

# 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
<b>Anhang D (normativ) Spezifische Anforderungen an LNG Pumpen .....</b>		
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
<b>Anhang E (normativ) Spezifische Anforderungen an LNG-Verdampfer.....</b>		
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
<b>Anhang F (normativ) Kriterien für die Auslegung von Rohrleitungen.....</b>		
<b>Anhang G (informativ) Beschreibung verschiedener Arten landseitiger LNG-Anlagen .....</b>		
G.1	LNG-Verflüssigungsanlage.....	129
G.2	LNG-Anlandeterminals .....	129
G.3	LNG-Peakshaving-Anlagen .....	130
G.4	LNG-Satellitenanlagen .....	130

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