

DIN EN 14620-2



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 2: Metallische Bauteile;

Deutsche Fassung EN 14620-2:2006

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 2: Metallic components;

German version EN 14620-2:2006

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 2: Constituants métalliques;

Version allemande EN 14620-2:2006

Gesamtumfang 58 Seiten

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

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 14620-2:2006) 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 Ausgabe

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 2: Metallische Bauteile**

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

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 2: Constituants métalliques

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Werkstoffe	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Temperaturen	8
4.3 Primär- und Sekundärbehälter	8
4.4 Behälter zur Aufnahme des Dampfes/Außentank	12
4.5 Sonstige Bauteile	12
5 Auslegung	13
5.1 Auslegungstheorie	13
5.2 Primär- und Sekundärbehälter	16
5.3 Dampfbehälter (Außentank)	29
5.4 Abgehängtes Dach	33
5.5 Stützen	34
5.6 Primär- und Sekundärsicherheitshülle, Bodenanschlüsse	36
5.7 Verbindungen zwischen Behältern	36
5.8 Sonstige Einzelheiten	36
6 Fertigung	37
6.1 Handhabung der Materialien	37
6.2 Vorbereitung der Bleche und zulässige Maßabweichungen	38
6.3 Zulässige Maßabweichungen	39
6.4 Dach	42
6.5 Temporäre Anbauteile	42
7 Schweißverfahren	42
7.1 Allgemeines	42
7.2 Anforderungen an den Bericht über die Anerkennung der Schweißverfahren (WPAR)	42
7.3 Kerbschlagbiegeversuch	43
7.4 9%-Nickel-Stähle	43
7.5 Schweißer und Bediener von Schweißgeräten	43
7.6 Arbeitsproben	44
8 Schweißen	45
8.1 Heft- und temporäre Schweißnähte	45
8.2 Witterungsbedingungen	45
8.3 Vorwärmen	45
8.4 Wärmebehandlung nach dem Schweißen	45
9 Prüfung	47
9.1 Qualifizierung des Personals für die zerstörungsfreie Prüfung	47
9.2 Prüfverfahren	47
9.3 Art der Prüfungen	47
9.4 Sichtprüfung	50
9.5 Eindringprüfung	50
9.6 Magnetpulverprüfung	50
9.7 Unterdruckprüfung mit Saugglocke	50
9.8 Dichtheitsprüfung mit Ammoniak	51
9.9 Blasenprüfung (Nekalprüfung)	51
9.10 Durchstrahlungsprüfung	51
9.11 Ultraschallprüfung	52
9.12 Annahmekriterien	52

9.13	Unzulässige Fehler in waagerechten Schweißnähten	52
9.14	Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen	53
Anhang A (informativ) Einwirkungen auf die Membran		54
Anhang B (informativ) Bestimmung der Last- und Ermüdungskurven für Membranen.....		55
Literaturhinweise		56

Tabellen

Tabelle 1	— Lagergut und Stahlsorte	9
Tabelle 2	— Mindestkerbschlagarbeit beim Charpy-Kerbschlagbiegeversuch	11
Tabelle 3	— Stahl für den Dampfbehälter/Außentank	12
Tabelle 4	— Bestimmung der maximal zulässigen Auslegungsspannung	14
Tabelle 5	— Teilsicherheitsbeiwerte für die Stahlsorten I, II, III und IV	16
Tabelle 6	— Mindestdicke des Mantelblechs	19
Tabelle 7	— k -Faktoren für die Wöhler-Linien (Normalverteilung vorausgesetzt)	28
Tabelle 8	— Mindestmaß des Dacheckrings	33
Tabelle 9	— Grenzabweichungen des Radius	39
Tabelle 10	— Maximale Abweichungen zwischen dem Auslegungsprofil und dem Profil des fertigen Tanks	40
Tabelle 11	— Grenzabweichungen für örtliche Verformungen in Schweißnähten	40
Tabelle 12	— Kantenversatz an senkrechten Verbindungen	41
Tabelle 13	— Haltezeiten bei niedrigeren Temperaturen	46
Tabelle 14	— Schweißnahtprüfungen für Primär- und Sekundärbehälter	48
Tabelle 15	— Umfang der Durchstrahlungs-/Ultraschallprüfungen von Schweißnähten am Mantel des Primär- und Sekundärbehälters	48
Tabelle 16	— Schweißnahtprüfungen für Primär- und Sekundärbehälter	49
Tabelle 17	— Umfang der Durchstrahlungs-/Ultraschallprüfungen von Schweißnähten am Mantelblech von Dampfbehältern	50
Tabelle A.1	— Statische Einwirkungen	54
Tabelle A.2	— Einwirkungen durch Wechselbeanspruchung	54
Tabelle A.3	— Außergewöhnliche Einwirkungen	54

Bilder

Bild 1	— Typische Bodenanordnung	18
Bild 2	— Flussdiagramm für die Auslegung der Membran	23
Bild 3	— Typische druckbeanspruchte Flächen an Mantel-Dach-Verbindungen	32
Bild 4	— Typischer Dachstutzen mit thermischer Isolierung	35
Bild 5	— Bildung von Vorbeultiefen nach außen und nach innen	41
Bild 6	— Lehre zum Messen der Vorbeultiefen	41
Bild B.1	— Flussdiagramm für Membranen	55

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14620-2:2006) 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 allgemeine Anforderungen an Werkstoffe, Auslegung, Bau und Einbau von metallischen Bauteilen für Tanks zur Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen fest.

Diese Europäische Norm behandelt die Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen 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 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen - Teil 1: Stähle*

EN 462-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg) — Ermittlung der Bildgütezahl*

EN 462-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 2: Bildgüteprüfkörper (Stufe/Loch-Typ) — Ermittlung der Bildgütezahl*

EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal für die zerstörungsfreie Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

EN 584-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung*

EN 584-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Kontrolle der Filmverarbeitung*

EN 875, *Zerstörende Prüfungen von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Kerbschlagbiegeversuch — Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung*

EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung*

EN 1011-2, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Lichtbogenschweißen ferritischer Stähle*

EN 1092-1:2001, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach dem PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung der Bediener von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 1435:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schweißverbindungen*

EN 1515-1:1999, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 1: Auswahl von Schrauben und Muttern*

EN 1593, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Blasenprüfverfahren*

EN 1712:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 1714:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen*

EN 1759-1:2004, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche, NPS ½ bis 24*

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

ENV 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Bemessungsregeln für Schalentragwerke*

ENV 1993-4-2:1999, *Eurocode 3: Bemessung von Stahlbauten — Teil 4-2: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen — Tankbauwerke*

EN 1994-1-1, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln — Regeln für den Hochbau*

EN 10025:2004 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen*

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

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

EN 10160:1999, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*

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

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

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

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

EN 10216-4, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

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

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

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

EN 10217-4, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

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

EN 10217-6, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 6: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

EN 10220, *Nahtlose und geschweißte Stahlrohre — Maße und längenbezogene Masse*

EN 12062:2003, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe*

EN 14015:2004, *Anforderungen an Auslegung und Herstellung standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen*

EN 14620-1:2006, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 1: Allgemeines*

EN ISO 5817:2003, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003)*

EN ISO 15607:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607:2003)*

EN ISO 15609-1:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004)*

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

ISO 261, *ISO General purpose metric screw threads — General plan*

ISO 965-2:1998, *ISO general purpose metric screw threads — Tolerances — Part 2: Limits of sizes for general purpose external and internal screw threads — Medium quality*

API 620:2004, *Design and construction of large, welded, low-pressure storage tanks*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 14620-1:2005 festgelegten und die folgenden Begriffe.

3.1

Spannungsamplitude

Spannungsausschlag

die Hälfte der Differenz zwischen Ober- und Unterspannung

3.2

fortschreitende Verformung

Erscheinung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Verformungen in jedem Teil der Membran unter wechselnden Beanspruchungen progressiv ansteigen

3.3 Spannungsbereich
Schwingbreite der Spannung
Differenz zwischen größtem (Oberspannung) und kleinstem auftretenden Spannungswert (Unterspannung) im Dauerfestigkeits-Diagramm

3.4 wiederholtes Plastizieren
Ratcheting
progressive Zunahme einer inelastischen Verformung oder Dehnung, die in einem Bauteil, das einer veränderlichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt ist, auftreten kann

3.5 Kollaps durch Instabilität
Erscheinung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der Verformungszustand unter statischer Beanspruchung als instabil bewertet wird

4 Werkstoffe

4.1 Allgemeines

Die Temperatur, der ein Stahl unter allen Bedingungen ausgesetzt werden darf, ist wichtig und muss ermittelt werden.

4.2 Temperaturen

4.2.1 Niedrigste Auslegungstemperatur

Die niedrigste Auslegungstemperatur muss als Werkstoffauslegungstemperatur für die Werkstoffauswahl des Primär- und des Sekundärbehälters verwendet werden.

4.2.2 Lodmat

Lodmat muss vom Besteller festgelegt werden.

4.2.3 Werkstoffauslegungstemperatur

Wenn ein Bauteil aus Stahl gegen niedrige Flüssigkeits- oder Dampftemperaturen durch eine Dämmung geschützt wird, muss die Werkstoffauslegungstemperatur auf der Grundlage der ungünstigsten Belastungsbedingungen (einschließlich störungsbedingter Einwirkungen) berechnet werden.

4.3 Primär- und Sekundärbehälter

4.3.1 Auswahl des Stahls

4.3.1.1 Allgemeines

Die in 4.3.1.2 angegebenen Anforderungen an den Werkstoff für den Primär- und den Sekundärbehälter wurden in erster Linie unter Berücksichtigung einer hohen Zähigkeit des Werkstoffs bei der Auslegungstemperatur ausgewählt. Für jedes Lagergut werden spezifische Werkstoffanforderungen festgelegt.

4.3.1.2 Werkstoffanforderungen

4.3.1.2.1 Klassifikation für Stahl

Werkstoffe für Bleche müssen folgendermaßen eingeteilt werden:

- Stahl, Sorte I: Kohlenstoff-Mangan-Stahl für niedrige Temperaturen;
- Stahl, Sorte II: Kohlenstoff-Mangan-Stahl für sehr niedrige Temperaturen;
- Stahl, Sorte III: Stahl mit niedrigem Nickelgehalt;
- Stahl, Sorte IV: Stahl mit 9 % Nickel;
- Stahl, Sorte V: austenitischer, nicht rostender Stahl.

Die Stahlsorte muss für jedes Lagergut nach Tabelle 1 ausgewählt werden.

Tabelle 1 — Lagergut und Stahlsorte

Lagergut	Tank mit einfacher Sicherheitshülle	Tank mit doppelter oder vollständiger Sicherheitshülle	Membrantank	Übliche Lagertemperatur für Flüssiggas
Butan	Sorte II	Sorte I		–10 °C
Ammoniak	Sorte II	Sorte II		–35 °C
Propan/Propylen	Sorte III	Sorte II	Sorte V	–50 °C
Ethan/Ethylen	Sorte IV	Sorte IV	Sorte V	–105 °C
LNG	Sorte IV	Sorte IV	Sorte V	–165 °C
ANMERKUNG Bei der Werkstoffauswahl sollten auch einsatzbedingte Einflüsse beachtet werden, z. B. Rissbildung durch Spannungsrisskorrosion.				

4.3.1.2.2 Allgemeine Anforderungen

Es gelten folgende allgemeine Anforderungen:

a) Stahl, Sorte I:

Ein Stahl der Sorte I ist ein feinkörniger Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, der für Druck tragende Bauteile bei Temperaturen bis zu –35 °C zu verwenden ist. Der Stahl muss folgende Anforderungen erfüllen:

- 1) Der Stahl muss so festgelegt werden, dass er die Anforderungen einer anerkannten Europäischen Norm (z. B. EN 10028-3) erfüllt. Stähle mit einer Mindeststreckgrenze über 355 N/mm² dürfen nicht verwendet werden.
- 2) Der Stahl muss normal gegläht/normalisierend gewalzt oder thermomechanisch gewalzt hergestellt werden.
- 3) Der Kohlenstoffanteil muss weniger als 0,20 % betragen. Das nach der folgenden Gleichung zu errechnende Kohlenstoffäquivalent C_{eq} darf höchstens 0,43 betragen:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

b) **Stahl, Sorte II:**

Ein Stahl der Sorte II ist ein feinkörniger Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, der für Druck tragende Bauteile bei Temperaturen bis zu -50 °C zu verwenden ist. Der Stahl muss folgende Anforderungen erfüllen:

- 1) Der Stahl muss so festgelegt werden, dass er die Anforderungen einer anerkannten Europäischen Norm (z. B. EN 10028-3) erfüllt. Stähle mit einer Mindeststreckgrenze über 355 N/mm^2 dürfen nicht verwendet werden.
- 2) Der Stahl muss normal gegläht/normalisierend gewalzt oder thermomechanisch gewalzt hergestellt werden.
- 3) Der Kohlenstoffgehalt muss weniger als 0,20 % betragen. Das nach der folgenden Gleichung zu errechnende Kohlenstoffäquivalent C_{eq} darf höchstens 0,43 betragen:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

c) **Stahl, Sorte III:**

Ein Stahl der Sorte III ist ein feinkörniger, legierter Stahl mit niedrigem Nickelgehalt, der für Druck tragende Bauteile bei Temperaturen bis zu -80 °C zu verwenden ist. Der Stahl muss folgende Anforderungen erfüllen:

- 1) Der Stahl muss so festgelegt werden, dass er die Anforderungen einer anerkannten Europäischen Norm (z. B. EN 10028-4) erfüllt.
- 2) Der Stahl muss so wärmebehandelt worden sein, dass ein Gefüge mit feinen, gleichmäßigen Körnern entsteht, oder er muss thermomechanisch hergestellt werden.

d) **Stahl, Sorte IV:**

Ein Stahl der Sorte IV ist ein Stahl mit 9 % Nickel, der für Druck tragende Bauteile bei Temperaturen bis zu -196 °C zu verwenden ist. Der Stahl muss folgende Anforderungen erfüllen:

- 1) Der Stahl muss so festgelegt werden, dass er die Anforderungen einer anerkannten Europäischen Norm (z. B. EN 10028-4) erfüllt.
- 2) Der Stahl muss vergütet werden.

e) **Stahl, Sorte V:**

Ein Stahl der Sorte V ist ein austenitischer nichtrostender Stahl entsprechend einer Europäischen Norm (z. B. EN 10028-7).

4.3.1.2.3 Maximale Dicke des Mantelblechs

Die Dicke des Mantelblechs darf folgende Werte nicht überschreiten:

- Sorten I, II und III: 40 mm;
- Sorte IV: 50 mm;
- Sorte V: keine Obergrenze für die Dicke.

Wenn größere als die oben angegebenen Dicken gefordert werden, müssen weitere Werkstoffuntersuchungen und -prüfungen durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die gleiche Sprödbuchbeständigkeit vorhanden ist wie für die oben angegebenen maximalen Dicken und Werkstoffsorten erforderlich.

4.3.1.2.4 Grenzabmaße der Bleche

Die Grenzabmaße der Bleche müssen wie folgt sein:

- entsprechend EN 10029:1991, Klasse C, für Teile, deren Dicke durch Berechnung ermittelt wird;
- entsprechend EN 10029:1991, Klasse B, für Teile, deren Dicke auf der Basis der Mindestnenn Dicke ermittelt wird.

4.3.2 Anforderungen an den Charpy-Kerbschlagbiegeversuch

Die Werte der Charpy-Kerbschlagarbeit für das Grundmetall, die Wärmeeinflusszone (WEZ) und das Schweißgut müssen Tabelle 2 entsprechen.

Die festgelegten Werte müssen dem an drei Proben ermittelten Mindestmittelwert entsprechen, wobei nur für eine Probe der festgelegte Wert, jedoch nicht weniger als 70 % des festgelegten Wertes unterschritten werden darf.

Für Werkstoffdicken unter 11 mm muss die größte verfügbare Untermaßprobe verwendet werden. Der kleinste an einer Untermaßprobe ermittelte Wert der Charpy-Kerbschlagarbeit muss direkt proportional zu den an Normalproben ermittelten Werten sein.

Die nachteilige Beeinflussung der Kerbschlagzähigkeit durch das Schweißen muss berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Um die Anforderungen in der Wärmeeinflusszone zu erfüllen, können für bestimmte Werkstoffe höhere Charpy-Kerbschlagwerte oder niedrigere Prüftemperaturen für den Grundwerkstoff erforderlich sein.

Ein Kerbschlagbiegeversuch ist an allen von Flüssigkeit benetzten Mantelblechen und Blechen, aus denen Bodenrandbleche geschnitten werden, durchzuführen. An anderen Bauteilen muss für jede Schmelze/Gusscharge des Werkstoffs ein Kerbschlagbiegeversuch durchgeführt werden.

Die Durchführung des Kerbschlagbiegeversuchs muss EN 10045-1 und EN 875 entsprechen.

Tabelle 2 — Mindestkerbschlagarbeit beim Charpy-Kerbschlagbiegeversuch

Klassifikation	Stahlsorte	Kerbschlagarbeit	Probenausrichtung für Bleche
Sorte I	Kohlenstoff-Mangan-Stahl für niedrige Temperatur	27 J bei –35 °C	Quer
Sorte II	Kohlenstoff-Mangan-Stahl für sehr niedrige Temperatur	27 J bei –50 °C	Quer
Sorte III	Stahl mit niedrigem Nickelgehalt	27 J bei –80 °C	Quer
Sorte IV	Vergüteter Stahl mit 9 % Nickel	80 J bei –196 °C	Quer
Falls Schweißgut auf Nickelbasis (Stahl der Sorten II, III und IV) verwendet wird, muss für das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone ein Wert der Kerbschlagarbeit von 55 J erreicht werden.			

4.3.3 Zertifizierung

Für Werkstoffe mit einer Auslegungstemperatur unter 0 °C muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204:2004 gefordert werden.

4.4 Behälter zur Aufnahme des Dampfes/Außentank

4.4.1 Werkstoff für Blech und Profile

Der Stahl für den Dampfbehälter/Außentank muss nach Tabelle 3 ausgewählt werden.

ANMERKUNG Andere Stahlsorten dürfen unter der Voraussetzung angewendet werden, dass äquivalente Eigenschaften (z. B. chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften) nachgewiesen werden können.

Tabelle 3 — Stahl für den Dampfbehälter/Außentank

Auslegungs- temperatur T_{DM} °C	Dicke e mm	Werkstoff nach EN 10025:2004
$T_{DM} \geq 10$	$e \leq 40$	S235JRG2 oder S275JR oder S355JR
$10 > T_{DM} \geq 0$	$e \leq 13$ $13 < e \leq 40$	S235JRG2 oder S275JR oder S355JR S235J0 oder S275J0 oder S355J0
$0 > T_{DM} \geq -10$	$e \leq 13$ $13 < e \leq 40$	S235J0 oder S275J0 oder S355J0 S235J2G3 oder S275J2G3 oder S355J2G3
$-10 > T_{DM} \geq -20$	$e \leq 13$ $13 < e \leq 40$	S235J2G3 oder S275J2G3 oder S355J2G3 S235J2G3 oder S275J2G3 oder S355J3G4

Für Auslegungstemperaturen unter -20 °C und/oder Dicken über 40 mm muss das Blech einem Kerbschlagbiegeversuch bei einer Temperatur, die die Auslegungstemperatur nicht überschreitet, unterzogen werden, wobei der Wert der Kerbschlagarbeit mindestens 27 J in Längsrichtung betragen muss.

Für Auslegungstemperaturen unter 0 °C muss der Kerbschlagbiegeversuch des Schweißgutes und in der WEZ der vertikalen Mantelverbindung einen Wert von 27 J bei der Auslegungstemperatur erreichen.

4.4.2 Zertifizierung

Für Werkstoffe mit einer Auslegungstemperatur unter 0 °C muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204:2004 gefordert werden.

Für alle anderen Werkstoffe muss ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 vorgelegt werden.

4.5 Sonstige Bauteile

4.5.1 Verschraubungselemente

4.5.1.1 Auswahl der Verschraubungselemente

Die Verschraubungselemente müssen EN 1515-1:1999, Tabelle 1 und Tabelle 2 entsprechen.

Bei der Werkstoffauswahl müssen Anwendung, Auslegungsdruck, Auslegungstemperatur und Einsatzbedingungen des Lagerguts berücksichtigt werden.

Das Stangenmaterial zur Herstellung der Verschraubungselemente muss bei Anwendung ferritischer und martensitischer Stähle eine Zugfestigkeit $< 1\,000\text{ N/mm}^2$ und eine Dehnung $A_5 > 14\%$ haben.

Ferritische und martensitische Stähle, die zwischen -10 °C und -160 °C eingesetzt werden, müssen einem Kerbschlagbiegeversuch bei der Auslegungstemperatur unterzogen werden, bei dem sie in Längsrichtung eine mittlere Kerbschlagarbeit von 40 J erreichen müssen.

Bei Werkstoffauslegungstemperaturen unter -160 °C muss der Kerbschlagbiegeversuch bei -196 °C durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Bei Anwendung austenitischer Stähle kann bei einer Abkühlung auf Temperaturen unter Null eine Entspannung des Schraubenwerkstoffs stattfinden. Die Ursache dafür ist eine bleibende Gefügeumwandlung von Austenit in Martensit, die zu einer Verlängerung führt. Der Umfang der Umwandlung erhöht sich mit der aufgetragenen Beanspruchung.

ANMERKUNG 2 Schrauben, die nach der Abkühlung nicht mehr angezogen werden können, sollten aus Stahl mit stabilem Gefüge hergestellt werden, z. B. aus 25 Cr 20 Ni oder aus einem stickstoffhaltigen austenitischen Stahl.

4.5.1.2 Stiftschrauben

Stiftschrauben sind über ihre gesamte Länge mit Gewinde zu versehen. Die Enden der Stiftschrauben müssen angefast oder abgerundet sein. Die Höhe eines Endes darf höchstens einer einfachen Gewindesteigung entsprechen.

Die Enden müssen bei der Festlegung der Länge der Stiftschrauben mit einbezogen werden. Es erfolgt eine Stufung der Längen für einen Längenzuwachs von 5 mm im Längenbereich bis 80 mm und für einen Längenzuwachs von 10 mm im Längenbereich zwischen 80 mm und 200 mm sowie für einen Längenzuwachs von 20 mm im Längenbereich über 200 mm.

Das Gewinde muss ISO 261 entsprechen, Grenzabmaße müssen der Toleranzklasse 6 g von ISO 965-2:1998 entsprechen. Es müssen entweder ISO-M-Grobgewinde oder über M39-Feingewinde mit 4 mm Steigung angewendet werden.

4.5.1.3 Federringe

Wenn bedingt durch die Anwendung unterschiedlicher Werkstoffe unterschiedliche Wärmekontraktionen auftreten können, müssen besondere Federringe ausgewählt werden.

4.5.2 Anbauteile

Stützenhalse, Einsetz- und Verstärkungsbleche und dauerhaft angebrachte Anbauteile müssen die gleiche Festigkeit und Kerbschlagzähigkeit haben wie die Bleche, an denen sie angebracht werden. Werkstoffe mit geringerer Festigkeit können für Stützenansätze unter der Voraussetzung angewendet werden, dass die Ansatzfläche nicht in die Flächenersatzberechnung eingezogen wird.

4.5.3 Rohrleitungsbauteile

Werkstoffe für Rohrleitungsbauteile müssen EN 1092-1:2001, EN 10216-1, EN 10216-2, EN 10216-3, EN 10216-4, EN 10217-1, EN 10217-2, EN 10217-3, EN 10217-4, EN 10217-5 und EN 10217-6 entsprechen.

5 Auslegung

5.1 Auslegungstheorie

5.1.1 Allgemeines

Bezüglich der Einwirkungen (Lasten) wird auf EN 14620-1:2006, 7.3 verwiesen.

Für die Auslegung der Stahlbauteile muss entweder auf die Theorie der zulässigen Spannungen oder auf die Grenzzustandstheorie zurückgegriffen werden.

ANMERKUNG Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt für die Auslegung von Lagertanks aus Stahl nur begrenzte Erfahrungen mit der Anwendung der Grenzzustandstheorie vorliegen, stehen beide Theorien zur Wahl.

Für die Membran, die für ein elastisch-plastisches Verhalten ausgelegt wird, sind weder die zulässige Spannung noch der Grenzzustand ein geeignetes Kriterium, und an ihrer Stelle muss die für den festgelegten Werkstoff zutreffende Spannungs-Dehnungs-Kurve angewendet werden.

5.1.2 Zulässige Spannungen

5.1.2.1 Allgemeines

Die maximal zulässige Zugspannung in jedem Blech oder jedem Schweißgut muss Tabelle 4 entsprechen.

Tabelle 4 — Bestimmung der maximal zulässigen Auslegungsspannung

Stahlsorte	Zulässige Spannung während des Betriebs	Zulässige Spannung während der Wasserdruckprüfung
Sorten I, II, III	Der jeweils kleinere der nachfolgend angegebenen Werte: $0,43 f_u$ oder $0,67 f_y$ oder 260 N/mm^2	Der jeweils kleinere der nachfolgend angegebenen Werte: $0,60 f_u$ oder $0,85 f_y$ oder 340 N/mm^2
Sorte IV	Der jeweils kleinere der nachfolgend angegebenen Werte: $0,43 f_u$ oder $0,67 f_y$	
Sorte V	Der jeweils kleinere der nachfolgend angegebenen Werte: $0,40 f_u$ oder $0,67 f_y$	
ANMERKUNG 1 f_u ist die Mindestzugfestigkeit in N/mm^2 , und f_y ist die Mindeststreckgrenze in N/mm^2 . ANMERKUNG 2 Bei den Stahlsorten III und IV entspricht f_y der 0,2%-Dehngrenze. ANMERKUNG 3 Bei der Stahlsorte V entspricht f_y der 1%-Dehngrenze.		

Bei der Erdbebenauslegung muss die zulässige Spannung für das Auslegungserdbeben für den Betriebszustand (OBE) das 1,33fache der unter Betriebsbedingungen zulässigen Spannung betragen. Für Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung (SSE) muss die zulässige Spannung in Zugrichtung einen Wert von $1,00 f_y$ haben und der kritischen Knickspannung für Druck entsprechen.

5.1.2.2 Tankverankerungen

Die Tankverankerung muss dem Abheben des Tanks standhalten. Die zulässige Zugspannung in der Tankverankerung muss auf folgende Werte begrenzt werden:

- bei üblichem Betrieb: auf $0,50 f_y$;
- bei der Prüfung: auf $0,85 f_y$;
- bei Auslegungserdbeben für den Betriebszustand: auf $0,67 f_y$;
- bei Auslegungserdbeben für die sichere Abschaltung: auf $1,00 f_y$.

Am Mantel angebrachte Anbau- und Einsetzteile müssen für eine Last ausgelegt werden, die der vollen Dehnbarkeit der nicht korrodierten Ankerschrauben oder -bänder entspricht.

ANMERKUNG Dies dient dazu, ein mögliches Einreißen des Mantels zu verhindern. Für die Auslegung der Ankerschraubenaufnahmen siehe [14].

Für den Betrieb mit Ethan/Ethylen und LNG gilt für Verankerungen aus Werkstoffen der Sorten IV oder V die Streckgrenze des Verankerungswerkstoffes bei der aus Tabelle 1 ermittelten oder darunter liegenden Temperatur.

5.1.2.3 Dacheckring

Die zulässige Druckspannung S_c muss auf 120 N/mm² begrenzt werden.

ANMERKUNG Einzelheiten zum Dacheckring siehe 5.3.1.3.5.

5.1.2.4 Schubspannungen

5.1.2.4.1 Stumpfschweißnähte

Bei einer zur Schweißnaht rechtwinkligen Beanspruchung in der Ebene der Bleche muss die zulässige Normalspannung auf den in Tabelle 4 angegebenen Wert begrenzt werden.

Bei einer zur Schweißnaht parallelen Beanspruchung muss die zulässige Spannung auf 75 % des in Tabelle 4 angegebenen Wertes begrenzt werden.

5.1.2.4.2 Kehlnähte

Bei einer zur Schweißnaht rechtwinkligen Beanspruchung muss die zulässige Schubspannung auf 70 % des in Tabelle 4 angegebenen Wertes begrenzt werden.

Bei einer zur Schweißnaht parallelen Beanspruchung muss die zulässige Schubspannung auf 50 % des in Tabelle 4 angegebenen Wertes begrenzt werden.

5.1.3 Grenzzustandstheorie

5.1.3.1 Allgemeines

Für eine auf dem Grenzzustand basierende Berechnung müssen folgende Eurocodes angewendet werden:

EN 1993-1-1, ENV 1993-1-6, ENV 1993-4-2:1999 und EN 1994-1-1.

Folgendes muss berücksichtigt werden:

- das vereinfachte Verfahren nach ENV 1993-4-2:1999, Abschnitt 11 darf nicht angewendet werden;
- für die statische Berechnung der Dachkonstruktion muss EN 1993-1-1 oder EN 1994-1-1 angewendet werden;
- bei der Auslegung von Tankmänteln gegen äußeren Druck müssen die Anforderungen von 5.2.1.3 berücksichtigt werden. ENV 1993-1-6 gilt für diesen Fall nicht;
- die Anforderungen in 5.1.3.2 unterscheiden sich von den Anforderungen in ENV 1993-4-2, müssen jedoch eingehalten werden.

5.1.3.2 Primär- und Sekundärbehälter

Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Primär- und Sekundärbehälter für einwandige Tanks, einwandige Tanks mit Auffangtasse und doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle müssen nach Tabelle 5 festgelegt werden.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Lasten und die Werkstoffbeiwerte wurden aneinander angepasst, so dass die gleiche Manteldicke wie bei Anwendung der Theorie der zulässigen Spannungen erreicht wird.

Tabelle 5 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Stahlsorten I, II, III und IV

Betriebsbedingungen			Prüfbedingungen		
γ_F	γ_M		γ_F	γ_M	
1,36	$\alpha \geq 1,57$ 1,10	$\alpha < 1,57$ $1,72/\alpha$	1,06	$\alpha \geq 1,42$ 1,11	$\alpha < 1,42$ $1,57/\alpha$

ANMERKUNG α ist das Verhältnis der Zugfestigkeit zur Streckgrenze f_u/f_y

Dabei ist

γ_F der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen;

γ_M der Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand der Werkstofffestigkeit;

f_u die Zugfestigkeit des Stahls oder Schweißgutes, je nachdem, welcher Wert der geringere ist;

f_y die Streckgrenze des Stahls oder Schweißgutes, je nachdem, welcher Wert der geringere ist.

5.2 Primär- und Sekundärbehälter

5.2.1 Einwandige Tanks, einwandige Tanks mit Auffangtasche und doppelwandige Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle

5.2.1.1 Boden

5.2.1.1.1 Bodenrandbleche

Die Bodenrandbleche müssen folgende Mindestdicke e_a (ohne Korrosionszuschlag) haben:

$$e_a = (3,0 + e_1/3), \text{ mindestens jedoch } 8 \text{ mm.}$$

Dabei ist

e_1 die Dicke des untersten Mantelschusses, in mm.

Der Mindestabstand l_a zwischen der Kante des Bodenblechs und der Außenseite des Mantels, wie in Bild 1c) dargestellt, muss dem größeren der nachstehenden Werte entsprechen:

a) nach der folgenden Gleichung:

$$l_a > \frac{240}{\sqrt{H}} e_a$$

Dabei ist

e_a die Dicke des Bodenrandblechs, in mm;

H die maximale Auslegungsfüllhöhe des Lagerguts, in m oder

b) 500 mm.