

DIN EN ISO 23306



ICS 75.160.30

Einsprüche bis 2021-04-12

Entwurf**Festlegungen für Flüssigerdgas als Kraftstoff für marine Anwendungen
(ISO 23306:2020);
Deutsche und Englische Fassung EN ISO 23306:2020**

Specification of liquefied natural gas as a fuel for marine applications (ISO 23306:2020);
German and English version EN ISO 23306:2020

Spécification du gaz naturel liquéfié comme carburant pour les applications maritimes
(ISO 23306:2020);
Version allemande et anglaise EN ISO 23306:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-02-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nagas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas), 53058 Bonn, Postfach 14 03 62 oder Josef-Wirmer-Str. 1 - 3, 53123 Bonn.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 23306:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 „Petroleum and related products, fuels and lubricants from natural or synthetic sources“ erarbeitet und zur Übernahme als Europäische Norm durch CEN/TC 408 „Erdgas und Biomethan zum Einsatz im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung in Erdgasnetze“ (Natural gas and biomethane for use in transport and biomethane for injection in the natural gas grid), dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, vorbereitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist im Normenausschuss Gastechnik (NAGas) hierfür der NA 032-03-08 AA „Biogas“ zuständig.

Es gibt keine Vorgängerausgabe. Die Zulassung von Füllanschlüssen für gasförmigen Wasserstoff erfolgt derzeit durch Einzelzulassung auf Grundlage der Betriebssicherheitsverordnung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6974 (all parts) siehe DIN EN ISO 6974 (alle Teile)

ISO 6976 siehe DIN EN ISO 6976

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6974 (alle Teile), *Erdgas — Bestimmung der Zusammensetzung und der zugehörigen Unsicherheit durch Gaschromatographie*

DIN EN ISO 6976, *Erdgas — Berechnung von Brenn- und Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex aus der Zusammensetzung*

<i>Titel de:</i>	Festlegungen für Flüssigerdgas als Kraftstoff für marine Anwendungen (ISO 23306:2020)
<i>Titel en:</i>	Specification of liquefied natural gas as a fuel for marine applications (ISO 23306:2020)
<i>Titel fr:</i>	Spécification du gaz naturel liquéfié comme carburant pour les applications maritimes (ISO 23306:2020)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Anforderungen	7
5 Probenahme	8
6 Anforderungen, Grenzwerte und zugehörige Prüfverfahren	8
7 Hauptverbindungen, die durch den Verflüssigungsprozess entfernt werden	9
Anhang A (normativ) Propan-Klopfzahl: Methanzahl-Berechnungsverfahren	11
Anhang B (informativ) Beispiele für die LNG-Zusammensetzung	18
Anhang C (informativ) Methanzahl (Klopffestigkeit) und Wobbe-Index (Wärmeleistung durch Eingrenzung)	21
C.1 Methanzahl	21
C.2 Wobbe-Index	21
Anhang D (informativ) LNG-Alterung im Verlauf der Lagerungskette	23
D.1 Alterung	23
D.2 Alterungsbedingte Änderung der Zusammensetzung	23
D.3 Bedeutung des Verstehens und der Handhabung der LNG-Alterung	23
Anhang E (informativ) Partikel	24
Anhang F (informativ) Schmelz- und Siedepunkte der reinen Bestandteile und Verunreinigungen, die in verschiedenen LNG vorliegen können	25
Literaturhinweise	27

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 23306:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 „Petroleum and related products, fuels and lubricants from natural or synthetic sources“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 408 „Erdgas und Biomethan zum Einsatz im Transportwesen und Biomethan zur Einspeisung in Erdgasnetze“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 23306:2020 wurde von CEN als EN ISO 23306:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28, *Petroleum and related products, fuels and lubricants from natural or synthetic sources*, Unterkomitee SC 4, *Classifications and specifications*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 408, *Erdgas und Biomethan zum Einsatz im Transportwesen und Bio methan zur Einspeisung in Erdgasnetze*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Auf Grund der zahlreichen Wirtschafts- und Umweltfaktoren hat die Verwendung von Flüssigerdgas (LNG, en: liquefied natural gas) als Kraftstoff für marine Anwendungen zugenommen. Der am 1. Januar 2015 in Kraft getretene Schwefelgrenzwert von 0,10 % in den schwefelemissionsgeregelten Gebieten in Europa und den Vereinigten Staaten war eine der maßgeblichen Triebkräfte für die Verwendung von LNG als Kraftstoff für marine Anwendungen. Die am 1. Januar 2020 von der Internationalen Seeschifffahrts-Organisation (IMO, en: International Maritime Organization) getroffene Entscheidung für den globalen Schwefelgrenzwert von 0,50 % steigert möglicherweise zusätzlich das Interesse in LNG. Der „International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels“ (IGF-Code, Internationaler Code für die Sicherheit von Schiffen, die Gase oder andere Brennstoffe mit niedrigem Flammpunkt verwenden) war eine Reaktion auf die Notwendigkeit eines Leitfadens in diesem aufstrebenden Markt. Da LNG-betriebene Schiffe das LNG voraussichtlich in verschiedenen Teilen der Welt tanken werden, wird für die Schiffseigner, Schiffsbetreiber und LNG-Lieferanten eine gemeinsame Spezifikation benötigt. Sie würde Motorenherstellern und Schiffskonstrukteuren helfen und für die Entwicklung dieses neuen Marktes für alternativen marinen Kraftstoff von Nutzen sein.

In 2018 übernahm die IMO eine erste Strategie für die Verminderung der Emission von Treibhausgasen (THG) von Schiffen. Diese Strategie schloss die Zielsetzung des möglichst baldigen Erreichens der durch den internationalen Schiffsverkehr hervorgerufenen THG-Spitzenemissionen ein, während weiterhin Anstrengungen hinsichtlich der möglichst zeitnahen Dekarbonisierung dieses Sektors in diesem Jahrhundert unternommen werden. Sie umfasst außerdem die Zielsetzungen für die Verminderung der CO₂-Emissionen je Transportleistung und des Gesamtwerts der jährlichen THG-Emissionen durch den internationalen Schiffsverkehr bis 2050 mit einem Zwischenziel in 2030. Dementsprechend wird aus erneuerbaren Quellen wie Biomethan hergestelltes LNG, das bei Verwendung als mariner Kraftstoff CO₂-Emissionen reduzieren kann, in diesem Dokument ebenfalls behandelt.

LNG wird an verschiedenen Orten auf der Welt in Verflüssigungsanlagen hergestellt. Produktionsgroßanlagen sind oft für bestimmte Märkte wie Erdgasnetze oder große Kraftwerke vorgesehen, die ihre eigenen Standards anwenden. Dieses Dokument berücksichtigt diese wesentliche Einschränkung für jede Anpassung an die Besonderheiten/Anforderungen von marinen Anwendungen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die Beschaffenheit von Flüssigerdgas, das als Kraftstoff für marine Anwendungen verwendet wird, fest. Es legt die relevanten Parameter für die Messung sowie die geforderten Werte und die Bezugsprüfverfahren für alle diese Parameter fest.

Dieses Dokument gilt für LNG aus beliebigen Quellen, z. B. aus herkömmlichen Lagerstätten, Schiefergas, Kohlenflöz-Methan (Flözgas), Biomethan, synthetisches Methan. In diesem Dokument beschriebenes LNG kann aus dem Syntheseprozess von fossilen Brennstoffen oder erneuerbaren Energieträgern stammen.

Dieses Dokument nennt die geforderten Festlegungen für Kraftstoffe zum Zeitpunkt und am Ort des eichpflichtigen Verkehrs (an der Übergabestelle).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 6578, *Refrigerated hydrocarbon liquids — Static measurement — Calculation procedure*

ISO 6974 (all parts), *Natural gas — Determination of composition and associated uncertainty by gas chromatography*

ISO 6976, *Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe indices from composition*

ISO 8943, *Refrigerated light hydrocarbon fluids — Sampling of liquefied natural gas — Continuous and intermittent methods*

EN 16726, *Gasinfrastruktur — Beschaffenheit von Gas — Gruppe H*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Biomethan
methanreiches Gas, das aus Biogas oder aus der Vergasung von Biomasse durch Aufbereitung mit Eigenschaften entsteht, die jenen des Erdgases ähneln

[QUELLE: ISO 14532:2014, 2.1.1.15]

3.2

Flüssigerdgas

LNG

Erdgas, das nach der Aufbereitung verflüssigt worden ist

[QUELLE: ISO 14532:2014, 2.1.1.12, modifiziert — Definition wurde gekürzt, Anmerkung zum Begriff wurde gestrichen.]

3.3

Methanzahl

MZ

Maß für die Klopf Eigenschaften eines gasförmigen Kraftstoffs

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie ist mit der Oktanzahl von Benzin vergleichbar. Die Methanzahl gibt den prozentualen Volumenanteil von Methan in einem Methan-Wasserstoffgemisch an, der in einem Prüfmotor unter Standardbedingungen das gleiche Klopfverhalten aufweist wie der zu prüfende gasförmige Kraftstoff.

[QUELLE: ISO 14532:2014, 2.6.6.1]

3.4

Erdgas

komplexes gasförmiges Gemisch von Kohlenwasserstoffen, das hauptsächlich aus Methan besteht, aber auch Ethan, Propan und höhere Kohlenwasserstoffe sowie einige nicht brennbare Gase wie Stickstoff und Kohlenstoffdioxid enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Erdgas kann auch Komponenten oder Verunreinigungen wie Schwefelverbindungen und/oder andere chemische Verbindungen enthalten.

[QUELLE: ISO 14532:2014, 2.1.1.1]

3.5

Wobbe-Index

Brenn- bzw. Heizwert auf volumetrischer Grundlage bei gegebenen Referenzbedingungen, dividiert durch die Quadratwurzel der relativen Dichte bei denselben wie bei der Volumenmessung gegebenen Referenzbedingungen

[QUELLE: ISO 14532:2014, 2.6.4.3, modifiziert — Anmerkung zum Begriff wurde gestrichen.]

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Das LNG an der Übergabestelle muss mit den in Tabelle 1 angegebenen Merkmalen und Grenzwerten übereinstimmen, wenn es nach den festgelegten Verfahren geprüft wird.

Die in Tabelle 1 und Tabelle 2 angeführten Bestandteile müssen gemessen werden, um die Berechnung der physikalischen Eigenschaften des LNG an der Übergabestelle zu ermöglichen.

4.2 Das gelieferte LNG muss frei von jeglichem Material in einer Konzentration sein, die dazu führt, dass das LNG für die Verwendung inakzeptabel ist, d. h. kein Material in einer Konzentration, die für das Personal schädlich ist, die die Sicherheit des Schiffs gefährdet oder die die Maschinenleistung nachteilig beeinflusst.

4.3 Physikalisch-chemische Eigenschaften, die keine Messung erfordern, sind in Tabelle 3 angegeben.

Es ist nicht praktisch, eine genaue chemische Analyse für jede Kraftstofflieferung zu fordern, die über die in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegebenen Anforderungen hinausgeht. Stattdessen muss eine Verflüssigungsanlage, ein LNG-Terminal oder jede andere Liefereinrichtung, einschließlich Tankschiffen und LKW-Lieferungen, angemessene Verfahren der Qualitätssicherung und des Änderungsmanagements

verfügbar haben, um sicherzustellen, dass das resultierende LNG den Anforderungen dieses Dokuments entspricht.

Beispiele für LNG-Zusammensetzungen sind in Anhang B angegeben.

Informationen zur Alterung von LNG können Anhang D entnommen werden, und Anhang E enthält Informationen zu Partikeln.

4.4 Die Bezugsbedingungen müssen 288,15 K, 101,325 kPa (siehe ISO 13443:1996, Abschnitt 3) in der Gasphase entsprechen.

5 Probenahme

Proben zur Verifizierung der Gasbeschaffenheit sind nicht verbindlich, können aber an verschiedenen Stellen entsprechend den Vereinbarungen der Beteiligten genommen werden. Gegebenenfalls können Proben aber auch zu verschiedenen Zeitpunkten genommen werden, da ein LNG deutlich andere Alterungseigenschaften hat als herkömmliche marine Kohlenwasserstoff-Kraftstoffe (bezüglich der Alterung wird auf Anhang D verwiesen). Zur Sicherstellung einer repräsentativen Probe sollten geeignete Probenahmeverfahren befolgt werden.

Wenn eine Probenahme von LNG für die Analyse erfolgt, muss sie den in ISO 8493 angegebenen Verfahren entsprechen oder nach einer zwischen den Beteiligten vereinbarten gleichwertigen nationalen Norm erfolgen. Bei einer Dokumentation bestimmter Probenahmeanforderungen sollten die betreffenden Parteien die Referenzprüfverfahren vereinbaren. Das in flüssigem Zustand entnommene LNG muss sofort und ohne teilweise Verdampfung oder Verlust molekularer Bestandteile in den gasförmigen Zustand überführt werden, um eine repräsentative Probe sicherzustellen.

In ISO 8943 sind zwei Verfahren für die LNG-Probenahme festgelegt, das kontinuierliche und das Intervall-Verfahren. Bei beiden Verfahren stammt das LNG aus der LNG-Fracht-/Bunkerleitung und wird anschließend in einem Verdampfer in Gas überführt. Beim kontinuierlichen Verfahren wird das vergaste LNG in einem Probenhalter bei einer konstanten Durchflussgeschwindigkeit für die Offline-Analyse aufgefangen. Beim Intervall-Verfahren wird das vergaste LNG aufgefangen und zu einem Online-Analysator geleitet. Bezüglich weiterer Einzelheiten zu diesen Verfahren siehe ISO 8943.

Die an die Probenahme von LNG für marine Anwendungen gestellten Anforderungen können in Abhängigkeit von Verfügbarkeit und Ausstattung industrieweit schwanken. Wenn keine Ausstattung zur Probenahme verfügbar ist und eine Vereinbarung zwischen den Beteiligten vorliegt, können Proben aus dem Ladehafen zur Bestimmung der Gasbeschaffenheit verwendet werden.

6 Anforderungen, Grenzwerte und zugehörige Prüfverfahren

Die Bestandteile und die physikalisch-chemische Eigenschaften, die mit den zugehörigen Prüfverfahren gemessen oder berechnet werden müssen, sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

ANMERKUNG Informationen können ISO 6975 [1] entnommen werden.

Anhang C enthält Informationen über die Methanzahl und den Wobbe-Index.

Tabelle 1 — Zu messende/berechnende physikalisch-chemische Eigenschaften mit Grenzwerten

Eigenschaft	Einheit	Grenzwert	Wert	Prüfverfahren
Heizwert (NCV)	MJ/m ³ (s)	Mindestwert	33,6 ^a	ISO 6976
Stickstoff	% (mol)	Höchstwert	1,0	ISO 6974 (alle Teile)
Methanzahl (MZ)	Keine Einheit	Mindestwert	b	Anhang A (Propan-Klopfzahl) oder EN 16726
^a Berechnet für ein theoretisches Gemisch aus 99 % (mol) Methan und 1 % (mol) Stickstoff in der Flüssigphase. Der Brennwert kann aus dem Heizwert berechnet werden (siehe ISO 13443:1996). ^b Sowohl das für die MZ-Bestimmung angewendete Verfahren als auch der Mindestwert müssen zwischen Lieferant und Nutzer vereinbart werden.				

Der Kraftstofflieferant muss die tatsächliche MZ an der Übergabestelle berechnen und dem Nutzer mitteilen (bezüglich Probenahmeort siehe Abschnitt 5). Diese Angabe muss als MZ_(PKI) oder MZ_(EN 16726) erfolgen. Bezüglich eines Leitfadens zur MZ-Gültigkeit für eine bestimmte Anwendung sollte die Spezifikationen von Originalgeräteherstellern (OEM, en: Original Equipment Manufacturer) herangezogen werden.

Tabelle 2 — Zu messende physikalisch-chemische Eigenschaften ohne Grenzwerte

Eigenschaft	Einheit	Prüfverfahren	Wert
Dichte ^a	kg/m ³	ISO 6578	Angabe des Ergebnisses
Methan (CH ₄)	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Angabe des Ergebnisses
Ethan (C ₂ H ₆)	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Angabe des Ergebnisses
Propan (C ₃ H ₈)	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Angabe des Ergebnisses
<i>n</i> -Butan (C ₄ H ₁₀) <i>i</i> -Butan	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Angabe des Ergebnisses
Pentan (C ₅ H ₁₂)	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Angabe des Ergebnisses
^a Dichte bei der Temperatur der Flüssigphase.			

7 Hauptverbindungen, die durch den Verflüssigungsprozess entfernt werden

Erdgas ist unter Luftdruck bei etwa -160 °C flüssig und wird zu Flüssigerdgas (LNG). Um ein Gefrieren und Verstopfungen in den Tieftemperatur-Wärmetauschern der Verflüssigungsanlage zu vermeiden, werden gewöhnliche Verunreinigungen oder Verbindungen, die im Erdgas aus verschiedenen Quellen vorhanden sind, im Vorfeld des Verflüssigungsprozesses auf eine Konzentration unterhalb ihrer Löslichkeit entfernt. Einige LNG-Bestandteile (z. B. Ethan, Propan, Butan und Pentan) werden möglicherweise aus kommerziellen Gründen oder zum Erreichen eines angestrebten Heizwertbereiches entfernt.

Die LNG-Zusammensetzung bleibt daher im Vergleich zu Erdgas innerhalb viel engerer Grenzwerte. Die Verbindungen, die als schädlich für marine Anwendungen erachtet werden können, werden entfernt oder auf sehr geringe Konzentrationswerte (Spurenkonzentrationen) verringert, damit sie keine Besorgnis mehr darstellen. Sie müssen 4.2 entsprechen. Die durch den Verflüssigungsprozess entfernten Hauptverbindungen sind in nachfolgender Tabelle 3 zur Information und Bezugnahme angegeben. Die Messung dieser Verbindungen wird nicht gefordert. Wenn die betreffenden Parteien jedoch eine Messung dieser Verbindungen vereinbaren, sollte die Messung nach dem in Tabelle 3 angegebenen Bezugsverfahren erfolgen.

In Tabelle F.1 sind die Schmelz- und Siedepunkte für eine Reihe von Verbindungen einschließlich solcher, die in Biomethan vorliegen können, angegeben.

Tabelle 3 — Hauptverbindungen, die durch die Verflüssigung entfernt werden, aber keine Messung erfordern

Eigenschaft	Einheit	Prüfverfahren	Löslichkeitsgrenzwert in LNG (etwa –160 °C, Luftdruck)	Typischer Wert aus der LNG-Anlage	Bemerkungen
Hexan und höhere Kohlenwasserstoffe	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	n. z.	n. z.	n. z.
Gesamtschwefel	mg (S)/m ³	ISO 19739 [5] ISO 20729 [6]	(n. z.)	Höchstens 30 mg (S)/m ³ (Gas)	Hängt von den LNG-Verträgen ab. Tatsächlicher Wert sehr oft viel niedriger.
Schwefelwasserstoff	mg/m ³	ISO 19739	n. z.	4,29 mg/m ³ (N)	Im Säuregas-entfernungssystem (AGRU, en: Acid Gas Removal Unit) in der Verflüssigungsanlage aus Sicherheitszwecken entfernt.
Merkaptan	mg/m ³	ISO 19739	Hängt von Molekülgröße ab	n. z.	Im AGRU oder Entfernungssystem für schwere Kohlenwasserstoffe in der Verflüssigungsanlage entfernt.
Kohlenstoffdioxid	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	Etwa 0,02 % (mol)	0,005 % (mol)	Im AGRU in der Verflüssigungsanlage entfernt.
Sauerstoff	% (mol)	ISO 6974 (alle Teile)	n. z.	n. z.	In der Verflüssigungsanlage entfernt.
Wasser	mg/m ³	ISO 10101 [3]	Unter 0,74 mg/m ³	0,74 mg/m ³ oder weniger	In der Gastrocknungsanlage in der Verflüssigungsanlage entfernt.
Quecksilber	µg/m ³	ISO 6978-2 [2]	n. z.	0,01 µg/m ³	In der Verflüssigungsanlage entfernt.
ANMERKUNG Siehe Anhang F für Bestandteile, die in geringer Konzentration oder nicht vorliegen, z. B. Siloxane. n. z. Nicht zutreffend.					

Anhang A (normativ)

Propan-Klopfzahl: Methanzahl-Berechnungsverfahren

Die MZ eines gasförmigen Kraftstoffes kann aus dessen Zusammensetzung nach mehreren verschiedenen Verfahren, die alle unterschiedliche Ergebnisse liefern können, berechnet werden. Die in diesem Anhang beschriebene Methodik muss zum Berechnen von $MZ_{(PKI)}$ angewendet werden.

Für die in Tabelle 3 angeführten Bestandteile kann ein Stoffmengenanteil von „0“ angenommen werden.

DNV GL¹ entwickelte ein MZ-Verfahren („PKI-MZ“), das Gase bezüglich ihrer Klopfestigkeit auf Grundlage der Verbrennungseigenschaften der Kraftstoffgemische an sich charakterisiert. Das PKI-MZ-Verfahren beruht auf einer Methan-Propan-Skala (PKI, en: Propane Knock Index, Propan-Klopfzahl), wobei die Klopfestigkeit der Gaszusammensetzung mit der Klopfestigkeit eines Methan-Propan-Gasgemisches unter identischen Motorbedingungen verglichen wird.

Zum Berechnen der PKI-Werte wird ein Polynom, Gleichung (A.1), verwendet:

$$PKI = \sum \alpha_i X_i^n + \sum \beta_{i^n * j^m} X_i^n X_j^m \quad (A.1)$$

Dabei ist

X der (normalisierte) Stoffmengenanteil;

i = CH₄, C₂H₆, C₃H₈, i-C₄H₁₀, n-C₄H₁₀, n-C₅H₁₂, i-C₅H₁₂, neo-C₅H₁₂, CO₂, CO, H₂ und N₂;

j = C₂H₆, C₃H₈, i-C₄H₁₀, n-C₄H₁₀, n-C₅H₁₂, i-C₅H₁₂, neo-C₅H₁₂, CO₂, CO, H₂ und N₂;

n = 1 bis 4;

m = 1, 2;

α und β sind in Tabelle A.2 angegebene Werte.

Die Berechnung gilt für PKI-Werte ≤ 20 (oder $MZ_{(PKI)} \geq 53$, siehe unten) und den Gaszusammensetzungsbereich in Tabelle A.1.

1 DNV GL ist eine Marke von DNV GL AS. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung durch ISO.

Tabelle A.1 — Gaszusammensetzungsbereich

Verbindung	Mindestwert, mol %	Höchstwert, mol %
CH ₄	65	100
C ₂ H ₆	0	20
C ₃ H ₈	0	20
<i>i</i> -C ₄ H ₁₀	0	5
<i>n</i> -C ₄ H ₁₀	0	5
<i>n</i> -C ₅ H ₁₂	0	2
<i>i</i> -C ₅ H ₁₂	0	2
<i>neo</i> -C ₅ H ₁₂	0	2
C ₆ +	0	1,5
H ₂	0	20
CO	0	10
CO ₂	0	20
N ₂	0	20
H ₂ S	0	0,5

Um das Vorhandensein von C₆+ und H₂S im Gasgemisch zu berücksichtigen, werden Skalierfaktoren auf Grundlage von Selbstentzündungsmessungen in einer Schnellkompressionsanlage bei DNV GL®1 abgeleitet. Diese Skalierfaktoren werden im Algorithmus zum Umrechnen der Auswirkung von C₆+ und H₂S auf die Klopffestigkeit eines Gasgemisches in einen gleichwertigen Anteil an *n*-C₅H₁₂ verwendet. Die Faktoren werden zum Korrigieren der Methan- und *n*-Pentan-Stoffmengenanteile nach Gleichung (A.2) und Gleichung (A.3) verwendet.

$$X_{CH_4,new} = X_{CH_4 in gasmixture} - 0,3 \times X_{C_6+} \quad (A.2)$$

$$X_{nC_5H_{12},new} = X_{nC_5H_{12} in gasmixture} + X_{H_2S} + 1,3 \times X_{C_6+} \quad (A.3)$$

Dabei ist *X* der Stoffmengenanteil. An dieser Stelle wird angemerkt, dass die Ergebnisse des Algorithmus nur gültig sind, wenn die Gesamtmol-Prozentzahl des Gasgemisches 100 % ist.

Tabelle A.2 — α- und β-Koeffizienten in Gleichung (A.1)

Koeffizient	Wert	Beschreibung
α _{CH₄}	569,285 536 016 002 0	CH ₄
α _{(CH₄)²}	−650,854 339 490 7	CH ₄ ²
α _{(CH₄)³}	64,359 575 257 386 2	CH ₄ ³
α _{(CH₄)⁴}	17,214 959 222 053 6	CH ₄ ⁴
α _{C₂H₆}	−645,099 966 662 855 0	C ₂ H ₆
α _{(C₂H₆)²}	694,229 376 857 102 0	C ₂ H ₆ ²
α _{(C₂H₆)³}	−675,381 075 231 165 0	C ₂ H ₆ ³

Koeffizient	Wert	Beschreibung
$\alpha_{(C_2H_6)^4}$	1 474,790 791 373 33	$C_2H_6^4$
$\alpha_{C_3H_8}$	499,398 492 651 52	C_3H_8
$\alpha_{(C_3H_8)^2}$	-576,665 945 472 394 0	$C_3H_8^2$
$\alpha_{(C_3H_8)^3}$	252,193 674 060 28	$C_3H_8^3$
$\alpha_{(C_3H_8)^4}$	593,958 975 466 507 0	$C_3H_8^4$
$\alpha_{n-C_4H_{10}}$	934,466 273 223 240 0	N_{C_4}
$\alpha_{(n-C_4H_{10})^2}$	-86,872 357 077 023 8	$N_{C_4}^2$
$\alpha_{(n-C_4H_{10})^3}$	-20 418,906 767 397 9	$N_{C_4}^3$
$\alpha_{(n-C_4H_{10})^4}$	633 286,561 358 521 0	$N_{C_4}^4$
$\alpha_{iso-C_4H_{10}}$	735,223 884 113 728 0	I_{C_4}
$\alpha_{(iso-C_4H_{10})^2}$	-3 182,614 393 379 67	$I_{C_4}^2$
$\alpha_{(iso-C_4H_{10})^3}$	20 945,186 725 021 9	$I_{C_4}^3$
$\alpha_{(iso-C_4H_{10})^4}$	159 067,868 032 595 0	$I_{C_4}^4$
$\alpha_{n-C_5H_{12}}$	2 571,930 793 605 35	N_{C_5}
$\alpha_{(n-C_5H_{12})^2}$	10 516,494 109 227 50	$N_{C_5}^2$
$\alpha_{(n-C_5H_{12})^3}$	-770 539,377 197 693	$N_{C_5}^3$
$\alpha_{(n-C_5H_{12})^4}$	28 633 475,586 565 4	$N_{C_5}^4$
$\alpha_{iso-C_5H_{12}}$	-3 582,967 844 353 79	I_{C_5}
$\alpha_{(iso-C_5H_{12})^2}$	0	$I_{C_5}^2$
$\alpha_{(iso-C_5H_{12})^3}$	403 155,950 864 334	$I_{C_5}^3$
$\alpha_{(iso-C_5H_{12})^4}$	-11 917 333,837 932 9	$I_{C_5}^4$
$\alpha_{neo-C_5H_{12}}$	1 123,396 367 098 65	NEC_5
$\alpha_{(neo-C_5H_{12})^2}$	1 679,728 075 248 10	NEC_5^2
$\alpha_{(neo-C_5H_{12})^3}$	-172 182,649 067 176	NEC_5^3
$\alpha_{(neo-C_5H_{12})^4}$	3 467 918,607 466 990	NEC_5^4
α_{N_2}	-469,428 097 827 742	N_2
$\alpha_{(N_2)^2}$	352,688 107 288 763	N_2^2
$\alpha_{(N_2)^3}$	-220,491 687 402 358	N_2^3
$\alpha_{(N_2)^4}$	1 419,680 053 962 420	N_2^4
α_{CO_2}	-953,460 328 339 263	CO_2
$\alpha_{(CO_2)^2}$	1 148,487 258 682 280	CO_2^2
$\alpha_{(CO_2)^3}$	-601,339 855 375 907	CO_2^3
$\alpha_{(CO_2)^4}$	448,125 565 457 084	CO_2^4
α_{CO}	-5 813,759 963 900 21	CO

Koeffizient	Wert	Beschreibung
$\alpha_{\text{(CO)}}^2$	5 511,721 025 828 67	CO ²
$\alpha_{\text{(CO)}}^3$	1 647,043 065 843 26	CO ³
$\alpha_{\text{(CO)}}^4$	-3 471,241 525 554 25	CO ⁴
α_{H_2}	-906,859 878 136 883	H ₂
$\alpha_{\text{(H}_2\text{)}}^2$	1 059,747 810 140 28	H ₂ ²
$\alpha_{\text{(H}_2\text{)}}^3$	-1 302,861 581 498 63	H ₂ ³
$\alpha_{\text{(H}_2\text{)}}^4$	3 639,859 493 045 20	H ₂ ⁴
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{C}_2\text{H}_6}$	201,788 909 592 169	CH ₄ *C ₂ H ₆
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{C}_3\text{H}_8}$	-865,856 657 223 225	CH ₄ *C ₃ H ₈
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{n-C}_4\text{H}_{10}}$	-1 210,227 541 932 4	CH ₄ *N_C ₄
$\beta_{\text{(CH}_4 \times \text{n-C}_4\text{H}_{10}\text{)}}^2$	1 331,555 523 696 450	(CH ₄ *N_C ₄) ²
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{iso-C}_4\text{H}_{10}}$	-1 023,278 147 470 3	CH ₄ *I_C ₄
$\beta_{\text{(CH}_4 \times \text{iso-C}_4\text{H}_{10}\text{)}}^2$	1 550,095 184 612 58	(CH ₄ *I_C ₄) ²
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{n-C}_5\text{H}_{12}}$	-2 811,677 404 325 23	CH ₄ *N_C ₅
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{iso-C}_5\text{H}_{12}}$	3 363,981 505 063 56	CH ₄ *I_C ₅
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{neo-C}_5\text{H}_{12}}$	-1 534,525 674 887 23	CH ₄ *NEC ₅
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{N}_2}$	-1,053 973 329 306 09	CH ₄ *N ₂
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{CO}_2}$	473,574 764 109 71	CH ₄ *CO ₂
$\beta_{\text{(CH}_4 \times \text{CO}_2\text{)}}^2$	-308,259 010 229 21	(CH ₄ *CO ₂) ²
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{CO}}$	5 356,433 570 549 5	CH ₄ *CO
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{H}_2}$	118,685 621 913 274	CH ₄ *H ₂
$\beta_{\text{CH}_4 \times \text{(H}_2\text{)}}^2$	252,885 168 496 247	CH ₄ *(H ₂ ²)
$\beta_{\text{(CH}_4\text{)}}^2 \times \text{H}_2$	325,305 174 695 724	(CH ₄ ²)*H ₂
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{C}_3\text{H}_8}$	0	C ₂ H ₆ *C ₃ H ₈
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{n-C}_4\text{H}_{10}}$	-437,695 363 730 406	C ₂ H ₆ *N_C ₄
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{iso-C}_4\text{H}_{10}}$	-109,983 789 902 769	C ₂ H ₆ *I_C ₄
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{n-C}_5\text{H}_{12}}$	-1 870,347 465 005 63	C ₂ H ₆ *N_C ₅
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{iso-C}_5\text{H}_{12}}$	3 909,509 060 762 45	C ₂ H ₆ *I_C ₅
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{neo-C}_5\text{H}_{12}}$	-886,578 525 827 322	C ₂ H ₆ *NEC ₅
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{N}_2}$	968,887 620 927 515	C ₂ H ₆ *N ₂
$\beta_{\text{(C}_2\text{H}_6\text{)}}^2 \times \text{N}_2$	267,472 766 191 96	(C ₂ H ₆ ²)*N ₂
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{(N}_2\text{)}}^2$	337,464 863 958 288	C ₂ H ₆ *(N ₂ ²)
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{CO}_2}$	1 431,950 116 993 15	C ₂ H ₆ *CO ₂
$\beta_{\text{C}_2\text{H}_6 \times \text{CO}}$	6 463,144 442 956 27	C ₂ H ₆ *CO

Koeffizient	Wert	Beschreibung
$\beta_{C2H6 \times H2}$	1 865,090 903 843 57	C2H6*H2
$\beta_{C3H8 \times n-C4H10}$	-118,490 180 710 956	C3H8*N_C4
$\beta_{C3H8 \times iso-C4H10}$	0	C3H8*I_C4
$\beta_{C3H8 \times n-C5H12}$	-1 734,805 682 394 27	C3H8*N_C5
$\beta_{C3H8 \times (n-C5H12)^2}$	127 551,642 193 201	C3H8*(N_C5^2)
$\beta_{(C3H8)^2 \times n-C5H12}$	11 318,418 395 072 2	(C3H8^2)*N_C5
$\beta_{C3H8 \times iso-C5H12}$	3 318,968 208 193 38	C3H8*I_C5
$\beta_{C3H8 \times neo-C5H12}$	0	C3H8*NEC5
$\beta_{C3H8 \times N2}$	13,345 337 812 469	C3H8*N2
$\beta_{C3H8 \times CO2}$	292,275 289 330 565	C3H8*CO2
$\beta_{C3H8 \times CO}$	5 403,502 607 948 29	C3H8*CO
$\beta_{(C3H8)^2 \times CO}$	2 333,823 463 429 21	(C3H8^2)*CO
$\beta_{C3H8 \times H2}$	957,887 281 487 301	C3H8*H2
$\beta_{n-C4H10 \times iso-C4H10}$	3 500,702 828 522 74	N_C4*I_C4
$\beta_{n-C4H10 \times n-C5H12}$	-4 737,328 494 949 99	N_C4*N_C5
$\beta_{n-C4H10 \times (n-C5H12)^2}$	525 591,310 711 326	NC4*(NC5^2)
$\beta_{(n-C4H10)^2 \times n-C5H12}$	297 556,039 242 685	(NC4^2)*NC5
$\beta_{n-C4H10 \times iso-C5H12}$	6 095,059 988 750 87	N_C4*I_C5
$\beta_{n-C4H10 \times neo-C5H12}$	-953,002 183 779 388	N_C4*NEC5
$\beta_{n-C4H10 \times N2}$	0	N_C4*N2
$\beta_{n-C4H10 \times CO2}$	-103,571 484 346 062	N_C4*CO2
$\beta_{n-C4H10 \times CO}$	5 869,190 506 527 74	N_C4*CO
$\beta_{n-C4H10 \times H2}$	1 267,619 534 835 89	N_C4*H2
$\beta_{iso-C4H10 \times n-C5H12}$	5 056,603 091 637 61	I_C4*N_C5
$\beta_{iso-C4H10 \times iso-C5H12}$	6 619,278 776 370 44	I_C4*I_C5
$\beta_{iso-C4H10 \times neo-C5H12}$	-1 363,961 016 448 41	I_C4*NEC5
$\beta_{iso-C4H10 \times N2}$	14,803 895 799 972 4	I_C4*N2
$\beta_{iso-C4H10 \times CO2}$	211,752 602 673 394	I_C4*CO2
$\beta_{iso-C4H10 \times CO}$	5 786,325 257 174 88	I_C4*CO
$\beta_{iso-C4H10 \times H2}$	1 458,460 720 431 54	I_C4*H2
$\beta_{n-C5H12 \times iso-C5H12}$	12 268,283 772 748	N_C5*I_C5
$\beta_{n-C5H12 \times neo-C5H12}$	0	N_C5*NEC5
$\beta_{n-C5H12 \times N2}$	-1 573,688 937 706 25	N_C5*N2
$\beta_{n-C5H12 \times CO2}$	-898,466 856 535 774	N_C5*CO2

Koeffizient	Wert	Beschreibung
$\beta_{(n-C5H12)^2 \times CO_2}$	-42 401,411 139 182 4	$(N_{C5}^2) \cdot CO_2$
$\beta_{n-C5H12 \times CO}$	3 985,110 420 511 03	$N_{C5} \cdot CO$
$\beta_{(n-C5H12)^2 \times CO}$	48 265,319 103 373 7	$(N_{C5}^2) \cdot CO$
$\beta_{n-C5H12 \times H_2}$	-1 112,443 527 705 6	$N_{C5} \cdot H_2$
$\beta_{(n-C5H12)^2 \times H_2}$	99 558,333 341 943 2	$(N_{C5}^2) \cdot H_2$
$\beta_{iso-C5H12 \times neo-C5H12}$	3 773,449 267 853 97	$I_{C5} \cdot NEC_5$
$\beta_{iso-C5H12 \times N_2}$	4 490,678 300 326 75	$I_{C5} \cdot N_2$
$\beta_{iso-C5H12 \times CO_2}$	5 122,009 935 455 09	$I_{C5} \cdot CO_2$
$\beta_{(iso-C5H12)^2 \times CO_2}$	-28 087,848 186 432 6	$(I_{C5}^2) \cdot CO_2$
$\beta_{iso-C5H12 \times CO}$	10 248,340 825 423 2	$I_{C5} \cdot CO$
$\beta_{iso-C5H12 \times H_2}$	5 464,934 669 232 21	$I_{C5} \cdot H_2$
$\beta_{neo-C5H12 \times H_2}$	-642,170 828 416 611	$NEC_5 \cdot N_2$
$\beta_{neo-C5H12 \times CO_2}$	0	$NEC_5 \cdot CO_2$
$\beta_{(neo-C5H12)^2 \times CO_2}$	-11 320,112 689 948 1	$(NEC_5^2) \cdot CO_2$
$\beta_{neo-C5H12 \times CO}$	4 772,677 301 186 82	$NEC_5 \cdot CO$
$\beta_{neo-C5H12 \times H_2}$	0	$NEC_5 \cdot H_2$
$\beta_{N_2 \times CO_2}$	1 156,200 327 160 21	$N_2 \cdot CO_2$
$\beta_{(N_2)^2 \times CO_2}$	359,342 203 118 816	$(N_2^2) \cdot CO_2$
$\beta_{N_2 \times CO}$	6 076,818 092 916 31	$N_2 \cdot CO$
$\beta_{(N_2)^2 \times CO}$	389,853 153 629 781	$(N_2^2) \cdot CO$
$\beta_{N_2 \times (CO)^2}$	367,319 351 280 689	$N_2 \cdot (CO^2)$
$\beta_{N_2 \times H_2}$	1 506,655 641 914 57	$N_2 \cdot H_2$
$\beta_{CO_2 \times CO}$	6 557,376 349 418 7	$CO_2 \cdot CO$
$\beta_{(CO_2 \times CO)^2}$	1 824,585 879 374 03	$(CO_2 \cdot CO)^2$
$\beta_{CO_2 \times H_2}$	1 924,917 595 080 54	$CO_2 \cdot H_2$
$\beta_{(CO_2 \times H_2)^2}$	-1 656,219 745 263 47	$(CO_2 \cdot H_2)^2$
$\beta_{CO \times H_2}$	6 896,458 388 070 18	$CO \cdot H_2$
$\beta_{(CO \times H_2)^2}$	911,791 848 875 967	$(CO \cdot H_2)^2$

Um das Verfahren bezüglich des Maßstabs auf derzeit angewendete Methanzahl-Verfahren abzustimmen, wurde die propanbasierte Skala in eine Skala von 0 bis 100 umgerechnet, die in Gleichung (A.4) mit $MZ_{(PKI)}$ bezeichnet wird.

$$MZ_{(PKI)} = a_1 PKI + a_2 PKI^2 + a_3 PKI^3 + a_4 PKI^4 + a_5 PKI^5 + a_6 PKI^6 + b \quad (A.4)$$