

Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas
Auslegung und Prüfung von Ladearmen
Deutsche Fassung EN 1474 : 1997

DIN
EN 1474

ICS 75.200

Deskriptoren: Gasanlage, Flüssigerdgas, Ladearm, Sicherheitsanforderung, Auslegung

Installations and equipment for liquefied natural gas – Design and testing of loading/unloading arms;
German version EN 1474 : 1997

Installations et équipements relatifs au gaz naturel liquéfié – Conception et essais des bras de chargement/déchargement;
Version allemande EN 1474 : 1997

Beginn der Gültigkeit

EN 1474 : 1997 wurde am 1997-05-23 angenommen.

Diese Europäische Norm EN 1474 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält im Abschnitt 5 sicherheitstechnische Festlegungen.

Sie wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 282 unter Mitwirkung des Normenausschusses Gastechnik (NAGas) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erstellt.

Die Norm behandelt die Auslegung und Errichtung von Ladearmen für Flüssigerdgas. Der Betrieb dieser Anlagen wird unter dem besonderen Aspekt von Sicherheit betrachtet. Eine deutsche Vorgängernorm gibt es nicht.

Diese Norm wird in das DVGW-Regelwerk "GAS" aufgenommen.

Fortsetzung 26 Seiten EN

Normenausschuß Gastechnik (NAGas) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

ICS 75.200

Deskriptoren: Gasinstallation, Flüssigerdgas, Aufladen, Hydraulikarm, Begriffe, Ausführung, Material, Auswahl, Sicherheit, Sicherheitsvorrichtung, Bedieneinrichtung, Beaufsichtigung, Prüfung

Deutsche Fassung

**Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas
Auslegung und Prüfung von Ladearmen**

Installations and equipment for liquefied natural gas –
Design and testing of loading/unloading arms

Installations et équipements relatifs au gaz naturel liquéfié –
Conception et essais des bras de chargement/déchargement

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1997-05-23 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.3 Elektrische Bauteile	12
1 Anwendungsbereich	2	7.4 Ausrüstung des Anlegerkontrollraumes	12
2 Normative Verweisungen	2	7.5 Fernbedienungsschalter	13
3 Definitionen und Abkürzungen	3	7.6 Anleger-Ausrüstung	13
4 Auslegung der Ladearme	5	8 Inspektion und Prüfungen	14
4.1 Definition der Länge und Anordnung von Ladearmen	5	8.1 Hydrostatische und pneumatische Prüfung	14
4.2 Beschreibung	5	8.2 Werkstattprüfung von Drehgelenken und Strukturlagerprüfung	14
4.3 Drehgelenke	5	8.3 Werkstattprüfung des Notfalltrennsystems	15
4.4 Zubehör	6	8.4 Werkstattprüfung der Kupplung (QCDC)	15
4.5 Armaturen, Flansche und Anschlüsse	7	8.5 Röntgenprüfung von Schweißnähten	15
4.6 Werkstoff	7	8.6 Farbeindringprüfung von Schweißnähten	15
4.7 Auslegung	7	8.7 Werkstoffprüfung	15
4.8 Schweißen	8	8.8 Kriechstromprüfung	15
4.9 Korrosionsschutz	9	8.9 Prüfung des vollständigen Ladearmes und Steuerungssystems	16
4.10 Instandhaltung	9	Anhang A (informativ) Schiffsbewegungen	17
5 Sicherheitsvorkehrungen	9	Anhang B (normativ) Arbeitsbereich	18
5.1 Überwachungs- und Alarmsysteme	9	Anhang C (normativ) Alarmbereiche	20
5.2 Definition der Alarmgrenzen	9	Anhang D (normativ) Werkstoffe	21
5.3 Notfalltrennsystem (ERS)	9	Anhang E (normativ) Stellungsüberwachungssystem	22
5.4 Sicherheitseinrichtungen	10	Anhang F (informativ) Prüfung der Abstände	25
6 Verbindung mit dem Schiff	11	Anhang G (informativ) Bibliographie	26
7 Auslegung der Steuerung und Überwachung	11		
7.1 Allgemeines	11		
7.2 Hydraulische Bauteile	12		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von CEN/TC 282 "Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas" erstellt. Das Sekretariat liegt bei AFNOR.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 1988 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 1988 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Auslegung, Werkstoffwahl, minimalen Sicherheitsanforderungen, Vorgehensweisen der Inspektion und Prüfung für Flüssigerdgas-Ladearme fest. Sie enthält auch die minimalen Anforderungen für sicheren Umschlag von Flüssigerdgas zwischen Schiff und Landanlage.

Obgleich die Anforderungen für Fernbedienungssysteme aufgeführt sind, gibt diese Norm nicht alle Einzelheiten für die Auslegung und Herstellung von genormten Teilen und Armaturen für Ladearme an.

Der Inhalt dieser Norm gilt zusätzlich zu örtlichen oder nationalen Normen und Vorschriften. Er ergänzt die Anforderungen von prEN 1532.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder nicht datierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser

Europäische Norm, falls sie durch Änderungen oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 287-1
Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 1: Stähle

EN 288-1
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Teil 1: Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen

EN 288-2
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen

EN 288-3
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen

EN 571-1
Zerstörungsfreie Prüfung – Eindringverfahren – Teil 1: Allgemeine Grundlagen für die Durchführung

- EN 875
Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen – Kerbschlagbiegeversuch – Probenlage, Kerbrichtung und Beurteilung
- EN 910
Zerstörende Prüfungen an Schweißnähten in metallischen Werkstoffen – Biegeprüfungen
- EN 1160
Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas – Allgemeine Eigenschaften von Flüssigerdgas
- prEN 1435
Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen – Durchstrahlungsprüfung von Schweißverbindungen
- EN 1473
Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas – Auslegung von landseitigen Anlagen
- EN 10088-2
Nichtrostende Stähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band für allgemeine Verwendung
- EN 10088-3
Nichtrostende Stähle – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht und Profile für allgemeine Verwendung
- EN 50014
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – Allgemeine Anforderungen
- EN 50015
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – Ölüberflutung “o”
- EN 50016
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – Überdruckgerät “p”
- EN 50017
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – mit Pulverfüllung “q”
- EN 50018
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – Brandsicheres Gehäuse “d”
- EN 50019
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – Erhöhte Sicherheit “e”
- EN 50020
Elektrisches Gerät für explosionsgefährdete Umgebung – eigensicher “i”
- ISO 10497
Testing of valves – Fire type-testing requirements

3 Definitionen und Abkürzungen

Für die Zwecke dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Definitionen:

- 3.1 Schiff/Land-Verladeeinrichtungen:** Eine Anlegebrücke, die alle Ausrüstungen für die Schiff/Land-Schnittstelle enthält, um Flüssigerdgas zu entladen oder zu verladen.
- 3.2 Scheitel-Drehgelenk:** Die gelenkige, flüssigkeitsdurchflossene Verbindung zwischen innerem und äußerem Arm.
- 3.3 Ladearm:** Die gelenkige Rohrleitung, einschließlich der auf der Anlegebrücke befestigten Steigleitung sowie ihrer tragenden Struktur und allen Zubehörs.
- 3.4 Innerer Arm:** Das flüssigkeitsdurchflossene Rohr und/oder tragende Bauteile zwischen Scheitel-Drehgelenk und Grund-Drehgelenk.
- 3.5 Äußerer Arm:** Das flüssigkeitsdurchflossene Rohr zwischen Scheitel-Drehgelenk und der Dreifach-Drehgelenk-Einheit.

3.6 Stellung: Verschiedene Arten der Benutzung und/oder Einstellung des Ladearms (das heißt: in Bewegung, geparkt, angeschlossen, Spülung, hydrostatische Prüfung, Instandhaltung). Der Ladearm kann mehrere Positionen für jede Stellung einnehmen.

3.7 Ladearmreihe: Alle Ladearme auf demselben Anleger.

3.8 Grundsteigleitung: Siehe Steigleitung (Siehe 3.48).

3.9 Rattermarke: Jede bleibende Druckstelle in den Laufflächen des Drehgelenkes, verursacht durch übermäßige Belastung der Drehgelenkkugeln.

ANMERKUNG: Für die Überprüfung von Drehgelenken ist davon auszugehen, daß Druckstellen mit einer Weite gleich oder größer 8 Prozent des Kugeldurchmessers als Rattermarken angesehen werden.

3.10 Überhanglänge: Der Abstand von der Flanschdichtfläche der Rohranschlüsse des Schiffes (einschließlich von Zwischenstücken) zum ersten Festpunkt der Verladeleitungen auf dem Schiff.

3.11 Kavitation: Die Entstehung von Unterdruckgebieten am Innenradius von Rohrkrümmern. Kavitation wird durch den Zerfall von Gasblasen hervorgerufen, die bei sehr hohen Fließraten entstehen. Der Zerfall setzt Energie frei, manchmal mit hörbarem Geräusch und mit Vibration.

3.12 Mittellinie der Ladearmreihe: Die Linie mit gleichem Abstand zu den beiden äußeren Ladearmen derjenigen Ladearme, die gleichzeitig in Betrieb sind. Sie wird benutzt, um die Ladearmreihe auf die Mittellinie der Schiffsanschlüsse auszurichten.

3.13 Mittellinie der Schiffsanschlüsse: Die Linie mit gleichem Abstand zu den beiden äußeren Schiffsanschlüssen, die aus der Gruppe der Anschlüsse an die Ladearme angeschlossen werden sollen.

3.14 Zusammenstoß: Jede Berührung:

- zwischen benachbarten Ladearmen, wenn beide Ladearme in Betrieb sind oder ein Ladearm in Parkstellung ist;
- zwischen benachbarten Teilen desselben Ladearms (z. B. das Dreifach-Drehgelenk und der äußere Arm);
- zwischen dem Ladearm und irgendeinem Gerät auf der Verladeplattform.

3.15 Berührungswinkel (α): Der Winkel zwischen der Ebene der Drehgelenkkugeln und dem Mittelpunkt auf der Schnittebene der Kugelaufbahn.

3.16 CPMS (constant position monitoring system): Dauerndes Überwachungssystem für die Stellung.

3.17 Primär-Gegengewicht: Die an der Gegenseite der Steigleitung gelegene Masse, die an einem Ausleger des inneren Armes angebracht ist. Sie gleicht das Eigengewicht des inneren und äußeren Armes und des Dreifach-Drehgelenkes mit Trennkupplung aus, als wenn diese am Scheitel-Drehgelenk hängen würden.

3.18 Sekundär-Gegengewicht: Die Masse zum Ausgleich des Eigengewichtes des äußeren Armes und des Dreifach-Drehgelenkes mit Trennkupplung.

3.19 Kupplung: Die per Hand oder hydraulisch betriebene Einrichtung zur Verbindung des Ladearms mit den Schiffsanschlüssen ohne Schraubenbolzen; wird auch als Schnellanschluß- und -trennkupplung bezeichnet (QCDC).

3.20 Drift: Längs- und/oder Querbewegung des Schiffes (siehe Anhang A).

3.21 Notfalltrennkupplung (ERC): Eine Einrichtung zum schnellen Trennen der Ladearme im Notfall.

3.22 Notfalltrennsystem (ERS): Ein System mit einer wirksamen Möglichkeit zum schnellen Trennen der Ladearme und sicherem Trennen der übrigen Verbindungen zwischen Schiff und Land.

3.23 Not-Aus (ESD): Ein Verfahren, das den Fluß des Flüssigerdgases zwischen Schiff und Land sowie umgekehrt sicher und wirksam stoppt.

3.24 Gesamt-Arbeitsbereich: Das Raumvolumen, das ein einzelner Ladearm zum Betrieb benötigt.

ANMERKUNG: Ein Gesamt-Arbeitsbereich wird vom Hersteller für jeden Ladearm einer Reihenanordnung entwickelt auf folgender Grundlage: Bezugsbereich, Anforderungen für Einzel- oder Parallel-Betrieb und Minimum/Maximum-Abstände der Anschlußleitungen. Der Gesamt-Arbeitsbereich jedes Ladearmes sollte in der Auslegungs-Spezifikation enthalten sein.

3.25 Bezugs- oder Grundarbeitsbereich: Das Raumvolumen, das alle Stellungen der Mittellinie der Schiffsanschlußgruppen enthält, basierend auf:

- Höhenänderung durch Tide und Tiefgang
- Horizontaländerungen durch Schaukeln des Tankers und Wellengang;
- Abweichungen im Rücksprung und in der Höhe der Rohranschlüsse auf dem Schiffsdeck.

3.26 Freilauf: Die Fähigkeit eines hydraulisch betätigten Ladearmes, der Bewegung der Schiffsanschlußleitungen durch Tide, Tiefgang, Schaukeln und Wellengang frei und ohne hydraulische Beschränkung zu folgen.

3.27 Heben und Senken: Vertikale Bewegung des Schiffes durch Wellengang (siehe Anhang A).

3.28 Eingeschlossener Winkel: Der Winkel zwischen innerem und äußerem Arm. Dieser Winkel ändert sich mit der Stellung des Ladearmes zwischen 10° und 15° in Parkstellung und 150° in angeschlossenem Zustand.

3.29 Isolierflansch: Ein elektrisch isolierendes System, das am unteren Ende des äußeren Armes oder im Mittelgelenk des Dreifachdrehgelenkes eingebaut ist. Es dient zu verhindern, daß Kriechströme einen Funken am Schiffsflansch erzeugen, wenn der Ladearm angeschlossen oder getrennt wird.

3.30 Stützstempel: Eine dauernd vorhandene, einstellbare, lasttragende Einrichtung am Dreifach-Drehgelenk, um einen Teil des Flüssigkeitsgewichtes im Ladearm auf das Schiffsdeck, anstelle auf die Schiffsanschlußleitungen, zu übertragen.

3.31 Brückenkontrollraum: Ein Kontrollraum auf oder nahe der Anlegerbrücke, aus dem hauptsächlich die Ladearme überwacht werden.

3.32 LNG: Flüssigerdgas.

3.33 LN₂: Flüssigstickstoff.

3.34 Hauptkontrollraum: Ein Kontrollraum auf dem Terminal, von dem aus zentral überwacht und gesteuert wird.

3.35 Schiffsverladeanschlüsse: Die geflanschte Einheit der Anschlußleitungen auf dem Schiff, an die der freie Flansch des Ladearmes angeschlossen wird.

3.36 Rohranschluß-Abstand: Der horizontale Abstand zwischen den Mittellinien nebeneinanderliegender Rohranschlüsse.

ANMERKUNG: Der Konstrukteur sollte klarstellen, ob die Maße sich auf gerade oder verzweigte Rohranschlüsse beziehen, und es sind die Abstände zwischen den Rohranschlüssen, an die Ladearme gleichzeitig anschließen, die entscheidend sind.

3.37 MOV: Ventil mit Motorantrieb.

3.38 N₂: Stickstoffgas.

3.39 NG: Erdgas

3.40 Rohrstutzen: siehe Schiffsverladeanschlüsse (3.35).

3.41 Versatz: Der vorgesehene horizontale Abstand zwischen zwei Baugruppen des Ladearmes (z. B. der Scheitelversatz zwischen innerem und äußerem Arm; der hintere Versatz liegt zwischen Steigrohr und innerem Arm).

3.42 Arbeitsbereich: Das Raumvolumen, in dem der Ladearm an das Schiff angeschlossen werden kann.

3.43 Storchenschnabel: Das Bauteil aus Verbindungsstücken und gelenkigen Anschlüssen, um Kräfte und Momente des Sekundär-Gegengewichtes auf den äußeren Arm zu übertragen. Im weiteren Sinn, wo ein System aus Seilen und Seilscheiben für diesen Zweck benützt wird, spricht man von "Storchenschnabel-Seilen und -Seilrollen".

3.44 Stampfen: Drehung des Schiffes um seine horizontale Querachse (siehe Anhang A).

3.45 Produkt: Unter Verwendung des Ladearmes umgeschlagenes Fluid (LNG, NG oder LN₂).

3.46 QCDC: Schnelltrennkupplung (siehe 3.19).

3.47 Fernbedienungsschalter: Ein Handgerät, um das An/Abflanschen der Ladearme von einem entfernten Platz aus zu erleichtern (z. B. von den Rohranschlüssen der Schiffsverladung aus).

3.48 Steigleitung: Grundsteigleitung; Standrohr: Die vertikale Baugruppe, die mit der Verladeplattform verschraubt ist und die bewegliche Baugruppe des Arms trägt.

3.49 Steigleitung-Gelenkgruppe: Das flüssigkeitsbeaufschlagte System aus einem oder mehreren Rohrkrümmern und vertikalem Steigrohr-Drehgelenk, das oben am Steigrohr angebracht ist.

3.50 Steigleitung-Drehgelenk: Die drehbare Verbindung der Steigrohr-Gelenkgruppe, die dem inneren Arm die Drehung um das als Sockel dienende Steigrohr erlaubt.

3.51 Rollen: Drehung des Schiffes um seine horizontale Längsachse.

3.52 Seilscheiben: Die großen Rillenscheiben, die am Steigrohr und Scheitel einiger Ladearme angebracht sind. Seile sind über die Seilscheiben geführt, um die Kräfte des Sekundär-Gegengewichtes auf den äußeren Arm zu übertragen.

3.53 Schiff: Gastanker, der an den Ladearm angeschlossen wird, um Flüssigerdgas zu be- oder entladen.

3.54 Schiffskontrollraum: Ein Kontrollraum, der an Bord des Schiffes liegt und von dem aus die Überwachung und Steuerung des Verladebetriebes geleitet wird.

3.55 Parallelbetrieb: Gleichzeitige Benutzung von zwei oder mehr Ladearmen.

3.56 Schwenken: Horizontale Drehbewegung des Ladearmes um das Steigrohr.

3.57 Zwischenstück: Reduzier- oder Erweiterungsstücke, die mit den festen Anschlußleitungen verschraubt sind, um die Flanschennweite des Schiffes dem Ladearm anzupassen. Manchmal werden sie auch als Adapter bezeichnet.

3.58 Standrohr: Siehe Steigleitung (3.48).

3.59 Spannungsanalyse: Eine detaillierte Berechnung der strukturellen Belastung des Ladearms und der Anschlußleitungen für verschiedene Stellungen und Zustände, um die Eignung des Ladearms für den vorgesehenen Betrieb zu überprüfen.

ANMERKUNG: Diese erfolgt vorteilhafterweise durch Verwendung besonders hierfür entworfener Computerprogramme.

3.60 Längsdrift: Längsbewegung des Schiffes, auch Drift genannt (siehe Anhang A).

3.61 Druckstoß: Schnelle Druckänderung als Folge einer Änderung der Fließrate in einer Rohrleitung.

3.62 Abdriften: Querbewegung des Schiffes (siehe Anhang A).

3.63 Drehgelenk: Drehbare Verbindungen am Ladearm, damit der Ladearm der Schiffsbewegung frei folgen kann. Drehgelenke bestehen aus Innen- und Außengehäuse, die Kugellaufbahnen und Kugeln (oder gleichartige Systeme) enthalten, um Drehung und Lastübertragung zu erlauben. Zwischen den Gehäusen sind Dichtungen angebracht, um Leckage zu verhindern.

3.64 Tanker: Ein Schiff für Flüssigerdgas.

3.65 Terminal: Eine Flüssigerdgasanlage mit Be- und Entladeeinrichtungen.

3.66 Rücklage: Die Stellung des Ladearms in geschlossenem Zustand, wenn der innere Arm hinter dem Steigrohr steht.

3.67 Schleppkabel: Das unbefestigte, vieladrige Elektrokabel zwischen dem Bedienungspult des Brücken-Kontrollraumes und dem Fernbedienungsschalter. Siehe auch Fernbedienungsschalter.

3.68 Umschlag: Be- oder Entladevorgang.

3.69 Dreifach-Drehgelenk (TSA): Die Gruppe der drei Drehgelenke und Rohrbogen am Ende des äußeren Armes.

3.70 Drehzapfen-Einheit: Das flüssigkeitsbeaufschlagte System aus Rohrbogen und horizontalem Zapfen-Drehgelenk oben am Steigrohr.

3.71 Zapfen-Drehgelenk: Die drehbare Verbindung der Drehzapfen-Einheit, die dem inneren Arm eine horizontale Drehung erlaubt.

3.72 UPS: Unterbrechungsfreie Stromversorgung.

3.73 Windgeschwindigkeit: Auslegung-Windgeschwindigkeit in m/s, gemessen in 10 m Höhe über niedrigstem Niedrigwasser als Windböe, 3 Sekunden lang.

3.74 Gieren: Drehung des Schiffes um seine Vertikalachse (siehe Anhang A).

4 Auslegung der Ladearme

4.1 Definition der Länge und Anordnung von Ladearmen

Die Länge und Anordnung der Ladearme muß die Verbindung der Rohrleitungen an Land mit den Schiffsanschlußleitungen ermöglichen. Die Verbindung muß die freie Bewe-

gung innerhalb des Betriebsbereiches der Installation erlauben (siehe Anhang B).

Der Anschluß der Ladearme an das Schiff muß die Anordnung der Anschlußleitungen verschiedener Schiffe, das niedrigste Niedrigwasser und das höchste Hochwasser, die Änderungen des Schiffsfreibordes, die zulässige Drift des Schiffes und die Kombination angeschlossener Ladearme berücksichtigen.

Die Auslegung muß die folgenden Minimalabstände berücksichtigen:

- 0,15 m Minimalabstand zwischen jeder Stelle eines Ladearms im Betrieb und eines Ladearms in Parkstellung;
- 0,3 m Minimalabstand zwischen jeder Stelle eines Ladearms im Betrieb und jeder nahegelegenen Struktur, Rohrleitung, Ausrüstung, usw.;
- 0,3 m Minimalabstand zwischen jeder Stelle von nebeneinander arbeitenden Ladearmen, außer bei Gegengewichten. Der Minimalabstand zwischen Gegengewichten von arbeitenden Ladearmen muß 0,15 m betragen.

4.2 Beschreibung

Die Ladearme bestehen normalerweise aus:

- einem Dreifach-Drehgelenk;
- einem äußeren Arm;
- einem inneren Arm;
- einem Scheitel-Drehgelenk zwischen innerem und äußerem Arm;
- einer feststehenden Grundsteigleitung;
- einem Doppel-Drehgelenk zwischen dem inneren Arm und der Grundsteigleitung.

Im Arbeitsbereich muß die Auslegung der Ladearme 6 Freiheitsgrade Spiel zulassen, um sich den Schiffsbewegungen anzupassen (siehe Anhang A).

Die Produkt-Rohrleitung mit Tieftemperatur muß sich auf der Rohrbrücke frei dehnen und zusammenziehen können. Die Rohrbrücke selbst darf den niedrigen Temperaturen nicht ausgesetzt sein.

Alle Rohrleitungsstützen müssen entsprechend ausgelegt sein, daß Spannungen in der Rohrleitung und auf der Rohrbrücke in zulässigen Grenzen bleiben bei allen Zuständen und Stellungen.

Das ganze Dreifach-Drehgelenk und der äußere Arm müssen im leeren Zustand und ohne Eisansatz im Gleichgewicht sein. Dies muß am Scheitel-Drehgelenk durch ein Gegengewicht und eine Storchenschnabel-Konstruktion erreicht werden.

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

Die Auslegung des Ladearms muß die Konstruktion der Schiffsanschlußleitungen berücksichtigen, ohne die Anschlußleitungen und das Schiffsdeck überzubelasten.

Die Auslegung der Ladearme muß zusätzlich zum Normalbetrieb die Schnelltrennung im Notfall berücksichtigen und dies im leeren oder gefüllten Zustand. Es sollte keinen Zusammenstoß der Ladearme mit dem Schiff oder der Anlegebrücke geben.

4.3 Drehgelenke

4.3.1 Allgemeines

Die Drehgelenke müssen die Drehung von zwei Rohrleitungs- oder Struktur-Elementen in einer Ebene erlauben. Der maximale Ausschlag des Drehgelenkes muß Anschließen, Bewegen, Parkstellung und Instandhaltung erlauben.

Es gibt zwei Arten von Drehgelenken, nämlich die mit Produkt beaufschlagten und die an der Struktur angebrachten Drehgelenke.

4.3.2 Auslegung des mit Produkt beaufschlagten Drehgelenks

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

4.3.2.1 Produktdichtung

Die Einrichtung muß aus zwei Dichtungen bestehen, einer primären und einer sekundären, um beim Versagen der primären Dichtung eine Leckage nach außen oder ins Lager zu verhindern.

Eine Sondenöffnung muß im Ringraum zwischen primärer und sekundärer Dichtung angebracht sein.

4.3.2.2 Lagerung

Das Drehgelenk muß die Drehung des Gelenkes unter internen und externen Belastungen aller Auslegungszustände erlauben.

Das Lager, das der Tieftemperatur ausgesetzt ist, muß entweder eine geeignete Schmierung oder eine Gaszirkulation mit Stickstoff haben. Die gewählte Maßnahme muß Eisbildung im Lager verhindern.

4.3.2.3 Äußere Dichtung

Diese Einrichtung muß Wassereindringen ins Lager verhindern, das gefrieren könnte. Sie muß auch eine Dichtung gegen zirkulierenden Stickstoff oder gegen Schmiermittel im Lager sicherstellen.

4.3.2.4 Auslegung

Drehgelenke müssen für eine Minimumanforderung ausgelegt werden:

- Sicherheitsbeiwert von 4 gegen Gehäusebruch;
- Sicherheitsbeiwert von 2 gegen Leckage;
- Sicherheitsbeiwert von 1,5 gegen Druckstellen.

Der Sicherheitsbeiwert ist das Verhältnis der tatsächlichen maximalen, äquivalenten Axialbelastung zur berechneten, maximalen, äquivalenten Axialbelastung.

Die äquivalente Axialbelastung P_{CA} wird berechnet mit der Formel:

$$P_{CA} = F_A + 5 \frac{M_T}{d} + 2,3 F_R \tan \alpha$$

Dabei ist:

- F_A die gesamte Axiallast aus axialem Flüssigkeitsdruck und externer Axiallast, in Newton;
- M_T das extern aufgebrachte Biegemoment von außen, in Newton Meter;
- d der Durchmesser der Lagerlauffläche, in Meter;
- F_R die extern aufgebrachte Radiallast, in Newton;
- α der Berührungswinkel (der Winkel zwischen der Ebene der Kugeln und dem Mittelpunkt auf der Schnittebene der Kugellaufbahn).

Die maximal zulässige Leckrate ist 1050 cm³/h Gas (0 °C, 101 325 Pa) je cm Dichtungsdurchmesser oder 4 cm³/h Flüssigkeit je cm Dichtungsdurchmesser. Bleibende Druckstellen mit einer Breite von gleich oder größer 8 Prozent des Kugeldurchmessers werden als Rattermarken betrachtet.

4.3.3 Strukturlager

Die Strukturlagergelenke müssen den externen Belastungen bei allen Entwurfszuständen des Ladearms widerstehen.

Das Lager muß gegen Eindringen von Wasser und Festteilen sowie gegen Korrosion durch Meeresluft geschützt sein.

Drehgelenke müssen für eine Minimumanforderung entworfen werden:

- Sicherheitsbeiwert 3,5 gegen Gehäusebruch;
- Sicherheitsbeiwert 1,5 gegen Druckstellen.

Der Sicherheitsbeiwert ist das Verhältnis der tatsächlichen, maximalen, äquivalenten Axialbelastung zur berechneten, maximalen äquivalenten Axialbelastung.

Die äquivalente Axialbelastung P_{CA} wird berechnet mit der Formel:

$$P_{CA} = F + 5 \frac{M_T}{d} + 2,3 F_R \tan \alpha$$

Dabei ist:

- F die externe Axialbelastung, in Newton;
- M_T das extern aufgebrachte Biegemoment, in Newton Meter;
- d ist der Durchmesser der Lagerlauffläche, in Meter;
- F_R die extern aufgebrachte Radiallast, in Newton Meter;
- α der Berührungswinkel (der Winkel zwischen der Ebene der Kugeln und dem Mittelpunkt auf der Schnittebene der Kugellaufbahn).

4.4 Zubehör

4.4.1 Verstellbare Abstützung

Falls erforderlich, muß der Ladearm mit einer Abstützung am Dreifach-Drehgelenk ausgerüstet sein. Die Abstützung muß aus zwei einstellbaren Stützfüßen bestehen, die auf dem Schiffsdeck abstützen, nachdem der Ladearm angeschlossen ist.

Sie dient zur Lastaufnahme des Produktgewichtes und zur Reduzierung der Spannungen an den Schiffsanschlußleitungen. Diese Lasten werden über die Stützfüße auf das Schiffsdeck übertragen.

Die Höhe der Abstützung muß von 450 mm bis 1400 mm einstellbar sein. Sie muß so ausgelegt sein, daß eine Überlastung des Decks und der Anschlußleitungen verhindert wird.

Die Konstruktion der Abstützung des Ladearms darf die Bewegungsfreiheit des Ladearms zur Schiffsbewegung nicht behindern.

Die Auslegung des Ladearms muß das Stützengewicht berücksichtigen, aber nicht die Spannungsverminderung durch die Abstützung. Bei den Schiffsanschlußleitungen darf die Spannungsverminderung aber berücksichtigt werden.

4.4.2 Stickstoff-Einblaseleitung

Am Schluß der Be-/Entladung wird Stickstoff eingeblasen, um das Produkt zu verdrängen. Die Stickstoff-Einblaseleitung (die ein fester Teil des Armes ist), muß mit den produktführenden Armen verbunden sein. Diese Leitung muß mit einem Rückschlagventil und einem Absperrventil ausgerüstet sein. Das Rückschlagventil sollte so nahe wie möglich am Einblaseeinlaß liegen. Schraubverbindungen müssen vermieden werden.

4.4.3 Verriegelung

Eine mechanische Zugeinrichtung muß verhindern, daß der innere Arm in die Parkstellung schwenkt. Die Verriegelung des äußeren Armes kann entweder mechanisch oder hydraulisch erfolgen. Hydraulische Verriegelung muß durch ein getrenntes Verriegelungsventil erreicht werden und nicht durch Ventile der Systemsteuerung.

4.4.4 Leitern und Arbeitsbühnen

Wenn kein anderer Zugang zum Steigrohr, Bolzendrehgelenk und Scheiteldrehgelenk vorhanden ist, muß der Ladearm mit Leitern am festen Steigrohr und am inneren Arm sowie mit Arbeitsbühnen oben am Steigrohr und oben am inneren Arm ausgerüstet sein. Diese Arbeitsbühnen dienen als Zugang für Wartungsarbeiten, insbesondere um Dichtungen der Drehgelenke auszutauschen.

4.4.5 Flüssigstickstoffleitung

Falls benötigt, kann das Schiff mit Flüssigstickstoff versorgt werden.

Es wird empfohlen, die Flüssigstickstoffleitung an einem Ladearm mit zu installieren, im allgemeinen am Gaspandel-Ladearm.

Die Flüssigstickstoffleitung wird wie diejenige für Flüssigerdgas ausgelegt mit der einzigen Ausnahme, daß ein flexibler Schlauch als Verbindung zwischen Dreifach-Drehgelenk und Schiff benutzt werden kann. Sie muß mit den gleichen Drehgelenken und Sicherheitsausrüstungen versehen sein.

4.4.6 Kälte­dämmung

Kälte­dämmung des Ladearms ist nicht notwendig. Falls sie vom Betreiber gefordert wird, muß ihr Gewicht und ihre Dicke bei der Auslegung berücksichtigt werden.

4.5 Armaturen, Flansche und Anschlüsse

4.5.1 Anschlüsse zum Ablassen von Flüssigerdgas müssen am Tiefpunkt des Dreifach-Drehgelenkes und des Steigrohres angebracht sein, so daß der Ladearm hiermit vollständig entleert werden kann.

Ein weiterer Ab­laß­an­schluß kann vor dem oberen Ventil des Schnelltrennsystems angebracht werden, um ein eventuelles Entleeren nach einer Schnelltrennung im Notfall zu erlauben.

Alle diese Anschlüsse sollten mindestens in DN 25 ausgeführt sein, mit einem Flansch und Kugelventil derselben Dimension enden.

4.5.2 Mit Ausnahme der Kupplung müssen alle Flansche der Produkt-, Stickstoff-Einblase- und Flüssigstickstoff-Leitungen nach EN 1473 ausgelegt werden.

4.5.3 Alle Ventile der Spüleleitungen und der Stickstoffeinblasung müssen in Übereinstimmung mit ISO 10497 in brandsicherer Ausführung ausgelegt sein.

4.6 Werkstoff

Die Ladearme müssen aus zulässigen Werkstoffen nach der in EN 1160 aufgeführten Liste hergestellt sein.

Wenn nicht anders spezifiziert, muß rostfreier Stahl X2 Cr Ni 18-9 in Übereinstimmung mit EN 10088-2 für die Produktleitungen verwendet werden. Der Kohlenstoffgehalt von Baustählen für Strukturteile muß 0,23 % unterschreiten (siehe Anhang D).

Verwendete Werkstoffe müssen für Meeresumgebung und gegen galvanische Elementbildung ausgewählt werden.

Die Benutzung von Asbest oder asbesthaltigen Werkstoffen ist nicht zulässig. Aluminium darf nicht verwendet werden, falls nicht vom Betreiber für besondere Anwendung vorgeschrieben. Falls die Ladearme in niedriger Umgebungstemperatur eingebaut sind, muß den Wetterbedingungen entsprechender Werkstoff verwendet werden. Dasselbe trifft für Bauteile zwischen den Produktleitungen und der Struktur zu, die Tieftemperatur ausgesetzt sind. Die gewählten Werkstoffe müssen für diese Anwendungsfälle mit Gewährleistung geliefert werden.

4.7 Auslegung

4.7.1 Durchmesser der Produktleitung

Die LNG- und LN₂-Leitungen müssen für eine maximale Produktgeschwindigkeit von 11 m/s ausgelegt sein, falls nicht anders vom Betreiber spezifiziert. Eine Geschwindigkeit von 15 m/s ist örtlich zugelassen in Einschnürungen (Länge < 1,5 m), vorausgesetzt, daß Kavitation ausgeschlossen wird.

Der Druckverlust von LNG und NG in den Ladearmen wird dem Betreiber angegeben.

4.7.2 Spannungsanalyse

4.7.2.1 Allgemeines

Eine vollständige Bestimmung der Spannungen und Durchbiegungen des Ladearms und der Schiffsanschlußleitungen muß für alle passenden Ladearmzustände durchgeführt und gut dokumentiert werden.

Die berechneten Spannungen müssen niedriger oder gleich der zulässigen Zugspannung sein. Die zulässige Zugspannung erhält man durch Multiplikation der zulässigen Grundspannung mit dem K-Beiwert nach Tabelle 1.

Die zulässige Grundspannung ist der niedrigere Wert entweder von $0,29 \times$ Zugfestigkeit des Werkstoffes in geglühtem Zustand oder von $0,45 \times$ Streckgrenze des Werkstoffes in geglühtem Zustand. Die für die Zugfestigkeit und Streckgrenze angewandten sind die niedrigeren Werte der Werkstoffnorm.

Die Durchbiegung des Armes in der entsprechenden Stellung des Ladearms muß in der Spannungsanalyse berücksichtigt werden. Die Spannungen müssen nach der Theorie der größten Hauptspannung oder der größten Scherspannung für Rohrleitungen berechnet werden.

Bei der Auslegung von Rohrkrümmern und Rohrbögen müssen Spannungserhöhungsbeiwerte berücksichtigt werden.

Die Knickanalyse von Rohren und Strukturen muß durchgeführt werden.

ANMERKUNG: Hierzu ist eine Norm in Vorbereitung: "Industrielle Rohrnetze und Rohrleitungen – Metallische Rohrnetze, oberirdisch oder in Rohrkanälen".

Stahlseile müssen mit berechneter Maximalkraft und mindestens mit einem Sicherheitsbeiwert von 5 gegen minimale Bruchfestigkeit ausgelegt werden.

Für Durchmesser zwischen DN 300 und DN 600 muß die Analyse der Schiffsanschlußleitungen eine Rohrwanddicke von 9,52 mm und eine Überhanglänge von 1200 mm vom Anschlußflansch bis zur ersten, dauerhaften Abstützung der Rohranschlüsse auf dem Schiff berücksichtigen. Die maximal zulässige Grundspannung ist 85 N/mm² und die K-Beiwerte sind die gleichen wie für Ladearme nach Tabelle 1.

Die Gesamtauslegung muß das Eigengewicht, die Drucklast, die Flüssigkeitslast, die Windlast, die thermische Belastung, die Erdbebenbelastung und die Eislast berücksichtigen.

4.7.2.2 Eigengewicht (DL):

Zusätzlich zum Gewicht des Ladearms müssen alle weiteren Gewichte der angebrachten Ausrüstung und Wärmedämmung eingeschlossen sein.

4.7.2.3 Drucklast (PL):

Der zu berücksichtigende Druck muß mindestens 19 bar Überdruck betragen oder Auslegungsdruck, wenn dieser höher ist.

4.7.2.4 Flüssigkeitslast (FL):

Sie muß die Dichte des Produktes (LNG, NG, LN₂) zugrunde legen außer bei hydrostatischen Prüfungen, wo eine Dichte von 1000 kg/m³ verwendet werden soll.

4.7.2.5 Windlast (WL):

Wenn nicht anders spezifiziert, entspricht die Windlast P_z , multipliziert mit der Lastfläche, die dem Wind ausgesetzt ist, entsprechend mit den folgenden Formeln:

$$U_z = V_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^{1/7} \text{ (m/s)}$$

Dabei ist:

- V_{10} die Auslegungswindgeschwindigkeit, in 10 m Höhe über dem niedrigsten Niedrigwasser, in Meter je Sekunde;
- z die Höhe über niedrigstem Niedrigwasser, in Meter.

$$P_z = 0,64 \cdot U_z^2 \cdot C_F$$

Dabei ist:

- P_z der Winddruck in Höhe z über niedrigstem Niedrigwasser, in Newton je Quadratmeter;
 U_z die Auslegungswindgeschwindigkeit, in Meter je Sekunde;
 C_F ein Formbeiwert, anzusetzen mit 0,7 für zylindrische und 2,0 für rechteckige Oberflächen.

Wenn z kleiner als 10 m ist, wird linear interpoliert zwischen P_z bei 10 m und 60 % des Wertes bei niedrigstem Niedrigwasser.

Wenn nicht anders festgelegt, muß die Windgeschwindigkeit mindestens 45 m/s für die Parkstellung und 22,5 m/s für Bewegungen und Betrieb betragen. Eine geringere Windgeschwindigkeit (10 m/s) kann für Prüfungszwecke wie hydrostatische Prüfungen benutzt werden, wenn dies zwischen den Vertragspartnern vereinbart wurde.

4.7.2.6 Thermische Belastung TL :

Die thermischen Belastungen werden durch Temperaturänderungen des Werkstoffes ausgelöst.

Temperaturprofile durch die Flüssigkeit und durch tragende Teile müssen mit den Berechnungen geliefert werden. Falls thermische Einflüsse in der Berechnung vernachlässigt werden, muß dies klar bewiesen werden.

Besonders aufmerksam müssen thermische Belastungen betrachtet werden, wenn die Produktleitung sich nicht frei zusammenziehen kann. Wenn solche Beschränkungen vorhanden sind, müssen die Belastungen bei der Produktleitung und Struktur berücksichtigt werden.

Falls die Produktleitung innerhalb der Struktur verläuft, muß durch Berechnung nachgewiesen werden, daß die Struktur nicht durch kryogene Temperaturen der Produktrohre belastet wird. Für die Berechnung müssen die folgenden äußeren Bedingungen angesetzt werden:

- tiefste Temperatur;
- Vereisung;
- kein Wind.

4.7.2.7 Erdbebenbelastung EL :

Eine Erdbebenbelastung muß in Erdbebengebieten berücksichtigt werden. Die Analyse muß für die entsprechende Erdbebenzone mit dem Ladearm in der ungünstigsten Stellung und ohne Wind durchgeführt werden (siehe EN 1473).

4.7.2.8 Eislast IL :

Eislast muß als eine Zusatzlast (Dichte 800 kg/m³) zum Ladearmgewicht betrachtet werden. Die Eisdicke muß bei der Windberechnung berücksichtigt werden. Falls nicht anders festgelegt, sollte eine Eisdicke von 25 mm angesetzt werden.

4.8 Schweißen

4.8.1 Eignung

Schweißungen müssen von einem geprüften Schweißer mit anerkannten Schweißverfahren ausgeführt werden.

- Produktrohre: Die Schweißverfahren und die Schweißerprüfung müssen anerkannt sein nach den Normen EN 288-1, EN 288-2, EN 288-3 und EN 287-1.
- Struktur: Die Schweißverfahren und die Schweißerprüfung müssen mit EN 288-1, EN 288-2, EN 288-3 und EN 287-1 übereinstimmen.

4.8.2 Schweißelektroden

Die Schweißelektroden müssen von einer offiziellen Überwachungsstelle zugelassen und abgenommen werden. Die mechanischen Prüfungen, Kerbschlag- und Biegeprüfungen müssen mit EN 875 und EN 910 übereinstimmen. Die Energiewerte müssen bei –160 °C an drei Prüfstücken 40 Joule im Durchschnitt und 28 Joule als Minimum betragen. Die minimale Querdehnung muß 0,38 mm sein.

Tabelle 1: Zulässige Spannungsbeiwerte

Ladearm-Stellung	Armgegengewichte für Zustand	Verladungszustand	Zulässiger Spannungsbeiwert K
Park	leer	DL DL + WL/EL	1,2 1,6
in Bewegung	leer	DL + WL	1,0
angeschlossen	leer und voll	PL DL + FL + PL + WL + IL DL + FL + PL + WL + TL + IL	0,8 0,9 1,7
Notfalltrennung	leer voll	DL + WL DL + WL + IL DL + FL + PL + WL + IL	1,4 1,4 1,4
Instandhaltung	leer und voll	DL + WL	1,2
Hydrostatische Prüfung in der Werkstatt	leer und voll leer und voll	PL DL + FL + PL + WL	1,3 1,8
DL Eigengewicht FL Flüssigkeitslast PL Drucklast WL Windlast EL Erdbebenlast TL Thermische Belastung WL/EL entweder Windlast oder Erdbebenlast IL Eislast			