

DIN EN 1473:2021-12 (D)

Anlagen und Ausrüstung für Flüssigerdgas - Auslegung von landseitigen Anlagen; Deutsche Fassung EN 1473:2021

| Inhalt | Seite |
|--|-------|
| Europäisches Vorwort..... | 8 |
| Einleitung | 9 |
| 1 Anwendungsbereich..... | 10 |
| 2 Normative Verweisungen | 10 |
| 3 Begriffe und Abkürzungen | 14 |
| 3.1 Begriffe | 14 |
| 3.2 Abkürzungen | 21 |
| 4 Qualitätsmanagementsystem..... | 21 |
| 5 Standortbewertung..... | 22 |
| 5.1 Allgemeines und Anlagenbeschreibung..... | 22 |
| 5.2 Geotechnik..... | 22 |
| 5.2.1 Bodeneigenschaften | 22 |
| 5.2.2 Marine geotechnische Eigenschaften für die Auslegung des Anlegers und der seeseitigen Zufahrt | 24 |
| 5.2.3 Hafenausbaggerung..... | 24 |
| 5.3 Meteorologisch und meereskundlich | 24 |
| 5.3.1 Allgemeines..... | 24 |
| 5.3.2 Daten über Metocean-Auswirkungen..... | 24 |
| 5.3.3 Auswirkungen der Lufttemperatur und Luftfeuchte | 24 |
| 5.3.4 Blitzeinfluss..... | 24 |
| 5.3.5 Daten über Auswirkungen von Wind und Luftdruck..... | 25 |
| 5.3.6 Daten über Auswirkungen von Niederschlag..... | 25 |
| 5.3.7 Klimawandel | 25 |
| 5.4 Umweltaspekte | 25 |
| 5.4.1 Umweltverträglichkeitsbewertung | 25 |
| 5.4.2 Anlagenemissionen/Emissionsüberwachung..... | 26 |
| 5.4.3 Philosophie für Abfackeln/Abblasen..... | 26 |
| 5.4.4 Schallschutz..... | 27 |
| 5.4.5 Biologische Umgebung | 27 |
| 5.5 Infrastruktur..... | 27 |
| 5.5.1 Externe Verkehrsinfrastruktur | 27 |
| 5.5.2 Umgebende Infrastruktur | 27 |
| 5.5.3 Nautisch und umweltbezogen | 27 |
| 5.5.4 Erdverlegte Versorgungsleitungen..... | 27 |
| 5.6 Seismik..... | 28 |
| 5.6.1 Allgemeines..... | 28 |
| 5.6.2 Tsunamis..... | 28 |
| 5.7 Hydrologie | 28 |
| 5.7.1 Auswirkungen von Entwässerung | 28 |
| 5.7.2 Grundwasserleiter, Erosion und Studien zu den Auswirkungen auf das Grundwasser..... | 29 |
| 5.8 Gesellschaftlich | 29 |
| 5.8.1 Öffentliche Gesundheit, Sicherheit und Gefahren..... | 29 |
| 5.8.2 Siedlungen | 29 |
| 5.8.3 Weitere Themen | 29 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6 | Risikomanagement..... | 30 |
| 6.1 | Allgemeines..... | 30 |
| 6.2 | Methoden der Gefahren- und Risikobewertung..... | 31 |
| 6.2.1 | Allgemeines..... | 31 |
| 6.2.2 | Risikomatrix | 33 |
| 6.2.3 | HAZID (Studie zur Gefahrenerkennung) | 33 |
| 6.2.4 | Fehlermöglichkeits- und -Einflussanalyse (FMEA) | 33 |
| 6.2.5 | Gefährdungs- und Betriebsfähigkeitsanalyse (HAZOP) | 33 |
| 6.2.6 | Ereignisbaumverfahren (ETM)..... | 34 |
| 6.2.7 | Fehlerbaumverfahren (FTM) | 34 |
| 6.2.8 | Bow-Tie-Analyse (BTA)..... | 34 |
| 6.2.9 | LOPA (Analyse der Schutzebenen) | 35 |
| 6.2.10 | SIL-Analyse | 35 |
| 6.2.11 | Quantitative Risikobeurteilung (QRA)..... | 35 |
| 6.2.12 | Brand- und Explosionsrisikoanalyse (FERA) | 36 |
| 6.3 | Ermittlung der Szenarien | 36 |
| 6.3.1 | Ermittlung externer Risikoquellen und -ursachen | 36 |
| 6.3.2 | Ermittlung von Szenarien mit LNG als Ursache..... | 37 |
| 6.3.3 | Ermittlung anderer interner Gefährdungen und Szenarioursachen..... | 37 |
| 6.4 | Auswirkung und Folgenabschätzung..... | 38 |
| 6.4.1 | Allgemeines..... | 38 |
| 6.4.2 | Gaswolkenverbreitung..... | 38 |
| 6.4.3 | Feuer..... | 40 |
| 6.4.4 | Explosion..... | 41 |
| 6.4.5 | Lachenbildung..... | 41 |
| 6.4.6 | Sicherheitsabstände..... | 42 |
| 6.5 | Abschätzung von Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten | 42 |
| 6.6 | Erhöhung der Sicherheit..... | 42 |
| 6.7 | Überprüfungen..... | 43 |
| 6.8 | Sicherheit im Betrieb | 43 |
| 6.8.1 | Betriebsabläufe..... | 43 |
| 6.8.2 | Instandhaltungsverfahren | 43 |
| 6.8.3 | Schulungen | 44 |
| 6.8.4 | Notfallantwort..... | 45 |
| 7 | Auslegung | 45 |
| 7.1 | Allgemeines..... | 45 |
| 7.2 | Betonbauwerke..... | 45 |
| 7.2.1 | Allgemeines..... | 45 |
| 7.2.2 | Bereichsentwässerung und Leckagekontrolle | 45 |
| 7.2.3 | Leitplanken | 48 |
| 7.2.4 | Brandschutz..... | 48 |
| 7.2.5 | Dämmung..... | 54 |
| 7.2.6 | Anforderungen an die räumliche Anordnung..... | 56 |
| 7.2.7 | Seismik | 58 |
| 7.2.8 | Geotechnik..... | 58 |
| 7.2.9 | Auslegung von Fundamenten | 59 |
| 7.2.10 | Rohrdurchführungen oder Umschließungen..... | 60 |
| 7.2.11 | Rohrbrücken..... | 61 |
| 7.2.12 | Zäune und Zugang zur Anlage | 61 |
| 7.3 | Elektrik..... | 61 |
| 7.3.1 | ATEX-Klassifizierung | 61 |
| 7.3.2 | IP-Klassifizierung..... | 61 |
| 7.3.3 | Blitzeinschlag | 62 |
| 7.3.4 | Beleuchtung | 62 |
| 7.3.5 | Einteilung von explosionsgefährdeten Bereichen..... | 62 |
| 7.3.6 | Erdung..... | 62 |
| 7.3.7 | Hochspannungsanlagen/Hauptstromversorgung..... | 63 |

| | | |
|--------|---|----|
| 7.3.8 | Niederspannungsanlagen | 63 |
| 7.3.9 | Notstromversorgung (EPS) | 63 |
| 7.3.10 | Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) | 64 |
| 7.4 | Mechanische Auslegung und Auslegung von Rohrleitungen/Materialauswahl | 64 |
| 7.4.1 | Werkstoffe | 64 |
| 7.4.2 | Korrosion | 65 |
| 7.4.3 | Anstrich und Beschichtung | 66 |
| 7.4.4 | Kathodischer Korrosionsschutz | 66 |
| 7.4.5 | Galvanisierte Tragwerke | 66 |
| 7.4.6 | Rohrleitungssysteme und Armaturen | 66 |
| 7.4.7 | Absperrarmaturen/ESD-Armaturen | 68 |
| 7.4.8 | Rohrleitungsspannung | 69 |
| 7.4.9 | Auslegung von Entleerung und Lüftung | 70 |
| 7.4.10 | Druckstoß | 70 |
| 7.4.11 | Sichere Absperrung | 70 |
| 7.4.12 | Druckentlastungseinrichtungen | 71 |
| 7.4.13 | Versprödung | 73 |
| 7.4.14 | Schweiß- und Fügeverbindungen | 73 |
| 7.4.15 | Prüfungen und Inspektion | 73 |
| 7.4.16 | Inbetriebnahme und Anfahrvorgänge | 74 |
| 7.4.17 | Außerbetriebnahme | 75 |
| 7.5 | Prozessautomatisierung und -steuerungen | 76 |
| 7.5.1 | Prozesssteuerungssystem (PCS) und Sicherheitsleitssystem (SIS) | 76 |
| 7.5.2 | Notabschaltung (ESD) | 78 |
| 7.5.3 | Feldmessgeräte und Armaturen | 79 |
| 7.5.4 | Brand-, Leckage- und Gaserkennungssysteme | 80 |
| 7.5.5 | Erdbebenerkennung | 80 |
| 7.5.6 | Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI, en: Human Machine Interface) | 80 |
| 7.5.7 | Alarmmanagement | 81 |
| 7.5.8 | Telekommunikations- und CCTV-Anforderungen | 81 |
| 7.5.9 | Warnlampen | 82 |
| 7.6 | Verfahrenstechnische Sicherheit | 82 |
| 7.6.1 | Schutz vor Überfüllung | 82 |
| 7.6.2 | Überdrucksicherung | 82 |
| 7.6.3 | Unterdrucksicherung für Lagertanks | 83 |
| 7.6.4 | Leckage | 83 |
| 7.6.5 | Rollover | 84 |
| 7.6.6 | Niedrigtemperaturschutz | 84 |
| 7.6.7 | Flüssigkeitsübertrag | 85 |
| 7.6.8 | Notentspannung | 85 |
| 7.7 | Schiffsübergabesysteme | 85 |
| 7.7.1 | Allgemeines | 85 |
| 7.7.2 | LNG-Schiffsübergabesysteme | 85 |
| 7.7.3 | Auslegung des Anlegers | 86 |
| 7.7.4 | Überwachung und Kontrolle von Hafen und Landungsbrücke | 86 |
| 7.7.5 | Sicherheit des Anlegers und Werkschutz | 87 |
| 7.7.6 | Unbemannte Übergabestation | 87 |
| 7.8 | Lagereinheit | 87 |
| 7.8.1 | Allgemeines | 87 |
| 7.8.2 | Normalbedingungen | 88 |
| 7.8.3 | Anormaler Betrieb | 88 |
| 7.8.4 | Lagerungskonzepte | 89 |
| 7.8.5 | Leistung von Niederdruckbehältern | 90 |
| 7.8.6 | Leistung von Druckbehälter tanks | 91 |
| 7.8.7 | Tanktypen | 92 |
| 7.9 | Rotierende Ausrüstung | 93 |
| 7.9.1 | LNG-Pumpen | 93 |
| 7.9.2 | Seewasserpumpen | 94 |

| | | |
|--|--|-----|
| 7.9.3 | Verdichter..... | 94 |
| 7.9.4 | Turbinen | 94 |
| 7.10 | Wiederverdampfungs- und Ausspeiseeinheit..... | 94 |
| 7.10.1 | Allgemeines..... | 94 |
| 7.10.2 | Anpassung der Erdgasqualität..... | 95 |
| 7.10.3 | Odoriermittel..... | 95 |
| 7.11 | Beladeeinheit für Anhänger..... | 96 |
| 7.12 | Verflüssigungsanlage..... | 96 |
| 7.12.1 | Allgemeines..... | 96 |
| 7.12.2 | Abscheidung von Gasverunreinigungen..... | 96 |
| 7.13 | Gebäude..... | 96 |
| 7.13.1 | Allgemeines..... | 96 |
| 7.13.2 | Leitwarte..... | 97 |
| 7.14 | LNG- und Erdgasqualitätsmessung..... | 97 |
| 7.14.1 | Allgemeines..... | 97 |
| 7.14.2 | Probennahme | 97 |
| 7.14.3 | Analyse der Zusammensetzung..... | 97 |
| 7.14.4 | Wärmeberechnung und Wobbe-Index..... | 97 |
| 7.14.5 | Dichteberechnung..... | 98 |
| 7.14.6 | Kalibrierung des Analysegeräts | 98 |
| 7.14.7 | Kalibriergas..... | 98 |
| 7.15 | Durchflussmessung für eichpflichtigen Verkehr | 98 |
| 7.16 | Boil-off Gas (BOG) Systeme | 98 |
| 7.16.1 | Allgemeines..... | 98 |
| 7.16.2 | Boil-off Gas Sammelsystem | 100 |
| 7.16.3 | Rückgewinnung von Boil-Off-Gas..... | 101 |
| 7.17 | System für Abfackeln/Abblasen | 102 |
| 7.17.1 | Allgemeines..... | 102 |
| 7.17.2 | Fackel..... | 103 |
| 7.17.3 | Ausbläser | 103 |
| 7.18 | Betriebsmittel | 103 |
| 7.18.1 | Allgemeines..... | 103 |
| 7.18.2 | Instrumentenluft..... | 104 |
| 7.18.3 | Stickstoff..... | 104 |
| 7.18.4 | Brenngas | 105 |
| 7.18.5 | Andere Betriebsmittel..... | 105 |
| Anhang A (normativ) Grenzwerte für die Wärmestrahlung..... | | 106 |
| A.1 | Wärmestrahlung von LNG-Bränden..... | 106 |
| A.2 | Wärmestrahlung von einer Fackel oder einem gezündeten Ausbläser..... | 107 |
| Anhang B (normativ) Definitionen der Referenzdurchflüsse | | 109 |
| B.1 | Allgemeines..... | 109 |
| B.2 | V_T (Wärmeeintrag) | 109 |
| B.3 | V_L (Befüllen)..... | 109 |
| B.4 | V_O (Überfüllung) | 109 |
| B.5 | V_F (Flash beim Befüllen)..... | 109 |
| B.6 | V_R (LNG-Umwälzung mittels Tauchpumpe) | 110 |
| B.7 | V_A (Veränderung des Atmosphärendrucks) | 111 |
| B.8 | V_V (Ausfall der Regelarmatur)..... | 111 |
| B.9 | V_I (Wärmeeintrag durch Brandeinwirkung)..... | 111 |
| B.10 | V_D (angesaugte Fluidmenge)..... | 111 |
| B.11 | V_C (Verdichteransaugmenge) | 112 |
| B.12 | V_B (Rollover) | 112 |
| Anhang C (informativ) Seismische Klassifizierung..... | | 113 |
| C.1 | Allgemeines..... | 113 |
| C.2 | Einige Grundprinzipien..... | 113 |
| C.3 | Beispiel einer Sicherheitsbetrachtung nach einem SSE | 113 |

| | | |
|--|--|-----|
| C.4 | Beispiel einer Klassifizierung für SSE..... | 114 |
| Anhang D (normativ) Spezifische Anforderungen an LNG Pumpen | | |
| D.1 | Allgemeines..... | 115 |
| D.2 | Auslegung..... | 115 |
| D.3 | Inspektion..... | 115 |
| D.3.1 | Allgemeines..... | 115 |
| D.3.2 | Inspektion von druck- oder rotationsbelasteten Bauteilen..... | 115 |
| D.3.3 | Durchstrahlprüfung..... | 116 |
| D.3.4 | Ultraschallprüfung..... | 116 |
| D.3.5 | Risserkennung (Farbeindringprüfung) | 116 |
| D.3.6 | Sichtprüfung..... | 116 |
| D.3.7 | Maßkontrolle..... | 116 |
| D.3.8 | Elektrische Inspektionen..... | 116 |
| D.4 | Prüfungen | 116 |
| D.4.1 | Prüfbedingung..... | 116 |
| D.4.2 | Typprüfungen und Abnahmeprüfungen..... | 116 |
| D.4.3 | Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen..... | 117 |
| D.4.4 | Leistungsprüfungen..... | 117 |
| D.4.5 | NPSH-Prüfungen..... | 118 |
| D.5 | Anzugebende Werte | 118 |
| D.6 | Kennzeichnung..... | 119 |
| D.7 | Spezifische Anforderungen für Tauchpumpen und zugehörige Kabel | 119 |
| D.7.1 | Topfmontierte Pumpen..... | 119 |
| D.7.2 | Tauchrohrpumpen (In-Tank-Pumpen)..... | 119 |
| D.8 | Vertikale Pumpen mit externem Motor | 120 |
| Anhang E (normativ) Spezifische Anforderungen an LNG-Verdampfer..... | | |
| E.1 | Betriebsparameter | 121 |
| E.2 | Wasserverdampfer mit offenem Kreislauf (ORV)..... | 121 |
| E.2.1 | Spezifische Anforderungen an die Auslegung..... | 121 |
| E.2.2 | Wasserverteilung | 121 |
| E.2.3 | LNG- und Erdgasleitungen | 123 |
| E.2.4 | LNG-Verteilung..... | 123 |
| E.2.5 | Reinigung der LNG- und Erdgaskreisläufe | 123 |
| E.2.6 | Regelung/Sicherheit..... | 123 |
| E.2.7 | Einhausung des Verdampfers..... | 123 |
| E.2.8 | Wasserkreislauf..... | 123 |
| E.2.9 | Wasserqualität | 124 |
| E.3 | Wasserverdampfer: Geschlossener Typ (STV) | 124 |
| E.4 | Indirekte Verdampfer (IFV)..... | 124 |
| E.4.1 | Offene Wasserbadverdampfer | 124 |
| E.4.2 | Zwangsumlaufverdampfer | 124 |
| E.4.3 | Kondensator/Verdampfer-Typ..... | 125 |
| E.5 | Tauchflammenverdampfer (SCV) | 125 |
| E.5.1 | Korrosion | 125 |
| E.5.2 | Regelung und Sicherheit..... | 125 |
| E.5.3 | Wasserbad | 126 |
| E.5.4 | Schwingungen..... | 126 |
| E.5.5 | Maßnahmen für kalte Perioden..... | 126 |
| E.5.6 | Legionellen..... | 126 |
| E.6 | Umgebungsluftverdampfer (AAV, en: Ambient Air Vaporizer) | 127 |
| Anhang F (normativ) Kriterien für die Auslegung von Rohrleitungen..... | | |
| Anhang G (informativ) Beschreibung verschiedener Arten landseitiger LNG-Anlagen | | |
| G.1 | LNG-Verflüssigungsanlage..... | 129 |
| G.2 | LNG-Anlandeterminals | 129 |
| G.3 | LNG-Peakshaving-Anlagen | 130 |
| G.4 | LNG-Satellitenanlagen | 130 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| G.5 | LNG-Bunkerstationen | 130 |
| | Anhang H (informativ) Beladeeinheit für Anhänger (TLU, en: Trailer Loading Unit)..... | 131 |
| H.1 | Zusätzliche spezifische Gefährdungen der TLU | 131 |
| H.2 | Empfohlene Sicherheitsmaßnahmen | 131 |
| H.3 | Besondere prozesssicherheitstechnische Anforderungen | 132 |
| H.4 | LNG-Messung | 132 |
| | Anhang I (informativ) Häufigkeitsbereiche | 133 |
| | Anhang J (informativ) Schadensklassen..... | 134 |
| | Anhang K (informativ) Risikograde..... | 135 |
| K.1 | Allgemeines..... | 135 |
| K.2 | Akzeptanzkriterien | 135 |
| | Anhang L (informativ) Typische Prozessschritte der Verflüssigung | 137 |
| L.1 | Einleitung..... | 137 |
| L.2 | Anforderungen an Erdgas/Extraktion von sauren Gasbestandteilen..... | 137 |
| L.2.1 | Allgemeines..... | 137 |
| L.2.2 | Absorptionsprozess..... | 137 |
| L.2.3 | Molekularsieb-Adsorptionsprozess..... | 139 |
| L.2.4 | Andere Schwefelprozesse als H₂S | 139 |
| L.3 | Aufbereitung/Entwässerung von Erdgas | 139 |
| L.3.1 | Allgemeines..... | 139 |
| L.3.2 | Funktionsprinzip..... | 139 |
| L.3.3 | Betriebsparameter/deklarierte Leistungsmerkmale..... | 140 |
| L.3.4 | Besondere Merkmale..... | 140 |
| L.4 | Aufbereitung von Erdgas/Quecksilberentfernung..... | 141 |
| L.5 | Verflüssigungsanlage für Erdgas..... | 141 |
| L.5.1 | Allgemeines..... | 141 |
| L.5.2 | Funktionsprinzip..... | 141 |
| L.5.3 | Betriebsparameter/deklarierte Leistungsmerkmale..... | 142 |
| L.5.4 | Niedrige Temperaturen | 143 |
| L.5.5 | Spezifische Ausrüstung | 144 |
| | Anhang M (informativ) Odoriersysteme | 147 |
| M.1 | Allgemeines zu Odoriermitteln | 147 |
| M.2 | Anforderungen an Odoriersysteme | 147 |
| M.2.1 | Allgemeines..... | 147 |
| M.2.2 | Lagerung | 147 |
| M.2.3 | Odoriermittelpumpen und -armaturen..... | 148 |
| M.3 | Umgang mit Odoriermitteln | 148 |
| M.3.1 | Allgemeines..... | 148 |
| M.3.2 | Anlieferung..... | 148 |
| M.3.3 | Spülen und Lüften | 148 |
| M.4 | Odorierung..... | 149 |
| M.5 | Austritt von Odoriermittel | 149 |
| M.6 | Sicherheit des Betriebspersonals | 150 |
| | Literaturhinweise | 151 |