

DIN EN 14620-3

**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 3: Bauteile aus Beton;  
Deutsche Fassung EN 14620-3:2006**

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 3: Concrete components;  
German version EN 14620-3:2006

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 3: Constituants béton;  
Version allemande EN 14620-3:2006

Gesamtumfang 22 Seiten

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



## Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 14620-3:2006) 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 3: Bauteile aus Beton**

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,  
flat-bottomed steel tanks for the storage of refrigerated,  
liquefied gases with operating temperatures between  
0 °C and -165 °C —  
Part 3: Concrete components

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 3: Constituants béton

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
<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Allgemeines</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Dampfsperre</b> .....	<b>4</b>
<b>6 Werkstoffe</b> .....	<b>5</b>
<b>6.1 Allgemeines</b> .....	<b>5</b>
<b>6.2 Beton</b> .....	<b>5</b>
<b>6.3 Spannstahl und Betonstahl</b> .....	<b>5</b>
<b>7 Auslegung</b> .....	<b>6</b>
<b>7.1 Allgemeines</b> .....	<b>6</b>
<b>7.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen</b> .....	<b>6</b>
<b>7.3 Flüssigkeitsdichtheit</b> .....	<b>6</b>
<b>8 Vorschriften für die bauliche Durchbildung</b> .....	<b>7</b>
<b>8.1 Allgemeines</b> .....	<b>7</b>
<b>8.2 Vorspannung</b> .....	<b>7</b>
<b>8.3 Auslegung der Wand</b> .....	<b>7</b>
<b>8.4 Dachauskleidung aus Stahl</b> .....	<b>7</b>
<b>8.5 Arbeitsfugen</b> .....	<b>7</b>
<b>8.6 Lage von Spanngliedern und Spanndrähten</b> .....	<b>7</b>
<b>8.7 Betondeckung</b> .....	<b>8</b>
<b>8.8 Mindestbewehrung</b> .....	<b>8</b>
<b>8.9 Wände von Auffangräumen aus Stahlbeton</b> .....	<b>8</b>
<b>9 Bauausführung</b> .....	<b>8</b>
<b>9.1 Allgemeines</b> .....	<b>8</b>
<b>9.2 Beschränkung der Rissbildung</b> .....	<b>8</b>
<b>9.3 Schalung und Zuganker</b> .....	<b>8</b>
<b>9.4 Abstandhalter</b> .....	<b>9</b>
<b>9.5 Nachbehandlung des Betons</b> .....	<b>9</b>
<b>9.6 Zulässige Abweichungen</b> .....	<b>9</b>
<b>10 Auskleidungen und Beschichtungen</b> .....	<b>9</b>
<b>10.1 Allgemeines</b> .....	<b>9</b>
<b>10.2 Auskleidungen</b> .....	<b>9</b>
<b>10.3 Beschichtungen</b> .....	<b>10</b>
<b>10.4 Kälteschutzsystem (TPS)</b> .....	<b>10</b>
<b>Anhang A (informativ) Werkstoffe</b> .....	<b>11</b>
<b>Anhang B (informativ) Spannbetontank</b> .....	<b>14</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>20</b>
 <b>Tabelle</b>	
<b>Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für außergewöhnliche Einwirkungen</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabelle B.1 — Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Wand-Fundament-Verbindungen</b> .....	<b>15</b>
 <b>Bild</b>	
<b>Bild A.1 — Kerb im Bewehrungsstab</b> .....	<b>13</b>
<b>Bild B.1 — Typische vorgespannte Wand-Fundament-Verbindungen</b> .....	<b>16</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 14620-3:2006) 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 und Ausführung von Betonbauteilen für Tanks zur Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen fest.

Diese Europäische Norm behandelt die Auslegung und Herstellung standortgefertigter, stehender, zylindrischer Flachboden-Stahl tanks zur 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 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

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

EN 1992-1-2:2004, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

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 14620-2:2006, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 2: Metallische Bauteile*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 14620-1:2006 angegebenen und der folgende Begriff.

### 3.1

#### Tieftemperatur

Temperatur unter –20 °C

## 4 Allgemeines

Für die Auslegung von Tragwerken aus Stahlbeton und/oder Spannbeton und die Auswahl der Werkstoffe wird auf EN 1992-1-1 Bezug genommen.

## 5 Dampfsperre

Um die Dampfdichtheit des Außentanks (z. B. in einem doppelwandigen Tank mit vollständiger Sicherheitshülle) sicherzustellen, müssen metallische Auskleidungen oder polymerische Beschichtungen verwendet werden.

## 6 Werkstoffe

### 6.1 Allgemeines

Die Werkstoffeigenschaften von Beton und Betonbauteilen ändern sich bei niedrigen Temperaturen. Einige Veränderungen sind günstig, andere ungünstig. Entsprechende Werkstoffeigenschaften müssen eingesetzt werden, damit für alle Temperaturbereiche die bauliche Integrität sichergestellt ist. Dies muss sowohl ständige als auch vorübergehende Bedingungen einschließen.

ANMERKUNG Die Anforderungen an Werkstoffe, die gegen Tieftemperatur beständig sind und in 6.2 und 6.3 angegeben werden, gelten nur dann, wenn sie zur Sicherstellung der baulichen Integrität und zur Erfüllung der Anforderungen an die Flüssigkeitsdichtheit und gegebenenfalls Dampfdichtheit erforderlich sind.

### 6.2 Beton

Für normale und Tieftemperaturbedingungen müssen die Anforderungen an den Werkstoff Beton EN 1992-1-1 entsprechen.

Für die Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Konformität des Betons muss Bezug auf EN 206-1 genommen werden.

ANMERKUNG Weitere Angaben zu den Eigenschaften von Betonbauteilen bei Tieftemperatur sind im Anhang A enthalten.

### 6.3 Spannstahl und Betonstahl

#### 6.3.1 Spannstahl und Verankerungen

Spannstahl, Verankerungen, Spannkanäle usw. müssen EN 1992-1-1 entsprechen.

Zusätzlich muss nachgewiesen werden, dass Spannstahl und seine Verankerungen für die tiefen Temperaturen, denen sie ausgesetzt sein können, geeignet sind.

ANMERKUNG Weitere Angaben zum Verhalten von Spannbeton bei Tieftemperatur sind im Anhang A enthalten.

#### 6.3.2 Betonstahl

Für die Auslegung von Tragwerken aus Stahlbeton, bei denen die Auslegungstemperatur unter üblichen Betriebs- oder Notfallbedingungen nicht unter  $-20\text{ °C}$  fällt, muss der Betonstahl EN 1992-1-1 entsprechen.

Für zugbeanspruchte Bauteile, bei denen die Auslegungstemperatur unter üblichen Betriebs- oder Notfallbedingungen unter  $-20\text{ °C}$  fällt, müssen zusätzliche Anforderungen für die Verwendung bei Tieftemperatur berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Im Anhang A werden Hinweise gegeben.

Ferner muss nachgewiesen werden, dass Verbindungsmuffen für die Bewehrung, die bei Umgebungstemperatur verwendet werden, für die vorgesehene Anwendung geeignet sind.

Die bei Tieftemperaturen zu verwendenden Verbindungsmuffen müssen den gleichen Prüfungen bei Werkstoffauslegungstemperatur wie die bei Umgebungstemperatur zu verwendenden Verbindungsmuffen unterzogen werden, und die Prüfergebnisse müssen verglichen werden. Die Verbindungsmuffen müssen als geeignet angesehen werden, wenn die Ergebnisse bei Tieftemperatur innerhalb eines Rahmens von 5 % der Ergebnisse bei Umgebungstemperatur liegen. Der Auftragnehmer muss entsprechende Prüfungen durchführen, die mindestens Zugfestigkeits- und Zähigkeitsprüfungen einschließen müssen. Die Prüfergebnisse müssen entsprechende Anforderungen des Konstrukteurs erfüllen.

## 7 Auslegung

### 7.1 Allgemeines

Die zu berücksichtigenden Einwirkungen müssen EN 14620-1:2006 entsprechen.

Nach der Grenzzustandstheorie muss die Zuverlässigkeit von Betonbauteilen durch Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte erzielt werden.

Auslegungswerte für die Einwirkungen, Auswirkungen der Einwirkungen, Werkstoffeigenschaften, geometrische Größen und Auslegungsfestigkeit müssen nach EN 1992-1-1 bestimmt werden. Bezüglich Wärmestrahlung wird auf EN 1992-1-2 verwiesen.

### 7.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Kombinationen von Einwirkungen

In Tabelle 1 sind Teilsicherheitsbeiwerte für außergewöhnliche Einwirkungen angegeben. Sie müssen zusätzlich zu den in EN 1991-1-1 festgelegten Teilsicherheitsbeiwerten für Lasten verwendet werden

**Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für außergewöhnliche Einwirkungen**

Lastkombinationen	Lastbeiwerte für					
	Eigenlasten		Nutzlasten		Unge- wöhnliche Lasten	Wind- lasten
	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	Günstig		
Übliche Einwirkung zuzüglich einer außergewöhnlichen Einwirkung	1,05	1,0	1,05	0	1,0	0,3

Zu den außergewöhnlichen Einwirkungen gehören Erdbeben (Sicherheitserdbeben), Druckwellen, äußerer Anprall, Feuer oder Undichtigkeit des Innentanks.

### 7.3 Flüssigkeitsdichtheit

Für Flüssigkeitsdichtheit ist Folgendes zu berücksichtigen:

a) Nicht flüssigkeitsdichte Auskleidung/Beschichtung

Für Außenbehälter aus Beton ohne flüssigkeitsdichte Auskleidung oder Beschichtung muss die Flüssigkeitsdichtheit des Betons durch einen druckbeanspruchten Bereich von mindestens 100 mm sichergestellt werden.

b) Flüssigkeitsdichte Auskleidung/Beschichtung

Wenn eine flüssigkeitsdichte Auskleidung/Beschichtung verwendet wird (um sicherzustellen, dass der Sekundärbehälter vollständig dicht ist), ist Rissbildung im Betonquerschnitt innerhalb der in EN 1992-1-1 festgelegten Grenzen zulässig.

In diesen Fällen muss die Rissbreite berechnet werden, und die Auskleidung/Beschichtung muss nachgewiesenermaßen in der Lage sein, einen Spalt zu überbrücken, dessen Breite 120 % der Rissbreite beträgt.



## 8 Vorschriften für die bauliche Durchbildung

### 8.1 Allgemeines

Bezüglich allgemeiner Angaben zu Tanks aus Spannbeton sollte auf Anhang B Bezug genommen werden.

### 8.2 Vorspannung

Auf Wände aus Spannbeton muss eine horizontale Vorspannung aufgebracht werden.

ANMERKUNG Eine vertikale Vorspannung ist nicht erforderlich. Sie kann mit einer horizontalen Vorspannung kombiniert werden. Die Notwendigkeit für eine vertikale Vorspannung hängt vom Auslegungsdruck des Tanks, dem Tankdurchmesser und den damit zusammenhängenden ständigen und vorübergehenden Spannungen innerhalb des Betonquerschnitts ab.

### 8.3 Auslegung der Wand

Die Mindestwanddicke muss so festgelegt werden, dass

- die Bewehrung und alle Spannglieder ausreichend abgedeckt werden,
- zwischen Bewehrung und Spanngliedern ein ausreichender Zwischenraum verbleibt, sodass ein homogenes, flüssigkeitsdichtes Betontragwerk entsteht.

### 8.4 Dachauskleidung aus Stahl

Die Dachauskleidung aus Stahl muss in geeigneter Weise mit dem Betondach verankert sein.

ANMERKUNG Die Auskleidung kann zur Schalung des Betons dienen und auch zusammen mit Schubverankerungen mittels Stiftschrauben verwendet werden. Der Beton kann in Schichten aufgebaut werden, um eine Überbeanspruchung der Auskleidung zu verhindern (siehe auch B.6).

### 8.5 Arbeitsfugen

Zu beachten sind Auslegung und Ausführung von Arbeitsfugen. Lage und Notwendigkeit müssen sorgfältig geplant werden, um das Risiko der schlechten Verfugung zu minimieren. Für Bereiche, die flüssigkeitsdicht sein müssen, muss der Auftragnehmer Beschreibungen von in der Praxis bewährten Verfahren liefern oder, falls diese nicht vorhanden sind, durch Prüfungen nachweisen, dass die Fuge flüssigkeitsdicht ist.

### 8.6 Lage von Spanngliedern und Spanndrähten

Bei inneren Vorspannsystemen, die Verstreben und verpresste Spannglieder verwenden, müssen bei der Bestimmung der Lage des Vorspannsystems außergewöhnliche Umstände, z. B. Brandfälle, genügend berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Spannglieder sollten zum Schutz gegen äußere Brände vorzugsweise in der Mitte der Betonwand angebracht werden.

Die Spannglieder müssen während der Lebensdauer des Tanks ausreichend gegen Korrosion geschützt werden. Verpressverfahren müssen vorgesehen und zwischen Konstrukteur und Auftragnehmer so vereinbart werden, dass für die Spannglieder ein ausreichender Schutz erreicht wird.

ANMERKUNG 2 In angreifenden Umgebungen, in denen zusätzlicher Schutz für die Spannglieder erforderlich ist, können Spannkäule aus Nichteisenwerkstoffen verwendet werden. Es wird auf „Durable bonded post-tensioned bridges“, Concrete Society Report TR47 [12] verwiesen. Für nicht fest verbundene Spannglieder sollte auf die FIP-Empfehlung 91 [13] Bezug genommen werden.

ANMERKUNG 3 Bei Verwendung von Drahtwickelsystemen sollte der Draht spiralförmig an der Wandaußenfläche mit einem vertikalen Abstand zwischen den Drähten von mindestens 8 mm angeordnet werden. Jede Drahtlage sollte mit Spritzbeton so beschichtet werden, dass eine mindestens 6 mm dicke Schicht über dem Draht entsteht. Nachdem alle Drähte angeordnet und beschichtet wurden, sollte eine abschließende Spritzbetonbeschichtung aufgebracht werden, die über dem letzten Draht eine Mindestdicke von 25 mm hat.

## 8.7 Betondeckung

Bei Auswahl der Betondeckung der Bewehrung müssen die Umweltklassen, die Bodenbedingungen und die Auslegungsbedingungen für außergewöhnliche Ereignisse, z. B. Brandschutz, berücksichtigt werden.

Die Mindestanforderungen müssen EN 1992-1-1 entsprechen.

## 8.8 Mindestbewehrung

Die Mindestfläche der Bewehrung muss EN 1992-1-1 entsprechen.

## 8.9 Wände von Auffangräumen aus Stahlbeton

Wände von Auffangräumen aus Stahlbeton müssen zugelassen werden. Die Wand der Auffangräume muss nach den in dieser Norm festgelegten Anforderungen ausgelegt werden.

ANMERKUNG Wände von Auffangräumen sind für Tanks mit einfacher Sicherheitshülle erforderlich. Sie können aus baulichen Gründen zusammen mit einem Erdwall angewendet werden.

## 9 Bauausführung

### 9.1 Allgemeines

Grundsätzlich müssen die Anforderungen an die Bauausführung EN 1992-1-1 entsprechen.

Zur Sicherstellung der Flüssigkeitsdichtheit des Tragwerks müssen Zusammensetzung, Herstellung, Güteüberwachung, Verarbeitung, Verdichtung, Nachbehandlung usw. des Betons, die EN 206-1 entsprechen müssen, besonders beachtet werden.

Außerdem gelten die folgenden Anforderungen.

### 9.2 Beschränkung der Rissbildung

Der Auftragnehmer muss die Hydratationswärme und die Auswirkungen des Trocknens und des Wärmeschwindens im Betontragwerk untersuchen. Die Zusammensetzung der Mischung (Zementart) und das für die Ausführung vorgesehene Verfahren müssen so ausgewählt werden, dass die Rissbildung des Betons so gering wie möglich wird.

Die Temperaturdifferenz zwischen neuen und alten Konstruktionen und der Umgebung muss bei der Auslegung beachtet werden.

### 9.3 Schalung und Zuganker

Die Schalung muss an allen Verbindungen dicht abschließen. Für die Schalung müssen Berechnungen durchgeführt werden, um eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit sicherzustellen.

An den Zugankern müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um Undichtigkeiten zu verhindern.

Alle konischen Öffnungen müssen so abgedichtet werden, dass die Flüssigkeitsdichtheit sichergestellt ist.

## 9.4 Abstandhalter

Gegenüber dem Lagergut beständige und flüssigkeitsdichte Abstandhalter müssen verwendet werden, um eine vorschriftsmäßige Betondeckung der Bewehrung zu ermöglichen.

## 9.5 Nachbehandlung des Betons

Die Nachbehandlung muss nach EN 206-1 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Nachbehandlung ist von vielen Faktoren, einschließlich der Lufttemperatur und der Betonmischung, abhängig.

Die Nachbehandlungsdauer muss Maßnahmen zur Verhinderung einer übermäßigen Verdampfung und zur Stabilisierung der durch die Hydratationswärme erzeugten Temperatureffekte einschließen, bis die Betonmatrix eine ausreichende innere Festigkeit erreicht hat, um sowohl den auftretenden inneren als auch äußeren Beanspruchungen standzuhalten.

## 9.6 Zulässige Abweichungen

Die Anforderungen an die zulässigen Abweichungen des Betontragwerks müssen EN 1992-1-1 entsprechen. Der Auftragnehmer muss untersuchen, ob strengere Maßabweichungen einzuhalten sind, z. B. für besondere Auskleidungen und für bestimmte Dämmsysteme (Membrantanks).

# 10 Auskleidungen und Beschichtungen

## 10.1 Allgemeines

Auskleidungen und Beschichtungen müssen auf die Innenfläche des Betons aufgetragen werden, um zu verhindern, dass Feuchtigkeit und Dampf in das Tragwerk eindringen.

ANMERKUNG Auskleidungen und Beschichtungen können auch verwendet werden, um die Flüssigkeitsdichtheit des Tragwerks sicherzustellen.

Folgende Werkstoffe müssen verwendet werden:

- Stahlbleche für Auskleidungen;
- verstärkte oder nicht verstärkte Polymerschichten für Beschichtungen.

## 10.2 Auskleidungen

Stahlauskleidungen müssen als dampf- und flüssigkeitsdicht betrachtet werden, sofern eine geeignete Werkstoffauswahl getroffen wird. Die Werkstoffauswahl muss auf der Werkstoffauslegungstemperatur basieren, die vom Auftragnehmer zu bestimmen ist. Die Auswahl der Stahlsorte muss nach EN 14620-2 erfolgen.

Die Mindestblechdicke muss 3 mm betragen.

Bei der Bemessung der Auskleidung müssen jegliches Kriechen oder alle Langzeitverformungen des Betons, die unter Betriebsbedingungen auf das Tragwerk einwirken, berücksichtigt werden.

Das Verankerungssystem muss für eine kombinierte Scher-/Zugbeanspruchung ausgelegt werden.

### 10.3 Beschichtungen

Auskleidungen und Beschichtungen müssen als Dampf- oder als Dampf-/Flüssigkeitssperre angebracht bzw. aufgetragen werden. Die Beschichtungen müssen direkt auf die Betonoberfläche aufgetragen werden. Vor dem Auftragen müssen die Betonoberflächen sandgestrahlt und anschließend abgesaugt werden. Alle Rückstände der Trennmittel und der Nachbehandlungsmittel müssen entfernt werden, sofern sie nicht mit dem Beschichtungssystem kompatibel sind.

Wenn die Beschichtung als Dampfsperre wirkt, gilt Folgendes:

- Die höchste Wasserdampfdurchlässigkeit muss in 24 h  $0,5 \text{ g/m}^2$  betragen.

ANMERKUNG 1 Zur Prüfung wird das Verfahren nach ASTM E96 unter Temperatur/Luftfeuchtigkeitsbedingungen, die den klimatischen Bedingungen am Standort des Tanks entsprechen, empfohlen.

- Die Beschichtung darf nach langzeitigem Kontakt mit dem Lagergut (Dampf) keine Beeinträchtigung erfahren.

ANMERKUNG 2 Zur Prüfung wird das Verfahren empfohlen, die Beschichtung dem Dampf des entsprechenden Lagerguts mindestens drei Monate auszusetzen.

- Die Beschichtung darf durch den Beton keine Beeinträchtigung erfahren. Sie muss alkalibeständig sein.

ANMERKUNG 3 Zur Prüfung wird das Verfahren nach ASTM D1647 oder ein gleichwertiges Verfahren empfohlen.

- Die Haftfestigkeit der Beschichtung auf dem Beton muss  $1,0 \text{ MPa}$  überschreiten.

ANMERKUNG 4 Zur Prüfung wird das Verfahren nach EN ISO 4624 oder ein gleichwertiges Verfahren empfohlen.

- Das Entweichen von Dampf muss begrenzt werden. Die Begrenzung ist als geeignet anzusehen, wenn die Durchlässigkeit für den Lagergutdampf in 24 h maximal  $0,1 \text{ g/m}^2$  beträgt.

- Die Beschichtung muss eine ausreichende Flexibilität haben, um Risse zu überbrücken. Für die Fähigkeit zur Rissüberbrückung muss ein Wert von 120 % der berechneten Auslegungsrissbreite bei üblichen Betriebstemperaturen angewendet werden.

ANMERKUNG 5 Der Auftragnehmer sollte das Prüfverfahren vorschlagen.

Wenn die Beschichtung auch als Flüssigkeitssperre wirkt, müssen zusätzliche Prüfungen durchgeführt werden. Der Auftragnehmer muss nachweisen, dass die Beschichtung keine Beeinträchtigung erleidet, wenn sie der Flüssigkeit über eine kurze Zeitspanne (Verspritzen) und über eine längere Zeitspanne (drei Monate) ausgesetzt wird.

### 10.4 Kälteschutzsystem (TPS)

Wenn ein Kälteschutzsystem angewendet wird, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- alle möglichen Einwirkungen, einschließlich des hydrostatischen Drucks des Lagerguts, des Dampfdrucks, der Wirkungen durch Kriechen und Schwinden des Betons und des Stahlblechs;
- eine ausreichende Flüssigkeitsdichtheit des oberen Wandabschnitts (Rissbildung im Beton);
- eine ausreichende Höhe des Wandabschnitts.

Über allen während des Baus erforderlichen temporären Öffnungen muss der Wandabschnitt eine Höhe von mindestens 500 mm haben.

## Anhang A (informativ)

### Werkstoffe

#### A.1 Beton

Für Beton werden folgende allgemeine Angaben zur Verfügung gestellt:

- Spannbeton sollte mindestens der Betonklasse  $f_{ck}$  40 nach ENV 1992-1-1:2004 entsprechen;
- die erhöhte Festigkeit, die bei Beton als Baustoff für Tieftemperaturen bekanntermaßen vorhanden ist, wird üblicherweise nicht zur Bestimmung der Bruchfestigkeit von Betonabschnitten verwendet. Falls jedoch geeignete Prüfdaten vorhanden sind, darf auf die Tieftemperatur-Eigenschaften zurückgegriffen werden;
- zum Nachweis der Auslegung sollten der verringerte Ausdehnungskoeffizient, die thermischen Eigenschaften und der Elastizitätsmodul berücksichtigt werden;
- die durch hohe Dehnungsgeschwindigkeiten (z. B. Aufprall einer Armatur) verursachte Erhöhung der Festigkeit sollte, wenn zutreffend, berücksichtigt werden;
- für bestimmte Anwendungen kann die Verwendung von hochfestem Beton und/oder Faserzusätzen als geeignet angesehen werden;
- die Verwendung eines niedrigen Wasserzementwertes ist wichtig, weil dadurch der Porenwasseranteil in der Betonmatrix verringert wird. Durch Gefrieren von Porenwasser wird eine Ausdehnung von etwa 9 % bewirkt. Ein Teil dieser Ausdehnung wird durch die vorhandenen Luftporen aufgenommen, bei zu hohen Wasseranteilen können sich jedoch im Innern des Betons Risse bilden;
- das Betongemisch kann bis zu 5 % eingeschlossene Luft enthalten. Es sollten Luftporenbildner auf der Basis von Harz nach der einschlägigen Norm verwendet werden. Porenbildner auf Metallbasis sollten nicht verwendet werden;
- es sollte sichergestellt werden, dass keine nachteiligen Einflüsse durch Anwendung von Kombinationen von Betonzusatzmitteln auftreten können;
- Schlackensand oder Flugasche können zusammen mit Portlandzement zugesetzt werden. Diese Zusätze unterstützen die Verminderung der Hydratationswärme dicker Betonabschnitte und verringern damit ein frühzeitiges thermisches Schrumpfen;
- obwohl durch die Zugabe von Zementersatzstoffen eine frühzeitige thermische Schrumpfung verhindert und eine verbesserte Beständigkeit gegen Umweltverunreinigungen erreicht werden kann, sollte der Anwender sich bewusst sein, dass dadurch die Festigkeitszunahme verlangsamt werden kann;
- längerer Kontakt mit Kohlenwasserstoffprodukten hat selbst bei Umgebungstemperaturen keinen beträchtlichen nachteiligen Einfluss auf die Eigenschaften oder Lebensdauer des Betons;
- Microsilica können verwendet werden, um den Rostschutz zu verbessern.

## A.2 Spannstahl und Verankerungen

Für die Auslegung von Tragwerken aus Spannbeton werden folgende Angaben zur Verfügung gestellt:

- Die größte Belastung des Betontragwerks tritt während der Ausführung auf, wenn die Spannglieder oder -stäbe zugbeansprucht werden. Die Anpressspannung im Spannglied beträgt dann etwa 80 % der Streckgrenze der Spannglieder. Danach verringert sich die auf die Spannglieder aufgebrachte Spannung durch Entlastung, Übertragung, Entspannung und Kriechen. Das ist teilweise ein Grund dafür, dass für die Sekundärbehälter von einwandigen Tanks mit Auffangtasse oder doppelwandigen Tanks mit vollständiger Sicherheitshülle keine Wasserdruckprüfung erforderlich ist;
- die Vorspannungsverluste und die entsprechenden Zahlenwerte werden für Stahl konservativ bei Umgebungstemperatur angesetzt, da die Eigenschaften von Stahl sich bei Tieftemperatur verbessern;
- Falls die Auslegungstemperatur unter 50 °C liegt, sollte durch Prüfungen nachgewiesen werden, dass das Vorspannsystem (Stäbe, Bänder und Anker) für die Tieftemperaturen, denen es ausgesetzt sein kann, geeignet ist. In dieser Hinsicht sollte auf folgende Literatur Bezug genommen werden:
  - 1) „Cryogenic behaviour of materials for prestressed concrete“ [14];
  - 2) „Assessment of mechanical properties of structural materials for cryogenic applications“ [15].

## A.3 Betonstahl

### A.3.1 Probenahme

Für die Prüfung der Stäbe sollte aus zwei Schmelzen je ein fertig bearbeiteter Probestab mit dem größten und kleinsten bestellten Durchmesser und von jeder anzuwendenden Festigkeitsklasse entnommen werden. Die beim Zugversuch auf die Probestäbe angewendete Mindestdehngeschwindigkeit sollte EN 10002-1 entsprechen. Wenn vom Hersteller keine Prüfberichte vorgelegt werden, sollte die Prüfung nach EN 10080 durchgeführt werden.

### A.3.2 Prüfung

Um die Eignung des Stahls festzustellen, sollten Zugversuche bei Tieftemperaturen (bei der Werkstoffauslegungstemperatur) durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die Werkstoffauslegungstemperatur sollte die niedrigste Temperatur sein, der der Bewehrungsstab unter außergewöhnlichen Belastungsbedingungen ausgesetzt ist.

Während der Prüfung sollte die Temperatur des Probestabs so gleichmäßig wie möglich sein. Die Differenz zwischen den Temperaturen an zwei beliebigen Stellen des Probestabs oder die Differenz zwischen der Temperatur an einer beliebigen Stelle und der Auslegungstemperatur sollte 5 °C nicht überschreiten.

Zugversuche nach EN 10002-1 sollten an Probestäben ohne und mit Kerb durchgeführt werden.

Die folgenden Kriterien sollten gelten:

- 1) Das Kerbempfindlichkeitsverhältnis (NSR) sollte sein:

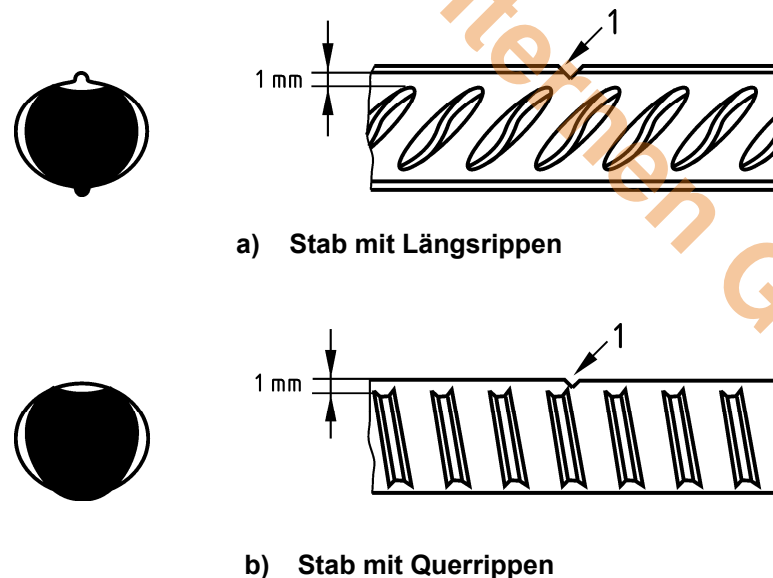
$$\text{NSR} = \frac{\text{Zugfestigkeit des gekerbten Probestabs}}{0,2\% \text{ – Dehngrenze des ungekerbten Probestabs}}$$

oder

$$\text{NSR} = \frac{\text{Zugfestigkeit des gekerbten Probestabs}}{\text{untere Streckgrenze des ungekerbten Probestabs}}$$

Ein NSR-Wert von 1 oder größer ist erforderlich, um akzeptable Zähigkeitswerte zu erreichen.

Der Kerbe des gekerbten Probestabs sollte mittig zwischen den Spannbacken der Zugprüfmaschine angeordnet werden. Es sollte ein V-Kerb eingearbeitet werden, der einen Innenwinkel von  $45^\circ$  und am Kerbgrund einen Radius von 0,25 mm hat. Bearbeitungsverfahren und zulässige Abweichungen sollten EN 10045-1 entsprechen. Bei Stäben mit Längsrippen sollte der Kerb quer über der Rippe angebracht werden und 1 mm tief in den Stab unter der Rippe eindringen. Bei Stäben mit Querrippen sollte der Kerb am Scheitel des Stabes angeordnet sein (siehe Bild A.1).



#### Legende

1 V-Kerb

**Bild A.1 — Kerb im Bewehrungsstab**

#### 2) Bleibende Dehnung

Für alle ungekerbten Probestäbe sollte die in Prozent angegebene bleibende Dehnung mindestens 3 % betragen. Die prozentuale bleibende Dehnung ist das Perzentil der ständigen Zunahme der Anfangsmesslänge, die der Zugfestigkeit entspricht.

#### 3) Streckgrenze

Außerdem sollte die für den ungekerbten Probestab beim Zugversuch ermittelte Streckgrenze mindestens das 1,15fache der bei der Auslegung verwendeten Mindeststreckgrenze betragen.

### A.3.3 Alternative Lösungen

Folgende Alternativen können in Betracht gezogen werden:

- Verwendung von Kohlenstoff-Mangan-Stahl, von Stahl mit 9 % Nickel oder von austenitischem nichtrostendem Stahl. Nach EN 10088-1 sind verschiedene Sorten von Bewehrungen aus nichtrostendem Stahl verfügbar. Die Zähigkeit der meisten austenitischen nichtrostenden Stähle bleibt bis zu Temperaturen von  $-196^\circ\text{C}$  erhalten;
- Beton- oder Spannstahl mit reduzierter zulässiger Zugspannung.

**ANMERKUNG** In ANSI/NFPA 59A wird eine höchstzulässige Zugspannung für die Bewehrung von Tanks für Flüssigerdgas (LNG) empfohlen. Sie ist merklich geringer als die Spannung, die für Umgebungstemperaturen zulässig ist, und kann zu einer unwirtschaftlichen Auslegung führen; sie kann jedoch gerechtfertigt sein, wenn Sonderstahl nicht verfügbar oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar ist.

## Anhang B (informativ)

### Spannbetontank

#### B.1 Allgemeines

Die folgenden Veröffentlichungen enthalten Bezugsdaten zu Einzelheiten und Parametern für die Auslegung von Tanks aus Spannbeton:

- Turner, F.H. Concrete an cryogenics [16];
- Bruggeling, A.S.G. Prestressed concrete for the storage of liquefied gases [17];
- Preliminary recommendations for the design of prestressed concrete containment for the storage of refrigerated liquefied gases [18].

Spannbeton ist am geeignetsten für flüssigkeitsdichte Betontragwerke. Daher wird er für die Tankwand verwendet. Boden und Dach des Tanks werden oft aus üblichem Stahlbeton hergestellt.

#### B.2 Vorspannsysteme

Eine horizontale Vorspannung ist immer erforderlich. Die Notwendigkeit einer vertikalen Vorspannung hängt von der Auslegung des Tanks ab (Auslegungsdruck, Dicke des Daches usw.).

Eine horizontale Vorspannung kann auf folgende Weise erreicht werden:

- Anordnung horizontaler Spannglieder in Spannkämen innerhalb der Betonwand des Tanks, die sich zwischen den an der Außenfläche der Tankwand ausgebildeten Strebebepfeilern erstrecken;
- Bündel von Spanngliedern, das durch Umwinden der Wandaußenfläche mit Draht oder Litzen gebildet wird.

**ANMERKUNG** Drahtwickelsysteme sollten an der Wandaußenfläche spiralförmig mit einem vertikalen Abstand zwischen den Drähten von mindestens 8 mm angeordnet werden. Jede Drahtlage sollte mit Spritzbeton in einer Dicke von mindestens 6 mm über dem Draht abgedeckt werden. Nachdem alle Drähte angebracht und nach der Beschreibung beschichtet wurden, sollte eine abschließende Spritzbetonschicht mit einer Dicke von mindestens 25 mm über der letzten Drahtlage aufgebracht werden (AWWA D110).

#### B.3 Plattenfundament

Das Plattenfundament des Tanks kann aus Spannbeton oder Stahlbeton hergestellt werden.

Im Falle von Spannbeton in Verbindung mit Pfählen ist bei der Auslegung die Bewegung der Platte aufgrund von Vorspannungskräften zu berücksichtigen.

**ANMERKUNG** Oftmals besteht das Plattenfundament aus Abschnitten mit Arbeitsfugen. Bei der Ausführung dieser Fugen sollte genau darauf geachtet werden, dass ein monolithisches Tragwerk sichergestellt ist.



## B.4 Wand-Fundament-Verbindung

Die Wand-Fundament-Verbindung kann ausgelegt werden als:

- Fest eingespannte Verbindung: In diesem Fall ist das Betontragwerk monolithisch. Eine Bewegung der Wand gegenüber dem Plattenfundament wird verhindert. Die Verbindung ist so ausgelegt, dass die relativ großen Momente und Schübe, die sich daraus ergeben, aufgenommen werden.
- Gleitende Verbindung: Die auf dem Plattenfundament aufgelagerte Wand kann sich in horizontaler Richtung bewegen. Im Allgemeinen muss sichergestellt werden, dass keine seitliche Verschiebung des Außentanks möglich ist. Radiale Führungen sollten vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass die Bewegung konzentrisch zum Plattenfundament erfolgt. Eine elastische Dichtung, üblicherweise in Form eines Bandes aus nichtrostendem Stahl, sollte vorgesehen werden, um eine Leckage von Flüssigkeit oder Gas zu verhindern.
- Gelenkige Verbindung: Die Wand ist ebenfalls auf dem Plattenfundament aufgelagert; sie ist in horizontaler Richtung fest angebracht (im Allgemeinen bei Vorspannen mit nachträglichem Verbund) und kann eine beschränkte Drehbewegung machen. Ein beträchtlicher Schub wird von der Wand auf das Plattenfundament übertragen, aber die Übertragung von Biegemomenten durch die Verbindung ist nicht erforderlich. Die Wand darf üblicherweise während des Vorspannens gleiten. Danach wird sie mithilfe einer aus mehreren Möglichkeiten auszuwählenden Vorrichtung so befestigt, dass eine vertikale Drehung nicht verhindert wird.

Eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile aller Arten von Verbindungen ist in Tabelle B.1 angegeben.

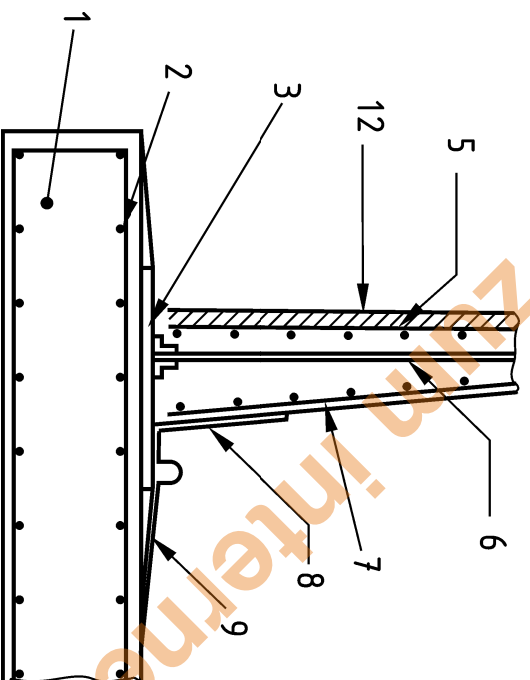
**Tabelle B.1 — Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Wand-Fundament-Verbindungen**

System	Vorteile	Nachteile
Gleitende Verbindung	Zuverlässige Ermittlung der Spannungen  Relativ geringe Sekundärspannungen	Abhängig von der Eignung der Fugendichtung  Gewisse Unsicherheit bezüglich der erzielten Gleitbewegung
Gelenkige Verbindung	Zuverlässige Ermittlung der Vorspannung  Auftreten des größten Moments in der Wand außerhalb der Verbindungen, in einer Höhe, in der die „Endwirkungen“ von vertikalen Spanngliedern weit gehend ausgeglichen sind	Nachfolgende Sekundärspannungen weniger zuverlässig  Große Schübe und ziemlich große Momente
Feste Verbindung	Stabile Bauweise  Volle vertikale Vorspannung im unteren Wandbereich	Größere Momente und Schübe  Auftreten des größten Moments an der Verbindung

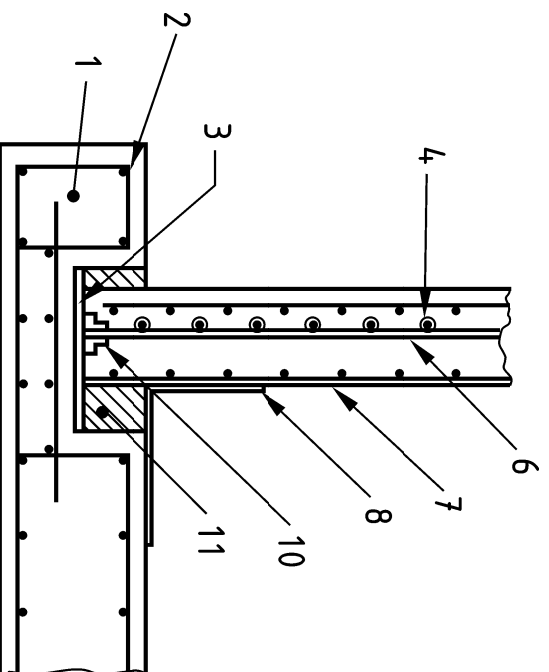
Fest ausgeführte Fugen werden bevorzugt, wenn Flüssigkeitsdichtheit angestrebt wird.

Für LPG-Tanks kann die fest ausgeführte Verbindung für Tieftemperaturen, denen sie im Fall einer Undichtigkeit des Primärbehälters ausgesetzt sein kann, ausgelegt werden. Für LNG-Tanks trifft dies nicht zu. Die Wand-Fundament-Verbindung muss durch ein Kälteschutzsystem (TPS) geschützt werden.

Die drei unterschiedlichen Verbindungsausführungen sind im Bild B.1 dargestellt.

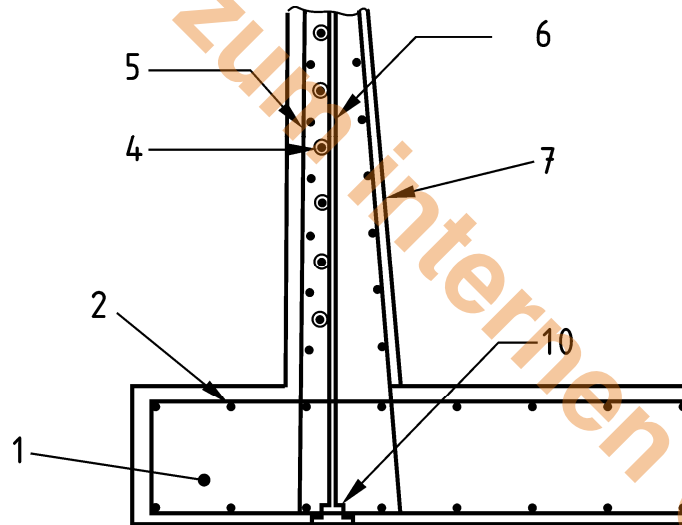


a) Gleitende Verbindung



b) Gelenkig ausgeführte Verbindung

Bild B.1 — Typische vorgespannte Wand-Fundament-Verbindungen



c) Fest ausgeführte Verbindung

**Legende**

- |   |                          |    |   |
|---|--------------------------|----|---|
| 1 | Tankfundament            | 8  | Dichtung aus nichtrostendem Stahl/Nickelstahl             |
| 2 | Bewehrung des Fundaments | 9  | radiales Band   |
| 3 | tragende Platte          | 10 | Verankerung für die Vorspannung                           |
| 4 | Umfangsvorspannung       | 11 | Einpressmörtel  |
| 5 | Bewehrung der Wand       | 12 | drahtgewickelte Umfangsvorspannung mit Spritzbetonschicht |
| 6 | vertikale Vorspannung    |    |   |
| 7 | Wand mit Vorspannung     |    |   |

**Bild B.1 — Typische vorgespannte Wand-Fundament-Verbindungen (fortgesetzt)****B.5 Wand-Dach-Verbindung**

Die Wand-Dach-Verbindung besteht im Allgemeinen aus einer monolithischen Konstruktion.

**B.6 Dach**

Die Verwendung eines Betondachs ist bei einem großen Auslegungsdruck (z. B. bei einem Auslegungsdruck > 140 mbar) vorteilhaft.

Üblicherweise wird das Dach aus Stahlbeton hergestellt. Um die Dampfdichtheit des Dachs sicherzustellen, wird eine Innenauskleidung aus Stahl angewendet. Diese Auskleidung kann als Schalung verwendet werden, und sie kann als Verbundkonstruktion wirken. In diesem Fall wird die Auskleidung am Beton mit Stiftschrauben befestigt.

Das Dach kann durchgängig gegossen werden (Ringbänder) oder in eine Anzahl von Abschnitten unterteilt werden. Das Dach kann auch in Abhängigkeit von seiner Dicke in mehreren Schichten gegossen werden. Das angewandte Konstruktionsverfahren sollte eine ebene und rissfreie Dachoberfläche ergeben. Wichtige Aspekte sind die Herstellungsrate des Betons, die Transportkapazität und das Personal sowie die Neigung des Dachs.

Während des Betonierens könnte im Tank die Anwendung eines Überdrucks erforderlich sein, um die Masse des Frischbetons abzustützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht ist.

## B.7 Auslegung der Gründung

### B.7.1 Allgemeines

Folgende Arten von Gründungen können angewendet werden:

- Flächengründung (Ausführung mit Platte oder Ringfundament);
- Pfahlgründung.

### B.7.2 Flächengründung

#### B.7.2.1 System mit Platte

Wenn Untergründe die zur Aufnahme der vorgesehenen Lasten erforderlichen Eigenschaften aufweisen, kann eine auf dem Boden aufgelagerte Stahlbetonplatte verwendet werden. Die Platte sollte so dimensioniert werden, dass eine ausreichende Verteilung der Last auf dem Untergrund erfolgt, und für stark beanspruchte Bereiche, z. B. unterhalb des Tankmantels und der Wände, kann die Anwendung von Plattenabschnitten mit größerer Dicke gefordert werden. Bei der Auslegung der Platte sollten die Auswirkungen von örtlich unterschiedlichen Setzungen, Trocknungsschwindung, Kriechen und thermischer Beanspruchung unter Betriebs- oder außergewöhnlichen Bedingungen berücksichtigt werden.

#### B.7.2.2 System mit Ringfundament

Wenn der Untergrund die von Tank und Tankinhalt aufgebraachten Lasten so aufnehmen kann, dass Setzungen im zulässigen Rahmen erfolgen, kann eine Flächengründung für den Tank angewendet werden. Diese Gründung wird durch ein baulich unabhängiges Ringfundament verstärkt, das so ausgelegt ist, dass es die Tankmäntel und/oder -wände stützt und eine Verankerung gegen Hebekräfte bietet.

Besonders beachtet werden sollte die Auslegung des Ringfundaments an der Grenzfläche zur Flächengründung wegen der unterschiedlichen Festigkeit von Flächengründung und Ringbalken. Eine Übergangplatte kann erforderlich sein.

**ANMERKUNG** Im Tank kann auch ein gesondertes Ringfundament vorgesehen werden, um eine Abstützung des Innentankmantels durch eine Last aufnehmende Dämmung zu ermöglichen. Dieses Ringfundament wird zusätzlich zum Hauptringfundament der Gründung verwendet.

Wenn wegen der Bodenbedingungen keine vom Boden gestützte Gründung möglich ist, sollte das Fundament auf Pfählen abgestützt sein.

### B.7.3 Pfahlgründung

Gründungspfähle oder -pfeiler sollten verwendet werden, um eine ausreichende Gründung auf tieferen Bodenschichten zu erreichen. Pfähle kommen häufig aus wirtschaftlichen Gründen zur Anwendung, und die große Vielzahl von auszuwählenden Pfahlarten, -durchmessern und -längen hat viele Vorteile, um die Auslegung der Gründung zu optimieren.

Bei Auslegung des Fundaments sollte die unterschiedliche Steifigkeit der Pfähle beachtet werden. Die Unversehrtheit aller Pfähle sollte festgestellt und bei Fertigstellung sowie nach Einbau des Tanks überprüft werden. Sofern die Auslegung des Pfahlgründungssystems nicht die Möglichkeit bietet, die Unversehrtheit jedes Pfahls durch Feldversuche nachzuweisen, sollte bei Auslegung des Fundaments und des Pfahlsystems berücksichtigt werden, dass beim Versagen eines einzelnen Pfahls eine Neuverteilung der Last erfolgt.

**ANMERKUNG 1** Die Möglichkeit einer Abkühlung des Plattenfundaments durch undichte Stellen im Primärbehälter sollte beachtet werden. Die Schwindung der Platte sollte berücksichtigt werden. Die Schwindung nimmt in Richtung Plattenmitte ab.

ANMERKUNG 2 Die Verbindung zwischen Pfahlgründungen und Fundament sollte beachtet werden. Falls die Baugrundkennwerte geeignet sind, können dicht nebeneinander angeordnete, schlanke Pfähle fest mit dem Fundament verbunden werden. Wenn vor Ort gegossene Pfähle mit großen Durchmessern verwendet werden, können möglicherweise starre Verbindungen für die Pfähle im Bereich der Tankmitte eingesetzt werden, während für die restlichen Pfähle eine gleitende Verbindung vorgesehen werden kann.

ANMERKUNG 3 Falls Pfähle verwendet werden, stellt die horizontale Kraft, die für Lasten aus Druckwellen festgelegt werden kann, einen wichtigen zu berücksichtigenden Aspekt dar.

ANMERKUNG 4 In Tanks mit doppelter oder vollständiger Sicherheitshülle können horizontale Kräfte und Momente aus außergewöhnlichen Einwirkungen auch auf die Grundplatte übertragen werden.

Die Anwendung einer über dem Erdreich angeordneten Platte kann ebenfalls erwogen werden. Wichtige Einflussgrößen sind die Anwendung von „zugänglichen Schwingungsisolatoren“ (gegen Erdbebenlasten) oder das Vermeiden der Anwendung von Heizeinrichtungen.

Die Pflasterung unter dem Tank sollte leicht geneigt gestaltet werden, sodass ausgelaufenes Lagergut nach außen abgeleitet wird.

## Literaturhinweise

- [1] EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Umgebungstemperatur*
- [2] EN 10045-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*
- [3] EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*
- [4] EN 10088-1, *Nicht rostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*
- [5] EN 14620-4, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 4: Dämmung*
- [6] EN 14620-5, *Standortgefertigte, stehende, zylindrische Flachboden-Stahl tanks für die Lagerung von tiefkalt verflüssigten Gasen bei Betriebstemperaturen zwischen 0 °C und –165 °C — Teil 5: Prüfen, Trocknen, Inertisieren und Kaltfahren*
- [7] EN ISO 4624, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Bestimmung der Haftfestigkeit (ISO 4624:2002)*
- [8] ASTM D1647, *Standard Test Methods for Resistance of Dried Films of Varnishes to Water and Alkali*
- [9] ASTM E96, *Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials*
- [10] AWWA D110, *Wire and Strand-wound, Circular, Prestressed Concrete Water Tanks*
- [11] NFPA 59A, *Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)*
- [12] „Durable bonded post-tensioned bridges“. Concrete Society Report TR47
- [13] „Corrosion protection of unbounded tendons“. FIP Recommendation 91:1986
- [14] „Cryogenic behaviour of materials for prestressed concrete“. FIP State of the art report 904/128:1982
- [15] „Assessment of mechanical properties of structural materials for cryogenic applications“. FIP Special report SR 88/2, June 1988 by Prof. Dr.F.S.Rostasy
- [16] „Concrete and cryogenics“. F.H. Turner. Cement and Concrete Association, 1979
- [17] „Prestressed concrete for the storage of liquefied gases“. A.S.G. Bruggeling, London, E and F Spon:1981
- [18] „Preliminary recommendations for the design of prestressed concrete containment for the storage of refrigerated liquefied gases“. FIP guide to good practice 912/134:1982