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 Verkehrsinfrastrukur 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 Druckbehältertanks 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 ... 115
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 ... 121
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 ... 128

Anhang G (informativ) Beschreibung verschiedener Arten landseitiger LNG-Anlagen ... 129
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 H_2S ... 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