EN 12939 oder ISO 8301 oder ISO 8302 EN 12667 und EN 12939 oder ISO 8301 oder ISO 8302
	Gemessen über den Temperaturbereich: ^a — an neuen Dämmstoffen — nach Alterung unter festgelegten Bedingungen — Alterung unter „Tankbedingungen“, d. h. unter — Lagerguldämpfen — Flüssigem Lagergut	EN 12667 oder ISO 8301 oder ISO 8302 EN 12667 oder ISO 8301 oder ISO 8302 EN 12667 oder ISO 8301 oder ISO 8302
2. Durchlässigkeit für Luft/Gas	Für durchlässige Dämmstoffe (nur als Hinweis auf Wärmekonvektion)	b

^a Temperaturbereich: von Umgebungstemperatur bis hinab zur Auslegungstemperatur der Dämmung.
^b Das Prüfverfahren ist auszuwählen.

Tabelle B.2 — Prüfung der mechanischen Eigenschaften

Eigenschaften	Besondere Anforderungen (festzulegen von Fall zu Fall)	Prüfverfahren
1. Druckfestigkeit	Bei Umgebungstemperatur	EN 826:1996
	Über den gesamten Temperaturbereich	EN 826:1996 ^a oder ISO 844 ^{b, c}
2. Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung	Bei Umgebungstemperatur (Lasten und Prüfdauer in Abhängigkeit von der Auslegung des Tanks)	EN 1606
3. Zugeigenschaften a) Zugfestigkeit b) Zugdehnung c) Elastizitätsmodul	Bei Umgebungstemperatur	EN 1607 und EN 1608 ^d
	und	
	über den gesamten Temperaturbereich	EN 1607 und EN 1608 ^d
4. Haftfestigkeit	Bei Umgebungstemperatur	EN 1607 oder EN ISO 4624
	Bei der jeweils anzuwendenden Temperatur (in Abhängigkeit von der Position im Tank)	EN 1607 ^a oder EN ISO 4624
5. Scherfestigkeit	Bei Umgebungstemperatur	EN 12090:1997
	Über den gesamten Temperaturbereich	EN 12090:1997 ^a
ANMERKUNG 1 Alle mechanischen Eigenschaften sind in den Beanspruchungsrichtungen des Tanks zu prüfen.		
ANMERKUNG 2 Für anisotrope Dämmstoffe können Prüfdaten für alle Richtungen gefordert werden.		
^a Festgelegt bei 23 °C. Diese Prüfung kann jedoch mit bestimmten Veränderungen auch bei anderen Temperaturen durchgeführt werden. ^b Prüfverfahren für Schaum(kunst)stoffe. ^c Die Prüfung kann bei allen geforderten Temperaturen durchgeführt werden. ^d Nach EN 1607 erfolgt die Messung rechtwinklig, nach EN 1608 parallel zu den Flächen.		

Tabelle B.3 — Prüfung der Temperaturbeständigkeit

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
1. Koeffizient für die Wärmeausdehnung/ Kontraktion	Über den gesamten Temperaturbereich	EN 13471 oder ISO 4897
2. Zugfestigkeit/Elastizitätsmodul	Über den gesamten Temperaturbereich	Siehe Tabelle B.2, Punkt 3
3. Verhalten eines Dämmsystems, das einem Temperaturgefälle ausgesetzt ist	Halbindustrielle Tiefemperaturprüfung	Für jeden Fall individuell vorzuschlagen EN 12066

Tabelle B.4 — Prüfung der Durchlässigkeit für und der Wirkungen von Wasser und Wasserdampf

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
1. Feuchtigkeitsgehalt	Nur für Dämmstoffe, zu deren Herstellung Wasser verwendet wird (Beton, Perlitbeton, ...)	Vorzuschlagen
2. Wasseraufnahme	Kurzzeitversuch — Teilweises Eintauchen	EN 1609
	Langzeitversuch — Vollständiges Eintauchen	EN 12087
	Langzeitversuch — Aufnahme durch Diffusion	EN 12088
	Allgemein	EN ISO 62
3. Wasserdampfdurchlässigkeit		EM 12086
4. Anteil geschlossener Zellen		ISO 4590 ^a
5. Dimensionsstabilität		EN 1604
6. Frost-Tau-Wechselbeanspruchung		EN 12091
7. Verringerung des Wärmedurchlasswiderstands	Der Wärmedurchlasswiderstand ist nach der Beanspruchung durch Wasser/Wasserdampf zu messen	EN 12667

^a Nur für Schaumkunststoffe.

Tabelle B.5 — Prüfung des Verhaltens in Lagergutatmosphäre

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
Absorption und Desorption		
1. Anteil geschlossener Zellen	Vor dem Eintauchen	a
	Nach dem Eintauchen	
2. Absorption/Desorption des flüssigen Lagerguts	Eintauchen in die Flüssigkeit bei festgelegter Temperatur, festgelegtem Druck und festgelegter Dauer	a
Auswirkungen des Eintauchens in Dämpfe/Flüssigkeiten		
3. Veränderung des Anteils geschlossener Zellen	Vor/nach dem Eintauchen unter festgelegten Bedingungen	a
4. Veränderung der Druckfestigkeit	Vor/nach dem Eintauchen unter festgelegten Bedingungen	a
5. Veränderung der Wärmeleitfähigkeit	Vor/nach dem Eintauchen unter festgelegten Bedingungen	a
ANMERKUNG Bis eine ISO-/EN-Norm vorliegt, darf DIN 53428 angewendet werden.		
^a Für jedes spezifische RLG-Produkt sind bestimmte Prüfverfahren vorzuschlagen.		

Tabelle B.6 — Prüfung der chemischen Eigenschaften

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
1. Chemische Beständigkeit der Dämmung gegenüber <ul style="list-style-type: none"> a) Wasser b) Wasser mit Verunreinigungen c) RLG-Dämpfe -Flüssigkeiten d) Inertisierungsgase 		EN 12087 sind vorzuschlagen
2. Korrosionsbeständigkeit der Dämmbauteile		ist vorzuschlagen
3. Auslaugbare Substanzen in der Dämmung		EN 13468

Tabelle B.7 — Prüfung der Feuerbeständigkeit/des Brandverhaltens

Eigenschaften	Besondere Anforderungen	Prüfverfahren
1. Brandverhalten des Dämmstoffes		EN 13501-1 EN ISO 3582
2. Temperaturgrenzen <ul style="list-style-type: none"> — Schmelztemperatur — Zerfallstemperatur — Zündtemperatur 		ist vorzuschlagen ist vorzuschlagen ist vorzuschlagen
3. Brandschutzeigenschaften		ist vorzuschlagen

Anhang C (normativ)

Dämmung des Tankbodens — Grenzzustandstheorie

Für die Dämmung des Tankbodens muss folgende Gleichung angewendet werden:

$$\gamma_L S \leq \frac{R}{\gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot \gamma_i}$$

Dabei ist

- R die charakteristische Festigkeit des Dämmstoffs;
- S die Einwirkungen;
- γ_c der Teilsicherheitsbeiwert für den Säuleneffekt;
- γ_i der Teilsicherheitsbeiwert für den Einbau;
- γ_L der Teilsicherheitsbeiwert für die Last;
- γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für den Dämmstoff;
- γ_t der Beiwert, der einer möglichen Differenz zwischen dem Bezugsverfahren zur Prüfung des Dämmstoffes und dem Verfahren für seinen Einbau entspricht.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_L für die Einwirkungen ist aus EN 1991-1 zu entnehmen.

Die charakteristische Festigkeit des Dämmstoffs R muss die mittlere Festigkeit abzüglich der 1,65fachen Standardabweichung sein.

Spröde Materialien müssen nach EN 826:1996 geprüft werden.

Kriechanfällige Materialien müssen nach EN 826:1996 geprüft und einem Kriechversuch nach EN 1606 unterzogen werden.

Um den Teilsicherheitsbeiwert des Dämmstoffs γ_m zu bestimmen, muss der Hersteller der Dämmung nachweisen, dass die statistische Verteilung der Eigenschaft relativ gut einer Gaußschen Verteilung entspricht.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_m muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\gamma_m = \frac{1 - 1,65 \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{x}}}{1 - 3,36 \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{x}}}$$

Dabei ist

- s die Standardabweichung;
- \bar{x} der Durchschnittswert.

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Druckfestigkeit des Wärme dämmenden Produkts muss mindestens 1,25 betragen.

ANMERKUNG 1 Die Gleichung basiert auf der Annahme, dass das Risiko eines vollständigen Versagens von 10^{-6} zwischen den Einwirkungen und der Beständigkeit gleichmäßig verteilt ist.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_1 für den Einbau muss mindestens 1,6 betragen.

ANMERKUNG 2 Er darf auf 1,5 verringert werden, wenn der Konstrukteur auf eine mindestens 10-jährige Erfahrung mit dem gleichen Dämmsystem unter Verwendung der gleichen Wärmedämmstoffe mit gleicher Herkunft verweisen kann.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_1 muss auf einem vorschriftsmäßig ausgeführten Einbau unter Verwendung von Stoffen basieren, die den einschlägigen Europäischen Normen entsprechen.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_c für den Säuleneffekt muss 1 sein für eine einzige Dämmschichtlage, 1,05 für eine dreilagige Dämmung und 1,09 für eine achtlagige Dämmung.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_t muss vom Konstrukteur durch statistisch aussagekräftige Prüfungen bestimmt werden. Falls das Einbauverfahren mit dem Bezugsverfahren übereinstimmt, muss $\gamma_t = 1$ sein.

ANMERKUNG 3 Der Beiwert γ_t berücksichtigt, dass der Wärmedämmstoff nach einem anderen als dem Bezugsverfahren in den Tankboden eingebaut werden darf.

ANMERKUNG 4 Ein Beispiel ist die Anwendung von Schaumglas mit einer Zwischenlage, die nicht der in EN 826:1996, Anhang A beschriebenen Abdeckung entspricht.

Unabhängig von den für γ_L , γ_m , γ_c , γ_t und γ_1 ausgewählten Werten darf das Produkt $\gamma_L \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot \gamma_1$ nicht kleiner sein als 2,5.

Literaturhinweise

- [1] EN 14620-2:2006, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -165 °C — Teil 2: Metallische Bauteile*
- [2] EN 14620-3:2006, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und -165 °C — Teil 3: Bauteile aus Beton*
- [3] DIN 53428, *Bestimmung des Verhaltens von Schaumstoffen gegen Flüssigkeiten, Dämpfe, Gase und feste Stoffe*
- [4] EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen; Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*
- [5] EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen; Brandeinwirkungen auf Tragwerke*
- [6] EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen; Schneelasten*
- [7] EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen; Windlasten*
- [8] EN 1991-1-5, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen; Temperatureinwirkungen*
- [9] EN 1991-1-6, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen; Einwirkungen während der Bauausführung*
- [10] EN 13501-2, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*