

DIN EN ISO 16904

ICS 75.200

Ersatz für
DIN EN 1474-1:2009-03**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Auslegung und Prüfung von Schiffsverladearmen für Flüssigerdgas für
konventionelle landseitige Terminals (ISO 16904:2016);
Deutsche Fassung EN ISO 16904:2016**

Petroleum and natural gas industries –
Design and testing of LNG marine transfer arms for conventional onshore terminals
(ISO 16904:2016);
German version EN ISO 16904:2016

Industries du pétrole et du gaz naturel –
Conception et essais des bras de transfert de GNL sur des terminaux terrestres
conventionnels (ISO 16904:2016);
Version allemande EN ISO 16904:2016

Diese Norm wurde in das DVGW-Regelwerk aufgenommen.

Gesamtumfang 84 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)
DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Dieses Dokument (EN ISO 16904:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 282 „Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 032-02-10 „Anlagen und Ausrüstung für Flüssiggas“ im Normenausschuss Gastechnik (NAGas).

Diese Norm wird in das DVGW-Regelwerk „Gas“ einbezogen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1474-1:2009-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die gesamte Norm wurde umfassend überarbeitet. Dabei wurden die Inhalte der EN 1474-1 weitgehend übernommen, teilweise aber neu zugeordnet und durch weitere Angaben ergänzt.
- b) Im Anwendungsbereich entfällt der Bezug auf EN 1473; der Bezug auf EN 1532 wird durch ISO 28460 ersetzt.
- c) Die Bezüge auf Europäische Normen entfallen und werden teilweise ersetzt durch Verweisungen auf ASME-Codes und lokale bzw. nationale Normen und Verordnungen..
- d) Die Anzahl der Begriffsdefinitionen wird von 84 auf 62 reduziert.
- e) Ein Verzeichnis mit Abkürzungen wird neu aufgenommen.
- f) In Abschnitt 4.1.1 wurde die Anforderung aufgenommen, dass Bauteile sich nicht lösen und in die Produktrohrleitung fallen dürfen.
- g) Der Abschnitt 4.2.2 „Werkstoffe und Klassen“ wurde teilweise neu formuliert und redaktionell neu geordnet. Der zulässige Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe wird von 0,23 % auf 0,26 % erhöht. Die Angaben zur Bewegung der Rohranschlüsse wurden in Abschnitt 4.4.1.2 verschoben.
- h) Der bisherige Abschnitt 4.4.2 „Montage der Traglager“ entfällt.
- i) Ein neuer Abschnitt 4.5.5 „Dampfdruckführleitung“ wurde eingefügt.
- j) In Abschnitt 4.6.5 wird der Bezug auf Europäische Normen durch den Bezug auf ASME B16.5 ersetzt.
- k) In Abschnitt 4.6.6 wird die Verweisung auf Europäische Normen durch die Verweisung auf lokale und nationale Normen und Verordnungen ersetzt.
- l) In Abschnitt 4.7 werden die bisherigen Festlegungen der Norm durch Verweisung auf ASME Bioler and Pressure Vessel Code IX und auf lokale und nationale Normen und Verordnungen ersetzt.
- m) In Abschnitt 4.8 wird die Verweisung auf EN 1473 durch detailliertere Angaben ersetzt.

- n) Der bisherige Abschnitt 5.4 wird in Abschnitt 5.3.1 verschoben.
- o) Die Anforderungen an das ERS wurden in einem neuen Abschnitt 5.4 zusammengefasst und ergänzt.
- p) Die Auslegung des QCDC in Abschnitt 6.2 wurde modifiziert.
- q) Die Anforderungen an die Flanschabdeckung des QCDC werden in einen neuen Abschnitt 6.4 herausgezogen und erweitert.
- r) In Abschnitt 8 „Inspektion und Prüfungen“ wurden an verschiedenen Stellen Prüfpunkte ergänzt.
- s) Der bisherige Abschnitt 10 „Erforderliche Dokumentation“ entfällt.
- t) Der bisherige Anhang A „Werkstoffe“, der den Bezug auf europäisch genormte Werkstoffe erläutert, entfällt.
- u) Der bisherige Anhang B mit ergänzenden Informationen zum CPMS entfällt.
- v) Die bisherigen Tabellen D.1 bis D.15 werden in Anhang A verschoben. Die bisherige Tabelle D.8 „Liegeplatzdetails – elektrische Erdung“ entfällt. Stattdessen wird als Tabelle A.8 die Tabelle „Liegeplatzdetails – Sicherheit“ eingefügt.
- w) Die Bilder D.1 bis D.4a werden in Anhang A verschoben. Das Bild D.4b entfällt.
- x) Die Tabellen D.16 und D.17 werden in Anhang C „Anforderungen an die Dokumentation“ verschoben.
- y) Der bisherige Anhang E wird Anhang B.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1474: 1997-11

DIN EN 1474-1: 2009-03

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Erdöl- und Erdgasindustrie —
Auslegung und Prüfung von Schiffsverladearmen für
Flüssigerdgas für konventionelle landseitige Terminals
(ISO 16904:2016)**

Petroleum and natural gas industries —
Design and testing of LNG marine transfer arms for
conventional onshore terminals
(ISO 16904:2016)

Industries du pétrole et du gaz naturel —
Conception et essais des bras de transfert de GNL sur
des terminaux terrestres conventionnels
(ISO 16904:2016)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Juli 2015 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 des CEN-CENELEC 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Abkürzungen	15
5 Auslegung der Ladearme	16
5.1 Definition der Länge und der Anordnung der Ladearme, Beschreibung der Arme	16
5.2 Konstruktionsgrundlage	17
5.3 Drehgelenke	22
5.4 Traglager	24
5.5 Zubehör	26
5.6 Rohrleitungen und Armaturen	27
5.7 Schweißen	28
5.8 Korrosionsschutz und Schutz vor Versprödung	28
5.9 Wartung	29
6 Sicherheitssysteme	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Zweistufiges Alarm- und Abschaltssystem	30
6.3 Überwachungs- und Alarmsysteme	30
6.4 ERS	31
6.5 Sicherheitseinrichtungen	33
7 Verbindung mit dem Schiff	35
7.1 Allgemeines	35
7.2 Auslegung der QCDC	35
7.3 QCDC-System	36
7.4 Flanschabdeckung	36
8 Hydraulisches und elektrisches Steuerungssystem	37
8.1 Allgemeines	37
8.2 Bedienung der Arme	37
8.3 Hydraulische Bauteile	38
8.4 Elektrische Bauteile	39
8.5 Prüfung der Steuerungssysteme	40
8.6 Fernbedienung	40
8.7 Brückenkontrollstand für Ladearme	40
9 Inspektion und Prüfungen	41
9.1 Allgemeines	41
9.2 Baumusterprüfung	41
9.3 Fertigungsprüfungen	48
9.4 Werksprüfungen	51
9.5 Abnahmeprüfung am Aufstellungsort	53

10	Qualitätssicherung und Kontrolle.....	55
10.1	Qualitätssystem.....	55
10.2	Qualitätsplan.....	55
11	Benötigte Dokumentation.....	56
Anhang A (informativ) Datenblätter über die Auslegung		57
Anhang B (informativ) Referenzgrößen		71
Anhang C (informativ) Anforderungen an die Dokumentation.....		75
Literaturhinweise.....		80

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16904:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 282 „Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1474-1:2008.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16904:2016 wurde vom CEN als EN ISO 16904:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword – Supplementary information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries.“

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Auslegung, die Mindestanforderungen an die Sicherheit und die Kontroll- und Prüfverfahren für Schiffsverladearme für Flüssigerdgas (LNG, en: Liquefied Natural Gas) fest, die für den Gebrauch auf konventionellen landseitigen LNG-Terminals vorgesehen sind, an denen LNG-Tanker für den internationalen Handel abgefertigt werden. Diese Norm enthält auch die Mindestanforderungen für den sicheren Umschlag von Flüssigerdgas zwischen Schiff und Land.

Obleich die Anforderungen an Stromversorgungs- und Steuerungssysteme aufgeführt sind, gibt das Dokument nicht alle Einzelheiten für die Auslegung und Herstellung von genormten Teilen und Armaturen für Ladearme an.

Diese Internationale Norm gilt zusätzlich zu lokalen oder nationalen Normen und Verordnungen und ergänzt die Anforderungen der ISO 28460.

Diese Internationale Norm gilt nicht für bestehende Anlagen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 aller Änderungen).

ISO 3452-1, *Non-destructive testing — Penetrant testing — Part 1: General principles*

ISO 4406, *Hydraulic fluid power — Fluids — Method for coding the level of contamination by solid particles*

ISO 9934-1, *Non-destructive testing — Magnetic particle testing — Part 1: General principles*

ISO 10474:2013, *Steel and steel products — Inspection documents*

ISO 10497, *Testing of valves — Fire type-testing requirements*

ISO 17636-1, *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing — Part 1: X- and gamma-ray techniques with film*

ISO 17636-2, *Non-destructive testing of welds — Radiographic testing — Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors*

ISO 28460:2010, *Petroleum and natural gas industries, Installation and equipment for liquefied natural gas — Ship-to-shore interface and port operations*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines — Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) — Classification*

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres — Part 0: General requirements*

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres — Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”*

IEC 60079-2, *Explosive atmospheres — Part 2: Equipment protection by pressurized enclosures “p”*

IEC 60079-5, *Explosive atmospheres — Part 5: Equipment protection by powder filling “q”*

IEC 60079-6, *Explosive atmospheres — Part 6: Equipment protection by oil immersion “o”*

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres — Part 7: Equipment protection by increased safety “e”*

IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres — Part 10-1: Classification of areas — Explosive gas atmospheres*

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres — Part 11: Equipment protection by intrinsically safety “i”*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres°—Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-18, *Explosive atmospheres — Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”*

IEC 60079-25, *Explosive atmospheres — Part 25: Intrinsically safe electrical systems*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) and IEC 60529/A1&A2, Amendment 1&2*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 62305-3, *Protection against lightning — Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

ASME B16.5, *Pipe Flanges and Flanged Fittings*

ASME Boiler and Pressure Vessel Code IX: *Welding and Brazing Qualifications*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Scheitel-Drehgelenk

gelenkige, Flüssigkeit leitende Verbindung, zwischen dem *inneren Arm* (3.20) und dem *äußeren Arm* (3.32)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ermöglicht das *Schwenken* (3.26) des äußeren Armes relativ zum inneren Arm.

3.2

Stellung

verschiedene Arten der Benutzung und/oder Einstellung des *Ladearms* (3.59) (d. h. in Bewegung, geparkt, angeschlossen, hydrostatische Prüfung, Instandhaltung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ladearm kann mehrere Positionen für jede Stellung einnehmen.

3.3

Grundsteigrohr

vertikale Einheit, die an der Anlegebrücke befestigt ist und die die gelenkige Einheit des *Ladearms* (3.59) unterstützt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bisweilen auch als Pfosten bezeichnet.

3.4

unteres Drehgelenk

nimmt das Stampfen (3.35) des *LNG-Tankers* (3.25) auf und ist neben dem *Anschlussflansch* (3.37) im horizontalen Teil des *Dreifach-Drehgelenks* (3.60) angeordnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.5

Muldenbildung

bleibende Druckstelle in den Laufflächen des *Drehgelenks* (3.55) oder des *Lagers der Bauteile* (3.50), verursacht durch übermäßige Belastung der Kugeln oder Rollen

3.6

Sammelleitung für die Ladung

Rohrsystem, das an Bord eines *LNG-Tankers* (3.25) montiert ist, an das der *Anschlussflansch* (3.37) oder die *QCDC* (3.39) des *Ladearms* (3.59) angeschlossen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.7

Kavitation

Bildung und Zerfall von Gasblasen in einer Flüssigkeit, wenn der Druck auf oder unter den Dampfdruck fällt; der Zerfall setzt Energie frei, manchmal mit hörbarem Geräusch und mit Vibration

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche niedrigen Drücke treten in Bereichen hoher Geschwindigkeit auf, wie am Innenradius von Rohrkrümmern oder an Stellen mit Veränderungen des Durchmessers.

3.8

Zusammenstoß

Berührung bei auslegungsgemäß vorgesehenen Betriebsbedingungen, oder als Ergebnis einer Notfalle trennung, zwischen jeglichem Teil eines *Ladearms* (3.59) und:

- einem benachbarten Ladearm während beide Ladearme in Funktion sind oder wenn ein Ladearm in Funktion ist und der andere Ladearm geparkt ist (z. B. Gegengewichte);
- einem benachbarten Teil desselben Ladearms [z. B. *Dreifach-Drehgelenk* (3.60) und *äußerer Arm* (3.32)];
- Ausrüstungsteilen der Anlegerbrücke [z. B. *Gegengewicht* (3.11) und Rohrleitungen oder Ventile]

3.9

Berührungswinkel

α

Winkel zwischen der Ebene der Kugeln oder -rollen der *Drehgelenke* (3.55) oder der *Traglager* (3.50) und dem Mittelpunkt auf der Schnittebene der Kugel- oder Rollenlaufbahn

3.10

konventionelles landseitiges LNG-Terminal

LNG-Abgabe- oder Annahmeterminal, das auf dem Land liegt und das über Schiffsverladearme zum Be- oder Entladen von LNG-Tankern (3.25) in einem Hafen oder einem anderen geschützten Küstenbereich verfügt

3.11

Gegengewicht

Gegengewichte werden benutzt, um die *inneren Arme* (3.20) und *äußeren Arme* (3.32) im Gleichgewicht zu halten

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige *Ladearme* (3.59) haben ein einzelnes Gegengewicht für diese Funktion und andere haben mehrere Gegengewichte.

3.12

Auslegungsdruck

Druck, für den der *Ladearm* (3.59) konstruiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.1

3.13

Auslegungstemperatur

Temperaturbereich, für den der *Ladearm* (3.59) konstruiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.1

3.14

Drift

Bewegung des *LNG-Tankers* (3.25) in Längs- und/oder Querrichtung unter dem Einfluss von Umgebungskräften

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch *Längsdrift vorwärts* (3.52) oder *Längsdrift rückwärts* (3.51) und *Abdrift* (3.54).

3.15

Notfalltrennsystem

ERS

(en: emergency release system)

System mit einer wirksamen Möglichkeit zum schnellen Trennen der *Ladearme* (3.59) und zum sicheren Trennen der übrigen Verbindungen zwischen *LNG-Tanker* (3.25) und Land, folgend einem vordefinierten Ablauf samt *Not-Aus* (ESD) (3.16)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.16

Not-Aus

ESD

(en: emergency shut down)

Verfahren, das den Fluss von LNG und Dampf zwischen *LNG-Tanker* (3.25) und Land sicher und wirksam stoppt

3.17

Freibord

Abstand in vertikaler Richtung zwischen dem Schiffsdeck und dem Wasserspiegel im Bereich der Rohranschlüsse

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.3 und Bild A.1.

3.18

Freilauf

Fähigkeit eines hydraulisch betätigten *Ladearms* (3.59), der an einen *LNG-Tanker* (3.25) angeschlossen ist, den horizontalen und vertikalen Bewegungen der Anschlussleitungen des LNG-Tankers frei und ohne hydraulische Beschränkung zu folgen (Strömungsänderungen, *Abdrift* (3.54) und Längsdriftbewegungen)

3.19

Heben und Senken

vertikale Bewegung des *LNG-Tankers* (3.25) durch Wellengang

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.20

innerer Arm

Produkt leitendes Rohr und konstruktive Elemente, die sich zwischen dem *Scheitel-Drehgelenk* (3.1) und dem *Zapfen-Drehgelenk* (3.61) befinden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.21

eingeschlossener Winkel

Winkel zwischen dem *inneren Arm* (3.20) und dem *äußeren Arm* (3.32)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die größten und kleinsten eingeschlossenen Winkel sollten dem Ladearmhersteller überlassen bleiben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der eingeschlossene Winkel der *Ladearme* (3.59) in der Parkstellung muss so sein, dass die Arme mit dem *Dreifach-Drehgelenk* (3.60) hinter der Anlegelinie liegen.

3.22

Isolierflansch

elektrisch isolierendes System, das am unteren Ende des *äußeren Arms* (3.32) oder im vertikalen Teil des *Zapfen-Drehgelenks* (3.60) eingebaut ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Er dient dazu zu verhindern, dass Kriechströme einen Funken am Flansch des *LNG-Tankers* (3.25) erzeugen, wenn der *Ladearm* (3.59) angeschlossen oder getrennt wird.

3.23

Stützstempel

dauernd vorhandene, einstellbare, lasttragende Einrichtung am *Dreifach-Drehgelenk* (3.60), um einen Teil der Flüssigkeitsmasse im *Ladearm* (3.59) auf das Schiffsdeck, anstatt auf die Anschlussleitungen des *LNG-Tankers* (3.25), zu übertragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.24

Brückenkontrollzentrum

Kontrollraum auf oder nahe der Anlegerbrücke, aus dem hauptsächlich die *Ladearme* (3.59) gesteuert und/oder überwacht werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Manchmal auch als „Brückenkontrollraum“ oder „örtlicher Kontrollraum“ bezeichnet.

3.25

LNG-Tanker

Flüssigerdgas-Tanker

LNGC

(en: liquefied natural gas carrier)

Tankschiff, das zum Transport von LNG bestimmt ist

3.26

Schwenken

Drehbewegungen der *inneren Arme* (3.20) und *äußeren Arme* (3.32) in der vertikalen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.27

Haupt-Hydraulikeinheit

MHU

(en: main hydraulic unit)

hydraulische Einheit, die Hydraulikleistung erzeugt, um den Normalbetrieb und den Notfall-Trennungsablauf der Arme sicherzustellen

3.28

Rücksprung der Rohranschlüsse

horizontaler Abstand zwischen der Bordseite des *LNG-Tankers* (3.25) und der Dichtfläche der *Sammelleitung für die Ladung* (3.6)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.3 und Bild A.1.

3.29

Rohranschluss-Abstand

horizontaler Abstand zwischen den Flanschachsen zweier benachbarter *Sammelleitungen für die Ladung* (3.6)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.3 und Bild A.1.

3.30

mittleres Drehgelenk

nimmt *Gieren* (3.63) und Längsdrift von *LNG-Tankern* (3.25) auf und ist zwischen dem *oberen Drehgelenk* (3.57) und dem *unteren Drehgelenk* (3.4) im vertikalen Teil des *TSA* (3.60) angeordnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.31

Betriebsbereich

Volumen, in dem (ein) *Anschlussflansch(e)* (3.37) eines *Ladearms* (3.59) (einer Gruppe aus *Ladearmen*) arbeiten muss (müssen)

3.32

äußerer Arm

Flüssigkeit leitendes Rohr und jegliche tragenden Teile zwischen *Scheitel-Drehgelenk* (3.1) und *Dreifach-Drehgelenk* (3.60)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.33

Eigentümer

benannter Bevollmächtigter

Unternehmen oder Gruppe von Unternehmen, für deren Nutzung die *Ladearme* (3.59) errichtet werden und das/die für die sichere Auslegung und Errichtung der Anlage verantwortlich ist/sind

3.34

Storchenschnabel-System

System zur Übertragung von ausgleichenden Lasten vom *äußeren Arm* (3.32) zu den *Gegengewichten* (3.11)

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System enthält eine Gesamtheit von Verknüpfungen und verstifteten Verbindungen oder ein Kabel- und Seilscheiben-System („Storchenschnabel mit starrer Verbindung“ oder „Seil- und Seilrollenschere“).

3.35

Stampfen

Drehbewegung des *LNG-Tankers* (3.25) um die horizontale Querachse

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.36

kraftgetriebene Notfalltrennkupplung

PERC

(en: powered emergency release coupling)

kraftgetriebene Einrichtung, die eine schnelle Trennung der *Ladearme* (3.59) ermöglicht, wenn eine solche Handlung nur als Notmaßnahme erforderlich ist

3.37

Anschlussflansch

Flansch des *Ladearms* (3.59) zum Anschluss entweder an die *Sammelleitung für die Ladung* (3.6) oder den *Adapter* (3.47)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.38

Produkt

Fluide, die mithilfe der *Ladearme* (3.59) übergeben werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Fluide sind LNG, NG oder LN₂.

3.39

Schnellanschluss- und -trennkupplung

Kupplung

QCDC

(en: quick connect disconnect coupler)

manuelle oder hydraulische mechanische Einrichtung zum Anschließen des *Ladearms* (3.59) an die *Sammelleitung für die Ladung* (3.6) ohne Verwendung von Schrauben

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.40

Kabel-Fernbedienung

Fernbedienung

Einrichtung, um die genaue Steuerung der *Ladearme* (3.59) von einem entfernten Ort zu erleichtern [z. B. Bereich der *Sammelleitungen für die Ladung* (3.6) eines *LNG-Tankers* (3.25)]

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System kann ein Schleppkabel oder ein Funksystem verwenden.

3.41

Einheit aus Steigrohr und Zapfen-Drehgelenk

Flüssigkeit führendes System, bestehend aus *Steigrohrgelenk* (3.43), *Zapfen-Drehgelenk* (3.61) und Rohrbogen, das oben am *Steigrohr* (3.3) befestigt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.42

Steigrohrflansch

Flansch des *Ladearms* (3.59) zum Anschluss an LNG-Rohrleitungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.43

Steigrohrgelenk

Drehgelenk in der *Einheit aus Steigrohr und Zapfen-Drehgelenk* (3.41), das das *Schwenken* (3.46) des *Ladearms* (3.59) erlaubt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.44

Rollen

Drehung des *LNG-Tankers* (3.25) um seine horizontale Längsachse

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.45

Sicherheits-Integritätslevel

SIL

(en: safety integrity level)

statistische Darstellungen der Integrität des sicherheitstechnischen Systems, wenn eine Prozessanforderung auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Abschnitt 6.

3.46

Schwenken

horizontale Drehbewegung des *Ladearms* (3.59) um das *Steigrohr* (3.3)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.47

Übergangsstück

kurzer Rohrleitungsabschnitt, um die *Sammelleitung für die Ladung* (3.6) mit dem *Anschlussflansch* (3.37) oder der *QCDC* (3.39) zu verbinden

Anmerkung 1 zum Begriff: Manchmal als „Adapter“ oder als „Kurzstreckenteil“ bezeichnet.

3.48

Peillinie

vorbestimmter Standort auf der Landungsbrücke, welcher von *LNG-Tankern* (3.25) beim Anlegen benutzt wird, um den Rohranschluss des *LNG-Tankers* in Deckung zu bringen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.4.

3.49

Belastungsanalyse

ausführliche Berechnung der Belastung der Bauteile des *Ladearms* (3.59) und der *Sammelleitung für die Ladung* (3.6) für verschiedene Stellungen und Zustände, um die Eignung des *Ladearms* für die vorgesehene Verwendung zu prüfen

3.50

Traglager

Lager in den Ladung führenden Bauteilen, die die Ladungsrohre unterstützen und die in Kombination den *Ladearmen* (3.59) ermöglichen, den Bewegungen des *LNG-Tankers* (3.25) frei zu folgen

3.51

Längsdrift rückwärts

Rückwärtsbewegung des *LNG-Tankers* (3.25) in Längsrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.52

Längsdrift vorwärts

Vorwärtsbewegung des *LNG-Tankers* (3.25) in Längsrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.53

Druckstoß

schnelle Druckänderung als Folge einer Änderung des Durchflusses in einer Rohrleitung und/oder einem Rohrsystem [einschließlich der *Ladearme* (3.59)]

3.54

Abdrift

Querbewegung des *LNG-Tankers* (3.25)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

3.55

Drehgelenk

Gelenk

bewegliche Verbindung, die im *Ladearm* (3.59) eingebaut ist und die dem Arm ermöglicht, den Bewegungen des *LNG-Tankers* (3.25) frei zu folgen

3.56

Terminal

LNG erzeugende oder übernehmende Anlage mit Be- und Entladeeinrichtungen

3.57

oberes Drehgelenk

nimmt die Roll-, Hub- und Senk- sowie Abdriftbewegung des *LNG-Tankers* (3.25) auf und ist zwischen dem *äußeren Arm* (3.32) und dem *mittleren Drehgelenk* (3.30) im horizontalen Teil des *Dreifach-Drehgelenks* (3.60) angeordnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.58

Umschlag

Be- oder Entladevorgang

3.59

Ladearm

Arm

gelenkiges Verlatesystem aus Metall, das zum Umschlag von *Produkten* (3.38) auf einen oder von einem *LNG-Tanker* (3.25) verwendet wird, mit der Fähigkeit unterschiedliche Gezeiten, *Freibord* (3.17) und Bewegungen des *LNG-Tankers* auszugleichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kann auch als „Beladearm“ oder „Entladearm“ bezeichnet werden.

3.60

Dreifach-Drehgelenk

TSA

(en: triple swivel assembly)

Gruppe aus den drei *Drehgelenken* (3.55) und Rohrbögen am Ende des *äußeren Arms* (3.32)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.61

Zapfen-Drehgelenk

drehbare Verbindung der *Einheit aus Steigrohr und Zapfen-Drehgelenk* (3.41), die dem *inneren Arm* (3.20) eine horizontale Drehung erlaubt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.2.

3.62

unterbrechungsfreie Stromversorgung

UPS

(en: uninterrupted power supply)

Backup des Stromversorgungssystems, das kritische Kontroll- und Sicherheitssysteme mit Strom versorgt, sodass die Anlage unter sicheren Bedingungen betrieben werden kann

3.63

Gieren

Drehung des *LNG-Tankers* (3.25) um seine vertikale Achse

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle A.4 und Bild A.2.

4 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

CPMS	kontinuierliches Positionsüberwachungssystem (en: Constant Position Monitoring System);
ERS	Notfalltrennsystem (en: Emergency Release System)
ESD	Not-Aus (en: Emergency Shut Down)
FL	Flüssigkeitsbelastung (en: Fluid Load)
LNG	Flüssigerdgas (en: Liquefied Natural Gas)
LNGC	Flüssigerdgas-Tanker (en: Liquefied Natural Gas Carrier)
LN ₂	Flüssigstickstoff (en: Liquefied Nitrogen Gas)
MHU	Haupt-Hydraulikeinheit (en: Main Hydraulic Unit)
NDE	zerstörungsfreie Prüfung (en: Non Destruction Examination)
NG	Erdgas (en: Natural Gas)
N ₂	Stickstoffgas (en: Nitrogen Gas)
OBE	Betriebserdbeben (en: Operating Basis Earthquake)
PERC	kraftgetriebene Notfalltrennkupplung (en: Powered Emergency Release Coupling)
PL	Druckbelastung (en: Pressure Load)
PQR	Leistungsnachweis (en: Performance Quality Records)
QCDC	Schnellanschluss- und -trennkupplung (en: Quick Connect Disconnect Coupler)
SIL	Sicherheits-Integritätslevel (en: Safety Integrity Level)
SSE	Sicherheitserdbeben (en: Safe Shutdown Earthquake)
TL	thermische Belastung (en: Thermal Load)
TSA	Dreifach-Drehgelenk (en: Triple Swivel Assembly)
UPS	unterbrechungsfreie Stromversorgung (en: Uninterrupted Power Supply)
WL	Windbelastung (en: Wind Load)
WPS	Schweißanweisungen (en: Welding Procedure Specifications)

5 Auslegung der Ladearme

5.1 Definition der Länge und der Anordnung der Ladearme, Beschreibung der Arme

5.1.1 Allgemeines

Die allgemeine Anordnung der Ladearme ist in Bild B.2 angegeben.

Die Länge und Anordnung der Ladearme muss die Verbindung der Rohrleitungen an Land mit den Schiffsanschlussleitungen ermöglichen. Die Verbindung muss die freie Bewegung innerhalb des Betriebsbereiches des gesamten Armes ermöglichen.

Die Ladearme bestehen normalerweise aus (siehe Definitionen in Abschnitt 3):

- Dreifach-Drehgelenk (TSA) mit einem Notfalltrennsystem (ERS) und, sofern angegeben, mit einer Schnellanschluss- und -trennkupplung (QCDC);
- äußerem Arm;
- Scheiteldrehgelenk zwischen dem inneren und dem äußeren Arm;
- Storchenschnabel-System;
- innerem Arm;
- Einheit aus Steigrohr und Zapfen-Drehgelenk zwischen dem inneren Arm und dem Grundsteigrohr;
- Grundsteigrohr.

Die Produktrohrleitung, die mit Tieftemperatur in Berührung kommt, muss sich auf der Rohrbrücke frei dehnen und zusammenziehen können. Die Rohrbrücke selbst darf den niedrigen Temperaturen nicht ausgesetzt sein.

Alle Rohrleitungslager müssen entsprechend ausgelegt sein, damit Spannungen in der Rohrleitung und auf der Rohrbrücke bei allen Zuständen und Stellungen innerhalb zulässiger Grenzen bleiben.

Es dürfen sich keine Teile des Ladearms, z. B. Dichtungen, Schrauben und Muttern, aufgrund des Produktdurchflusses, Vibration, Unterdruck und kryogener Bedingungen lösen oder lockern und in die Produktrohrleitung fallen.

5.1.2 Gleichgewicht

Das ganze Dreifach-Drehgelenk und der äußere Arm müssen im leeren Zustand und ohne Eisansatz im Gleichgewicht sein. Dies muss am Scheitel-Drehgelenk mithilfe des Storchenschnabel-Systems erreicht werden.

Die ganze gelenkige Einheit muss im leeren Zustand und ohne Eisansatz im Gleichgewicht sein. Dies muss am Drehzapfen-Drehgelenk erreicht werden.

Die Auslegung der Ladearme muss zusätzlich zum Normalbetrieb die Schnelltrennung der Arme im Notfall sowohl im leeren als auch im gefüllten Zustand berücksichtigen. Es sollte keinen Zusammenstoß der Ladearme mit dem Schiff oder der Anlegebrücke geben.

5.1.3 Maße und Mindestabstände der Arme

5.1.3.1 Maße der Arme

Die Maße für die Ladearme, beruhend auf den Auslegungsdaten der Tabellen A.1 bis A.15 und der zugehörigen Bilder A.1 bis A.4, müssen vom Ladearmhersteller bestimmt werden, um sicherzustellen, dass der Ladearm alle angegebenen Anforderungen erfüllt.

5.1.3.2 Studie für die Abstände

Die Auslegung muss die folgenden Mindestabstände berücksichtigen, sofern nicht anders in Tabelle A.6 festgelegt:

- 0,15 m Mindestabstand zwischen jeder Stelle eines Ladearms im Betrieb und eines Ladearms in Parkstellung;
- 0,3 m Mindestabstand zwischen jeder Stelle eines Ladearms im Betrieb und jeder benachbarten Struktur, Rohrleitung, Ausrüstung;
- 0,3 m Mindestabstand zwischen jeder Stelle von nebeneinander arbeitenden Ladearmen;
- 0,15 m Mindestabstand zwischen Gegengewichten von arbeitenden Ladearmen.

Tabelle B.1 zeigt die Orte der wesentlichen Prüfpunkte für den Mindestabstand.

Eine Abstandsuntersuchung des Ladearmherstellers muss alle Fälle einschließlich der Positionen bei Notentriegelungen und der der Notentriegelung folgenden zurückgezogenen Stellungen beinhalten.

Die Studie für die Abstände muss alle Prüfpunkte, basierend auf einer Zeichnung des Aufbaus der Anlegerbrücke als Grundriss und Seitenansicht, bezeichnen. Hierbei sollten zukünftige Erweiterungen berücksichtigt werden.

In der Ruhestellung darf kein Teil des Ladearms über die Front der Anlegerbrücke oder die Anlegelinie mit zusammengedrückten Federn sowie eines zusätzlichen Sicherheitspuffers entsprechend des maximalen Rollwinkels des LNG-Tankers hinaus ragen. (Siehe Tabellen A.4, A.6, Bilder A.2 und A.3.)

5.2 Konstruktionsgrundlage

5.2.1 Durchmesser der Produktrohre und Produktdaten

Das LNG-Produktrohr sollte für eine maximale Geschwindigkeit von 12 m/s des flüssigen Produkts ausgelegt sein, außer wenn vom Eigentümer anders gefordert. Höhere Geschwindigkeiten können örtlich in verengten Durchgängen, wie beispielsweise im ERS, zulässig sein, sofern Kavitation und Vibrationen zulässig sind.

Die Druckverlustkurven für LNG- und Dampfückführung innerhalb der Ladearme sollten durch den Hersteller des Ladearms bereitgestellt und mit dem Eigentümer vereinbart werden.

5.2.2 Werkstoffe und Klassen

Werkstoffe und Klassen müssen chemische, physikalische und mechanische Eigenschaften besitzen, die für die festgelegten Konstruktionsbedingungen, wie z. B. Druck, Temperatur, Wind- und Erdbebenbelastungen, und für die Anwendung in der entsprechenden Umgebung geeignet sind.

Werkstoffe und Klassen, die für kritische Teile, wie z.B. für Druck haltende Teile einschließlich der Schrauben und Muttern, und für Hauptbauteile verwendet werden, unterliegen der Genehmigung durch den Hersteller.

Für Druck haltende Bauteile sollte nichtrostender Stahl (304, 304L, 316 oder 316L) wegen der Bruchzähigkeit bei niedrigen Temperaturen verwendet werden. Die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostendem Stahl in einer chloridhaltigen Umgebung sollte betrachtet werden (z. B. Anstrich oder Beschichtung).

Für Schweißzwecke sollte der Kohlenstoffgehalt von Kohlenstoffstahl nicht höher als 0,26 % liegen, außer wenn eine Bescheinigung der Schweißanweisung (WPS) und ein Leistungsnachweis (PQR) vorliegen.

Andere Werkstoffe und Klassen dürfen für den Gebrauch berücksichtigt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass sie alle Kriterien für die Sicherheits- und Betriebsanforderungen erfüllen.

Wenn die Ladearme in niedriger Umgebungstemperatur installiert sind, muss die Klasse der Bauteile entsprechend sein. Dasselbe gilt für Teile zwischen der Produktleitung und den Bauteilen, die tiefen Temperaturen ausgesetzt sind.

5.2.3 Beanspruchungsanalyse

5.2.3.1 Allgemeines

Eine vollständige Analyse der Spannungen und Verformungen im Ladearm und den Rohranschlüssen des LNG-Tankers muss für alle zulässigen Zustände des Ladearms durchgeführt werden.

Die berechneten Spannungen müssen kleiner oder gleich den zulässigen Auslegungsspannungen sein.

Belastungskombination, zulässige Auslegungsspannung und Auslegungsbelastungen müssen 5.2.3.2 bis 5.2.3.9 entsprechen oder den mit dem Eigentümer vereinbarten lokalen bzw. nationalen Normen und Verordnungen oder Gesetzen.

5.2.3.2 Belastungskombination

Der Ladearmhersteller muss einen Beanspruchungsbericht für die Belastungskombinationen, wie in Tabelle A.15 dargestellt, in allen zulässigen Stellungen des Ladearms innerhalb der Reichweite erstellen. Die Rohranschlüsse des LNG-Tankers müssen darin enthalten sein, sofern dies in 5.2.3.10 gefordert wird.

Sofern bei anderen Kombinationen als den in Tabelle A.15 angegebenen (z. B. Ausschluss einer Belastung) gezeigt werden kann, dass sie zu einer größeren möglichen Belastung führen, dann muss die Auslegung auch für diese Bedingung geeignet sein.

Sofern anwendbar, muss der Beanspruchungsbericht auch Belastungen enthalten, die auf Hebezeuge zur Installation/Wartung zurückzuführen sind.

5.2.3.3 Zulässige Auslegungsbelastung

Die zulässige Grund-Auslegungsbelastung (S_d) muss für Druck haltende und nicht Druck haltende Bauteile die niedrigere sein von entweder:

— Streckgrenze/1,5;

oder

— Zugfestigkeit/3 für austenitische Stähle und Zugfestigkeit/2,4 für ferritische Stähle.

Die Streckgrenze und die Zugfestigkeit sollten den festgelegten Werten der geltenden Werkstoffnormen entsprechen.

Die zulässige Auslegungsbelastung wird durch Multiplikation der zulässigen Grund-Auslegungsbelastung mit dem Faktor K , der vorgegeben ist, erhalten.

5.2.3.4 Druckbelastung

Die Druckbelastungen (PL) müssen auf dem Auslegungsdruck beruhen.

5.2.3.5 Flüssigkeitsbelastung

Die Flüssigkeitsbelastungen (FL) müssen auf der größten Dichte des LNG beruhen.

5.2.3.6 Eisbildung

Sofern in Tabelle A.9 nicht anders angegeben, müssen die Eigenmasse und die Windbelastung ($DL + WL$; en: Dead Load, Wind Load) eine Eisbildung (relative Dichte = 0,80) wie folgt umfassen:

- a) 6 mm an allen Bauteilen in kaltem Klima;
- b) 25 mm auf Produkt führenden Bauteilen.

ANMERKUNG Diese Bedingungen sind nicht kumulativ.

5.2.3.7 Thermische Belastung

Thermische Belastungen (TL) sind Belastungen, die durch Temperaturdifferenzen des Werkstoffs hervorgerufen werden. Die Temperaturdifferenzen, die bei der Auslegung verwendet werden, müssen auf den festgelegten Auslegungstemperaturen und auf den Umgebungs- und Sonnenstrahlungstemperaturen beruhen. Diese Temperaturen müssen in der extremsten Kombination benutzt werden.

Ein Abkühlverfahren muss im Betriebsablauf vorgesehen werden. Dieses Verfahren muss die Temperaturunterschiede zwischen Flüssigkeit und tragenden Bauteilen vorgeben und/oder die maximale Abkühlrate und die Mindestdauer für die Abkühlung empfehlen, um überhöhte Belastungen und Spannungen zu verhindern.

5.2.3.8 Windbelastung

5.2.3.8.1 Windbelastungen (WL) müssen für die nachteiligste(n) Richtung(en) berechnet werden. Der Ladearmhersteller muss Windbelastungen wie folgt berechnen:

5.2.3.8.2 Geschwindigkeitsdruck

Der Geschwindigkeitsdruck wird wie folgt berechnet:

$$q_Z = 0,613 \times K_Z \times K_{ZT} \times V^2 \times I \quad (1)$$

Dabei ist

q_Z der Geschwindigkeitsdruck in einer Höhe z über Niedrigwasser (N/m^2);

K_Z der Geschwindigkeitsdruck-Koeffizient, gültig für die Höhe Z ;

K_{ZT} der topographische Faktor (benutzt wird 1,0);

V^2 die Basis-3-Sekunden-Windböen-Geschwindigkeit in 10 m Höhe über niedrigstem Niedrigwasser (m/s);

I der Einflussfaktor (benutzt wird 1,0).

K_Z wird wie folgt ermittelt:

$$K_Z = 2,01 \times (Z/Z_g)^{2/\alpha} \text{ für } 4,6 \leq Z \leq Z_g; \quad (2)$$

$$K_Z = 2,01 \times (4,6/Z_g)^{2/\alpha} \text{ für } Z < 4,6 \quad (3)$$

Dabei ist

Z die Höhe über Niedrigwasser (m);

Z_g der Höhengradient (m), siehe Tabelle 1;

α der Koeffizient aus dem Potenzgesetz, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Belastungsfälle

Belastungsfall	α	Z_g m
C	9,5	274
D	11,5	213

Der Belastungsfall C umfasst offenes Gelände mit vereinzelt Hindernissen mit einer Höhe von generell weniger als 10 m.

Der Belastungsfall D umfasst flaches, hindernisfreies Gelände, das einem Wind ausgesetzt ist, der über eine Entfernung von mindestens 1,6 km über offenes Wasser weht. Der Belastungsfall D erstreckt sich 4 000 m von der Küstenlinie landeinwärts oder entspricht 10-mal der Höhe des Ladearms, je nachdem was größer ist.

ANMERKUNG Der Belastungsfall D wird generell für Ladearme verwendet, außer wenn Belastungsfall C gerechtfertigt werden kann.

5.2.3.8.3 Windkräfte

Die Windkraft wird wie folgt berechnet:

$$F = q_Z \times G \times C_f \times A_f \quad (4)$$

Dabei ist

F die Auslegungs-Windkraft (N);

G der Böenfaktor (0,85 wird verwendet);

C_f der Kraftkoeffizient;

A_f die Projektionsfläche senkrecht zum Wind (m^2).

Der Böenfaktor, G , berücksichtigt die Belastungseinflüsse in Windrichtung aufgrund von Einflüssen durch Windturbulenz auf den Ladearm. Er berücksichtigt auch Belastungseinflüsse in Windrichtung aufgrund von dynamischer Verstärkung für flexible Bauteile. Er enthält nicht die Belastungen durch Seitenwind, Wirbelbildung, Instabilität oder dynamische Torsionseffekte. Wenn ein höherer Faktorwert aufgrund von dynamischer Empfindlichkeit gegen Wind gerechtfertigt ist, so sollte er nach EN 1991-1-4 bestimmt werden.

Der Kraftkoeffizient, C_f , berücksichtigt Effekte in Windrichtung aufgrund von Form oder Widerstand des Ladearms. Ladearme sind Einzelanfertigungen und es gibt keine verfügbaren Daten über Windkanalversuche, um genaue Kraftkoeffizienten festzulegen. Dennoch werden auf der Basis von Empfehlungen aus EN 1991-1-4 für runde zylindrische Formen und für flache oder winklig geformte Teile die Koeffizienten von Tabelle 2 empfohlen.

Tabelle 2 — Kraftkoeffizienten

Querschnitt	Oberflächentyp	C_f
Rund	gemäßigt glatt	0,7
$D\sqrt{q_z} > 5,3$	rau	1,0
Rund	alle	1,2
$D\sqrt{q_z} \leq 5,3$ ^{N1)}		
flach oder winklig	alle	1,7
D ist der Durchmesser (m). q_z ist der Geschwindigkeitsdruck in einer Höhe z über Niedrigwasser (N/m^2).		

Alternativ darf der Ladearmhersteller Windbelastungen aus Windkanalversuchen an einem repräsentativen Modell unter Einbeziehung von benachbarten Ladearmen ermitteln.

5.2.3.9 Erdbebenbelastung

Die Erdbebenbelastungen müssen auf Betriebserdbeben (OBE) beruhen, siehe Tabelle A.9. Wenn der Eigentümer es fordert, müssen die Erdbebenbelastungen auf Grundlage von Sicherheitserdbeben (SSE) ebenfalls berücksichtigt werden. In diesem Fall muss der Hersteller des Ladearms für die Zustimmung des Eigentümers die zulässige Spannung definieren.

Die Erdbebenbelastungen müssen in der Ebene parallel und senkrecht zur Front der Anlegerbrücke angenommen werden. Es sollte ebenfalls betrachtet werden, dass sie horizontal und vertikal gleichzeitig wirken.

^{N1)} Nationale Fußnote: In der ISO wurde hier angegeben: $> 5,3$. An dieser Stelle muss es jedoch richtig heißen: $\leq 5,3$. Die Tabelle enthält den richtigen Wert (siehe auch EN 1474-1:2008, Tabelle 2).

Die seismische Auslegung muss nach lokalen oder nationalen Normen und Verordnungen erfolgen, wobei sich jedoch die Arme in Ruhestellung befinden. Eine Analyse in angeschlossenem Zustand darf vom Eigentümer angefordert werden (siehe Tabelle A.15).

5.2.3.10 Konstruktive Spannungsbestimmung

Die konstruktive Spannungsbestimmung muss wie folgt erfolgen:

- a) Bestimmung der konstruktiven Belastungen für die verschiedenen Lastfälle;
- b) Berechnung der Spannungen unter Verwendung von elastischem Werkstoffverhalten und der gleichwertigen Spannung (Tresca, von Mises oder Hauptspannung);
- c) Bestimmung der zulässigen konstruktiven Spannung;
- d) die gleichwertige Spannung darf die zulässige konstruktive Spannung nicht überschreiten;
- e) Spannungen aufgrund örtlicher Ungleichförmigkeiten und/oder örtliche Temperaturspannungen dürfen die resultierende Spannung um nicht mehr als das Doppelte überschreiten;
- f) bei fehlenden Verweisen auf lokale oder nationale Normen und Verordnungen bzw. Gesetze müssen Bauteile unter vorherrschender Druckspannung einen Sicherheitsfaktor von 2 gegen Instabilität nachweisen;
- g) die größte Verformung von Bauteilen muss so begrenzt sein, dass die Funktion der Ausrüstung und die angegebenen Freiraumanforderungen unter allen Belastungsbedingungen sichergestellt werden; und
- h) dass das dynamische Verhalten, wo erforderlich, geprüft wird;
- i) Vollständige Kabel-Seil-Einheiten, mit ihren Verankerungen, müssen einen Sicherheitsfaktor von mindestens 5 gegenüber der berechneten Bruchbelastung haben;
- j) Der Ladearmhersteller sollte sicherstellen, dass die Belastungen, die an die Rohranschlüsse übertragen werden, unter allen Umständen auf das Maximum der vom Eigentümer angegebenen Werte begrenzt bleibt, ohne jedoch die in der aktuellsten Ausgabe von „Recommendations for Manifolds for Refrigerated Liquefied Natural Gas Carriers (LNG)“ (de: Empfehlungen für die Rohranschlüsse von Tankern für tiefgekühlte Flüssiggase) der OCIMF/SIGTTO [8] angegebenen Werte zu überschreiten.

Die Spannungen in den Rohranschlüssen müssen auf Basis der in Tabelle A.15 angegebenen Fälle 4 und 5 analysiert werden.

- k) Faktoren zur Erhöhung der Spannungen müssen für Winkelflansche, Rohrbögen usw. angewendet werden. Korrekturfaktoren für geflanschte Enden müssen auf Winkelbögen von 90° oder weniger begrenzt werden. Der Einfluss von Drehgelenken muss soweit sinnvoll berücksichtigt werden.

5.3 Drehgelenke

5.3.1 Allgemeines

Das mit Produkt beaufschlagte Drehgelenk besteht aus einer Produktdichtung, einem Lagersystem und einer äußeren Dichtung.