

DIN EN 16726

ICS 75.060

Ersatz für
DIN EN 16726:2016-04**Gasinfrastruktur –
Beschaffenheit von Gas –
Gruppe H;
Deutsche Fassung EN 16726:2015+A1:2018**

Gas infrastructure –
Quality of gas –
Group H;
German version EN 16726:2015+A1:2018

Infrastructures gazières –
Qualité du gaz –
Groupe H;
Version allemande EN 16726:2015+A1:2018

Diese Norm wurde in das DVGW-Regelwerk aufgenommen.

Gesamtumfang 55 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 16726:2015+A1:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird, unter Mitwirkung des DIN-Normenausschusses Gastechnik (NAGas) erstellt.

Diese Europäische Norm behandelt die Anforderungen an und die Prüfverfahren für Erdgas der Gruppe H.

Derzeit wird die Beschaffenheit von Gasen in der öffentlichen Gasversorgung einschließlich Erdgas der Gruppe H durch das DVGW-Arbeitsblatt G 260 „Gasbeschaffenheit“ geregelt. Dieses Arbeitsblatt wird mit Erscheinen dieser Europäischen Norm überarbeitet, um eventuelle inhaltliche Widersprüche auszuräumen. DVGW-Arbeitsblatt G 260 wird jedoch weiterhin erhalten bleiben, da in diesem Arbeitsblatt auch andere Gase als Erdgas der Gruppe H spezifiziert werden und darüber hinaus für Erdgas H Aussagen über einige kalorimetrische Parameter enthält, zu denen in dieser vorliegenden Fassung dieser Europäischen Norm aufgrund fehlender Einigung im europäischen Rahmen keine Aussage enthalten ist. Insbesondere zum Wobbe-Index findet sich in dieser Norm bislang keine konkrete Angabe, so dass für diese kalorimetrischen Eigenschaften von Erdgas H bis zum Erscheinen der Folgeausgabe dieser Europäischen Norm weiterhin die Angaben des DVGW-Arbeitsblattes G 260 gelten. Weiteres zu diesem Sachverhalt siehe im informativen Anhang D dieser Europäischen Norm.

Diese Europäische Norm ist vorgesehen als Bestandteil des DVGW-Regelwerkes „GAS“.

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

ISO 14912 siehe DIN EN ISO 14912

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16726:2016-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) A-Abweichung für Dänemark aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 16726: 2016-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 14912, *Gasanalyse — Umrechnung von Zusammensetzungsangaben für Gasgemische*

Deutsche Fassung
Gasinfrastruktur —
Beschaffenheit von Gas —
Gruppe H

Gas infrastructure —
Quality of gas —
Group H

Infrastructures gazières —
Qualité du gaz —
Groupe H

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Oktober 2015 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 28. März 2018 vom CEN angenommen wurde.

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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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 Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Referenzbedingungen und Druckeinheiten	7
5 Anforderungen	8
Anhang A (normativ) Berechnung der Methanzahl von gasförmigen Kraftstoffen für Motoren	11
A.1 Einleitung	11
A.2 Berechnung der Methanzahl	11
A.2.1 Anwendbarkeit	11
A.2.2 Allgemeiner Ansatz	11
A.3 Beispiel 1: 2H-Gas	12
A.3.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	12
A.3.2 Auswahl des ternären Systems	13
A.3.3 Unterteilung des inertgasfreien Gemisches in die gewählten Teilgemische	16
A.3.4 Berechnung der Methanzahl der Teilgemische	16
A.3.5 Anpassung der Zusammensetzung und des Anteils der Teilgemische	16
A.3.6 Berechnung der Methanzahl des vereinfachten Gemisches	17
A.3.7 Berechnung der Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs	18
A.4 Beispiel 2: Angereichertes Biomethan	18
A.4.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	18
A.4.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme	18
A.4.3 Auswahl von ternären Gemischen	19
A.4.4 Berechnung der Methanzahl	19
A.5 Beispiel 3: 2H-Gas mit Zugabe von Wasserstoff	19
A.5.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	19
A.5.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme	19
A.5.3 Auswahl von ternären Gemischen	20
A.5.4 Berechnung der Methanzahl	20
A.5.5 Zusätzliche numerische Beispiele	21
Anhang B (informativ) Schwefel	33
B.1 Allgemeines	33
B.2 Gesamtschwefel von Odoriermitteln	33
Anhang C (informativ) Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt	39
C.1 Wassertaupunkt	39
C.2 Kohlenwasserstofftaupunkt	39
Anhang D (informativ) Hintergrund für die Nichtaufnahme eines Wobbe-Indexbereichs in diese Norm	40
D.1 Allgemeines	40
D.1.1 Einleitung	40
D.1.2 Regionale Unterschiede in der Gaszusammensetzung	40
D.1.3 Regionale Unterschiede hinsichtlich Installations- und Betriebspraxis	40

D.2	Ein gemeinsamer Wobbe-Indexbereich.....	42
Anhang E (informativ)	Wasserstoff — Zulässige Konzentrationen in Erdgasnetzen.....	43
Anhang F (informativ)	Probenahme	44
Anhang G (informativ)	A-Abweichungen	45
Literaturhinweise.....		52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16726:2015+A1:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2019 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.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben.

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, die von CEN am 2018-03-28 angenommen wurde.

Dieses Dokument ersetzt EN 16726:2015.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** **A1** angegeben.

Die Notwendigkeit einer Europäischen Norm zur Spezifikation der Beschaffenheit von Gasen der Gruppe H ergibt sich aus dem von der Europäischen Kommission an CEN erteilten Mandat M/400.

In Übereinstimmung mit dem Mandat besteht das Ziel darin, so weit wie möglich gefasste Spezifikationen zu vertretbaren Kosten zu definieren. Dies heißt, dass die Spezifikationen den freien Gasverkehr auf dem EU-Binnenmarkt erhöhen, um den Wettbewerb und die Versorgungssicherheit bei gleichzeitiger Minimierung der negativen Auswirkungen auf die Gasinfrastruktur und Gasnetze, Effizienz und Umwelt zu fördern, und die Nutzung von Geräten zu gestatten, ohne die Sicherheit zu gefährden.

Aufgrund widersprechender Bestimmungen der nationalen Gesetzgebungen können einige der in Abschnitt 5 dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen in **A1** Dänemark **A1**, Deutschland, Ungarn und den Niederlanden nicht angewendet werden. Die damit verbundenen A-Abweichungen sind in Anhang G dargestellt.

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.

Einleitung

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Beschaffenheit von Gas fest, mit dem Ziel, einen freien Gasverkehr zwischen den CEN-Mitgliedstaaten zu gestatten sowie die Versorgungssicherheit unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette, von der Produktion und Lieferung bis zum letztendlichen Verbrauch, zu ermöglichen.

Aufgrund der unterschiedlichen Vorschriften in den CEN-Mitgliedstaaten sowie aufgrund mangelnder Kenntnisse hinsichtlich der Auswirkungen einer Erweiterung des Wobbe-Indexbereichs auf die Integrität, den Wirkungsgrad und die sichere Verwendung von Geräten in einigen Ländern (siehe Anhang D), kann zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Europäischen Norm kein gemeinsamer Wobbe-Indexbereich festgelegt werden.

Zur Feststellung eines gemeinsamen Wobbe-Indexbereichs sind weiterführende Studien, wie z. B. der Gas Quality Harmonization Implementation Pilot (Pilotprojekt zur Implementierung der Harmonisierung der Gasbeschaffenheit), erforderlich. Der Wobbe-Index sollte festgelegt werden, sobald die noch ausstehenden Ergebnisse dieser Studien vorliegen. Der gemeinsame Wobbe-Indexbereich sollte zu gegebener Zeit in einer überarbeiteten Norm eingeführt werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nicht möglich, einen Grenzwert für Wasserstoff anzugeben, der in allen Teilen der europäischen Gasinfrastruktur eine allgemeine Gültigkeit erlangen würde (siehe Anhang E).

Angelegenheiten hinsichtlich der Verantwortlichkeit und Haftung im Zusammenhang mit dieser Europäischen Norm unterliegen europäischen oder nationalen Vorschriften.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Kenngrößen und Parameter sowie die zugehörigen Grenzwerte für die Beschaffenheit von als Gruppe H eingeteilten Gasen fest, die zu transportieren, in Speicher ein- und aus Speichern auszuspeisen, zu verteilen und zu verbrauchen sind.

ANMERKUNG Für Informationen zu Gasfamilien und Gasgruppen siehe EN 437.

Diese Europäische Norm umfasst keine Gase, die in isolierten Netzen befördert werden.

Für Biomethan gelten die zusätzlichen Anforderungen nach EN 16723-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

EN ISO 13443, *Erdgas — Standardbezugsbedingungen (ISO 13443)*

EN ISO 14532, *Erdgas — Begriffe (ISO 14532)*

ISO 14912, *Gas analysis — Conversion of gas mixture composition data*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 14532 und die folgenden Begriffe.

3.1
isoliertes Netz
abgetrenntes Netz
Netz, bei dem Transport, Verteilung und Verbrauch des Gases miteinander verbunden sind und das physisch nicht mit anderen Netzen verbunden ist

3.2
Eintrittsstelle
Einspeisestelle
Stelle, an der das Gas in ein Gasverteilungs- oder Gastransportnetz eintritt

3.3
Kopplungspunkt
physischer Punkt, der benachbarte Einspeise-Ausspeisesysteme miteinander oder ein Einspeise-Ausspeisesystem mit einer Verbindungsleitung verbindet

[QUELLE: Verordnung (EU) Nr. 984/2013 der Kommission, modifiziert]

3.4
maximal zulässiger Betriebsdruck
höchster Druck, bei dem ein Netz unter normalen Bedingungen dauernd betrieben werden kann, angegeben als absoluter Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Normale Bedingungen sind: keine Störung in irgendeiner Einrichtung oder im Gasfluss.

[QUELLE: EN 1594:2013, Begriff 3.23, modifiziert]

3.5

Anwendung

Einrichtung, die das transportierte und verteilte Gas verbraucht

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Gasanwendungen sind: Gasgeräte (häuslich oder gewerblich), Prozesse (Chemie oder Industrie), Kraftwerke, Fahrzeuge, Gewächshäuser usw.

4 Referenzbedingungen und Druckeinheiten

Sofern nicht anders angegeben, sind sämtliche Volumina für trockenes, reales Gas unter Standardreferenzbedingungen nach ISO von 15 °C (288,15 K) und 1013,25 mbar (101,325 kPa) angeführt. Sofern nicht anders angegeben, sind sämtliche Drücke absolute Drücke.

Wann immer Daten über das Volumen, den Brennwert (GCV, en: gross calorific value), die Energie und den Wobbe-Index angeführt werden, ist anzugeben, unter welchen Referenzbedingungen diese Werte berechnet wurden.

Bei der Beurteilung der Übereinstimmung mit der vorliegenden Europäischen Norm sollten die Parameter direkt bei den Standardreferenzbedingungen nach ISO bestimmt werden. Wenn die Eigenschaften nur bei anderen Referenzbedingungen vorliegen und die tatsächliche Gaszusammensetzung nicht bekannt ist, muss eine Umrechnung auf die Standardreferenzbedingungen nach ISO nach dem in EN ISO 13443 beschriebenen Verfahren erfolgen.

ANMERKUNG Zusätzlich zu den Standardreferenzbedingungen nach ISO werden, insbesondere beim Gastransport, normale Referenzbedingungen (25/0 °C) nach dem Network Code Interoperability and Data exchange (Netzkodex mit Vorschriften für die Interoperabilität und den Datenaustausch) verwendet. Diese sind zu Informationszwecken in Tabelle 1 angegeben.

5 Anforderungen

Gas muss den Anforderungen in Tabelle 1 entsprechen und für die Beförderung zugelassen sein.

Tabelle 1 — Anforderungen

Parameter	Einheit	Grenzwerte auf Grundlage der Standardreferenzbedingung 15°C/15°C		Grenzwerte auf Grundlage der normalen Referenzbedingung 25°C/0°C (zu Informationszwecken)		Bezugsnormen für Prüfverfahren ^d (informativ)
		Min.	Max.	Min.	Max.	
Relative Dichte	keine Einheit	0,555	0,700	0,555	0,700	EN ISO 6976, EN ISO 15970
Gesamt-schwefel ohne Odoriermittel	mg/m ³	nicht anwendbar	20 ^a	nicht anwendbar	21 ^a	EN ISO 6326-5, EN ISO 19739
Der für die Beförderung maximal zulässige Schwefelgehalt in Hochdrucknetzen und an Kopplungspunkten beträgt 20 mg/m³, wobei als gängige Praxis in Hochdrucknetzen nicht odoriertes Gas verwendet wird. Bei bestehenden Praktiken in Bezug auf den Transport von odoriertem Gas zwischen Hochdrucknetzen darf jedoch ein höherer Schwefelgehalt von bis zu 30 mg/m³ zugelassen werden. ANMERKUNG Bei Verteilungsnetzen wird die Odorierung als nationale Sicherheitsangelegenheit betrachtet. Anhang B vermittelt Informationen bezüglich des Gehalts an Schwefel und Odoriermittel.						
Schwefel-wasserstoff und Kohlenstoff-oxidsulfid (als Schwefel)	mg/m ³	nicht anwendbar	5 ^a	nicht anwendbar	5 ^a	EN ISO 6326-1, EN ISO 6326-3, EN ISO 19739
Merkaptan-Schwefel ohne Odoriermittel (als Schwefel)	mg/m ³	nicht anwendbar	6 ^a	nicht anwendbar	6 ^a	EN ISO 6326-3, EN ISO 19739
Sauerstoff	mol/mol	nicht anwendbar	0,001 % oder 1 % (siehe nachstehend)	nicht anwendbar	0,001 % oder 1 % (siehe nachstehend)	EN ISO 6974-3, EN ISO 6974-6, EN ISO 6975
An Einspeisestellen des Netzes und an Kopplungspunkten darf der maximale Stoffmengenanteil von Sauerstoff, angegeben als gleitender 24-Stunden-Tagesmittelwert, nicht mehr als 0,001 % betragen. Wo jedoch nachgewiesen werden kann, dass das Gas nicht in Anlagen fließt, die gegenüber höheren Konzentrationen von Sauerstoff empfindlich sind, wie z. B. unterirdische Speicheranlagen, darf ein höherer Grenzwert von bis zu 1 % angewendet werden.						

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Parameter	Einheit	Grenzwerte auf Grundlage der Standardreferenzbedingung 15°C/15°C		Grenzwerte auf Grundlage der normalen Referenzbedingung 25°C/0°C (zu Informationszwecken)		Bezugsnormen für Prüfverfahren ^d (informativ)
		Min.	Max.	Min.	Max.	
Kohlenstoffdioxid	mol/mol	nicht anwendbar	2,5 % oder 4 % (siehe nachstehend)	nicht anwendbar	2,5 % oder 4 % (siehe nachstehend)	EN ISO 6974, Teile 1 bis 6, EN ISO 6975
	An Einspeisestellen des Netzes und an Kopplungspunkten darf der maximale Stoffmengenanteil von Kohlenstoffdioxid nicht mehr als 2,5 % betragen. Wo jedoch nachgewiesen werden kann, dass das Gas nicht in Anlagen fließt, die gegenüber höheren Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid empfindlich sind, wie z. B. unterirdische Speicheranlagen, darf ein höherer Grenzwert von bis zu 4 % angewendet werden.					
Kohlenwasserstofftaupunkt ^{b,c} bei jedem Druck von 0,1 MPa bis 7 MPa (70 bar) absoluter Druck	°C	nicht anwendbar	–2	nicht anwendbar	–2	ISO 23874, ISO/TR 12148
Wassertaupunkt ^{b,c} bei 7 MPa (70 bar) oder, falls weniger als 7 MPa (70 bar), bei dem maximal zulässigen Betriebsdruck des Netzes, in dem das Gas fließt	°C	nicht anwendbar	–8	nicht anwendbar	–8	EN ISO 6327, EN ISO 18453, EN ISO 10101, Teile 1 bis 3
Methanzahl	keine Einheit	65	nicht anwendbar	65	nicht anwendbar	Siehe normativen Anhang A
Verunreinigungen	Das Gas muss zu einem Grad frei von allen Bestandteilen sein, die nicht in Tabelle 1 aufgeführt sind, dass es ohne Qualitätsanpassung oder Aufbereitung transportiert, gespeichert und/oder genutzt werden kann.					
^a Aufgrund analytischer Unsicherheit werden Zahlenwerte ohne Ziffern hinter dem Komma angegeben.						
^b Unter bestimmten klimatischen Bedingungen dürfen auf nationaler Ebene ein höherer Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt zugelassen werden.						
^c Für weitergehende Informationen zu Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt siehe Anhang C.						
^d Es dürfen auch andere Prüfverfahren angewendet werden als in Tabelle 1 angeführt, vorausgesetzt, ihre Gebrauchstauglichkeit kann nachgewiesen werden.						

Die Gasbeschaffenheit darf die Sicherheit von Gasgeräten und den Betrieb von Endverbrauchern nicht behindern. Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

ANMERKUNG Anwendungen sind gegenüber Schwankungen in der Gasbeschaffenheit, je nach Art der Anwendung und dem Ausmaß der Schwankung, empfindlich.

Für die Probenahme wird auf Anhang F verwiesen.

Anhang A (normativ)

Berechnung der Methanzahl von gasförmigen Kraftstoffen für Motoren

A.1 Einleitung

Die Methanzahl eines gasförmigen Kraftstoffes kann nach mehreren verschiedenen Verfahren aus dessen Zusammensetzung berechnet werden, wobei alle zu verschiedenen Ergebnissen führen können. Zum Zweck der Einhaltung dieser Europäischen Norm muss das in diesem Anhang beschriebene Verfahren angewendet werden.

Das Verfahren beruht auf den Ausgangsdaten des durch die AVL Deutschland GmbH /1/ für die FVV (die Forschungsvereinigung für Verbrennungskraftmaschinen) durchgeführten Forschungsprogramms, nutzt jedoch die durch die MWM GmbH 2005 und 2011 vorgenommenen Änderungen. Diese Änderungen wurden bis zur Veröffentlichung der vorliegenden Europäischen Norm nicht veröffentlicht.

Das Verfahren erfordert die Eingabe der Zusammensetzung in Form von Volumenanteilen in Prozent bei Referenzbedingungen von 0 °C und 101,325 kPa. Die Zusammensetzung ist wahrscheinlich eher entweder als Stoffmengenanteil (z. B. im Bereich von Erdgastransport und -verteilung) oder als Massenanteil (z. B. in der Kraftstoffbranche) verfügbar und die Umrechnung in Volumenanteil muss unter Anwendung der in ISO 14912 angeführten Verfahren erfolgen.

Zahlenbeispiele sind angeführt, um Softwareentwicklern die Validierung der Umsetzungen des in diesem Anhang beschriebenen Verfahrens zu ermöglichen. Zur Unterstützung der Validierung wurde eine verhältnismäßig große Anzahl von Dezimalstellen belassen. Zur Angabe des Endergebnisses wird ein Runden auf ganzzahlige Werte empfohlen.

A.2 Berechnung der Methanzahl

A.2.1 Anwendbarkeit

Das in dieser Europäischen Norm beschriebene Verfahren ist anwendbar auf gasförmige Kraftstoffe, die aus den folgenden Gasen bestehen: Kohlenstoffmonoxid; Butadien; Butylen; Ethylen; Propylen; Schwefelwasserstoff; Wasserstoff; Propan; Ethan; Butan; Methan; Stickstoff und Kohlenstoffdioxid. Das Verfahren behandelt andere Kohlenwasserstoffe als die als Butan festgelegten Kohlenwasserstoffe und ist demzufolge auf gasförmige Kraftstoffe, die solche höheren Kohlenwasserstoffe enthalten, anwendbar.

Die in diesem Anhang angeführten Zahlenbeispiele gelten für Gase der zweiten Familie und berücksichtigen somit Gemische, die aus Methan, Ethan, Propan, Butan, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid bestehen. Aufgrund des wachsenden Interesses an der Einspeisung von Wasserstoff in Gasleitungen wurde in ein Beispiel auch Wasserstoff aufgenommen. Während der Erstellung dieser Norm wurde durch die MWM GmbH bestätigt, dass das Verfahren sowohl auf 2H-Gase als auch auf 2L-Gase anwendbar ist.

Sauerstoff und Wasserdampf sind zu vernachlässigen und die Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs muss auf wasserfreier und sauerstofffreier Bezugsbasis berechnet werden.

A.2.2 Allgemeiner Ansatz

Die Methanzahl eines gasförmigen Kraftstoffs wird in fünf Schritten aus dessen Zusammensetzung berechnet. Die Schritte sind nachstehend kurz dargestellt und werden in A. 3 der Reihe nach eingehender

behandelt. In A. 4 und A. 5 werden zusätzliche Beispiele erörtert. In Tabelle A.10 sind zur weiterführenden Validierung von Software Ergebnisse von Berechnungen angeführt.

- a) Die Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffes wird vereinfacht, indem eine Umrechnung in ein inertgasfreies Gemisch erfolgt, das aus den brennbaren Verbindungen Kohlenstoffmonoxid, Ethylen, Propylen, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Propan, Ethan, Butan und Methan besteht.

Bei Gasen der zweiten Familie, die in Rohrleitungssystemen befördert werden, sind Kohlenstoffmonoxid, Ethylen, Propylen, Schwefelwasserstoff wahrscheinlich kaum in Konzentrationen vertreten, die sich auf die Methanzahl auswirken, und können deshalb vernachlässigt werden.

- b) Das vereinfachte Gemisch wird weiter in eine Reihe von ternären Teilgemischen unterteilt. Die Anzahl und die jeweiligen gewählten ternären Teilgemische ergeben sich aus der Betrachtung von verfügbaren ternären Systemen in einer bestimmten Reihenfolge, einschließlich der Systeme, die die betreffenden brennbaren Verbindungen enthalten. Die Auswahl ist beendet, wenn sämtliche brennbaren Verbindungen in mindestens zwei ternären Systemen enthalten sind.
- c) Die Zusammensetzung und der Anteil der gewählten Teilgemische werden iterativ angepasst, um den Unterschied zwischen den Methanzahlen der einzelnen Teilgemische zu minimieren.
- d) Die Methanzahl des vereinfachten Gemisches wird aus dem gewichteten Mittelwert der Methanzahl der gewählten Teilgemische bestimmt.
- e) Abschließend wird die Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs durch Korrektur der Methanzahl des vereinfachten Gemisches zur Berücksichtigung des Vorhandenseins von Inertgasen im ursprünglichen gasförmigen Kraftstoff berechnet.

A.3 Beispiel 1: 2H-Gas

A.3.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs

Die Beschreibung der Berechnung wird durch Bezugnahme auf ein 2H-Gas mit einer in Tabelle A.1 angeführten Zusammensetzung veranschaulicht. Die Zusammensetzung des Gases (Spalte 1) ist durch Erhöhung der Menge an Butanen vereinfacht, um das Vorhandensein von Butadien, Butylen, Pentanen und Kohlenwasserstoffen mit einer Kohlenstoffzahl von mehr als 5 zu berücksichtigen. Die Anpassung erfolgt wie folgt:

- Butadien und Butylen werden durch eine äquivalente Menge an Butanen ersetzt, indem deren Mengen mit 1 multipliziert werden.
- Pentane werden durch eine äquivalente Menge an Butanen ersetzt, indem die Menge von Pentanen mit 2,3 multipliziert wird.
- Kohlenwasserstoffe mit einer Kohlenstoffzahl von mehr als 5 („Hexane+“) werden durch eine äquivalente Menge an Butanen ersetzt, indem die Menge von Hexanen+ mit 5,3 multipliziert wird.

Im Fall von Beispiel 1 beträgt die Menge an Butanen

$$0,210\ 0 + 0,190\ 0 + (0,040\ 0 + 0,050\ 0) \times 2,3 + 0,060\ 0 \times 5,3$$
$$= 0,925\ 0 \text{ (Spalte 2)}$$

Das vereinfachte Gemisch wird anschließend erneut auf 100 % normiert (Spalte 3).

A.3.2 Auswahl des ternären Systems

A.3.2.1 Ternäre Gemische

Die ternären Gemische werden aus der folgenden Liste ausgewählt:

- A1: Methan – Wasserstoff – Ethan
- A2: Propan – Ethan – Butan
- A3: Wasserstoff – Propan – Propylen
- A4: Methan – Ethan – Propan
- A5: Methan – Wasserstoff – Propan
- A6: Methan – Wasserstoff – Butan
- A7: Methan – Propan – Butan
- A8: Methan – Ethan – Butan
- A9: Methan – Ethylen – Butan
- A10: Methan – Schwefelwasserstoff – Butan
- A11: Methan – Ethan – Schwefelwasserstoff
- A12: Methan – Propylen
- A13: Ethan – Propylen
- A14: Kohlenstoffmonoxid – Wasserstoff
- A15: Ethan – Ethylen
- A16: Propan – Ethylen
- A17: Butadien
- A18: Butylen

ANMERKUNG Die Gemische A12 bis A16 sind eindeutig keine ternären Systeme; zur Erleichterung der mathematischen Aufbereitung wurden die Koeffizienten jedoch so angepasst, dass die Darstellung der Methanzahl mit einer einzigen Gleichung möglich ist.

A.3.2.2 Bereich der Anwendbarkeit der Daten von ternären Gemischen

Der Bereich der Anwendbarkeit der meisten ternären Systeme ist breit (jede Komponente kann von 0 % bis 100 % schwanken). Einige ternäre Systeme weisen jedoch einen geringeren Bereich der Anwendbarkeit auf. Das ist ein Hauptpunkt bei der Auswahl ternärer Gemische. Der Bereich der Anwendbarkeit jedes ternären Systems ist in Tabelle A.2 festgelegt, angegeben in Form des maximalen und minimalen Gehalts jeder Komponente.

A.3.2.3 Faktoren, die den Prozess der Auswahl eines ternären Systems beeinflussen

Die ternären Systeme werden nach drei hauptsächlich Gesichtspunkten ausgewählt:

- Die Anzahl der Gase im ternären System, die im vereinfachten Gemisch vorhanden sind. Vorrang haben immer ternäre Systeme, bei denen alle drei der Komponenten in dem vereinfachten Gemisch vorhanden sind. Sind in dem vereinfachten Gemisch nicht genügend Systeme mit drei Komponenten verfügbar, sind Systeme zulässig, bei denen zwei der Komponenten in dem vereinfachten Gemisch vorhanden sind.
- Wenn eine Auswahl von ternären Systemen vorhanden ist, hat das System mit der besten Eignung W_j Vorrang.
- Jede Komponente in dem vereinfachten Gemisch muss in mindestens zwei ternären Systemen vertreten sein.

Die Eignung eines Systems wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$W_j = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_i \cdot \min(100, V_{\max_{i,j}} 15))}{V_{\text{sum}_i}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

n die Anzahl der Komponenten im vereinfachten Gemisch

V_i der Volumenanteil der Komponente i im vereinfachten Gemisch

$V_{\max_{i,j}}$ der maximale Gehalt der Komponente i im Bereich der Anwendbarkeit von System j

V_{sum_i} die Summe aller maximalen Gehalte von Komponente i im Bereich der Anwendbarkeit aller Systeme, d. h.:

$$V_{\text{sum}_i} = \sum_{j=1}^{j=18} \min(100, (V_{\max_{i,j}} + 15)) \quad (\text{A.2})$$

Die Werte von V_{sum_i} sind unabhängig von der Zusammensetzung des vereinfachten Gemisches. W_j ist jedoch abhängig von der Zusammensetzung des vereinfachten Gemisches und muss deshalb vor der Auswahl berechnet werden. Es ist zu beachten, dass das auch bedeutet, dass sich die Auswahl ternärer Systeme für Gemische unterscheiden kann, die die gleichen Komponenten, jedoch in unterschiedlichen Anteilen enthalten.

Im Fall von Beispiel 1 ist die Berechnung von V_{sum_i} und W_j in den Tabellen A.3 bzw. A.4 dargestellt.

A.3.2.4 Beschreibung des Prozesses der Auswahl des ternären Systems

Das Ziel besteht darin, die optimale Anzahl von ternären Systemen zu ermitteln, die die drei in A.3.2.3 beschriebenen Kriterien erfüllen, und das wird durch Berücksichtigung jeder im vereinfachten Gemisch vorliegenden Komponente in der folgenden Reihenfolge erreicht:

- 1) Kohlenstoffmonoxid
- 2) Butadien

- 3) Butylen
- 4) Ethylen
- 5) Propylen
- 6) Schwefelwasserstoff
- 7) Wasserstoff
- 8) Propan
- 9) Ethan
- 10) Butan
- 11) Methan

Schritt 1: Für die erste Komponente im vereinfachten Gemisch wird ein ternäres System gewählt, das diese Komponente enthält. Die Vorrangigkeit bei der Auswahl ist wie folgt:

- a) Ternäre Systeme, bei denen alle drei Komponenten im vereinfachten Gemisch vorliegen, haben Vorrang gegenüber Systemen, in denen eine oder zwei Komponenten vorliegen.
- b) Das ternäre Gemisch mit der besten Eignung hat Vorrang.

Schritt 2: Anschließend wird die zweite Komponente im vereinfachten Gemisch betrachtet. Wenn diese Komponente nicht im ternären System vertreten ist, das für die erste Komponente gewählt wurde, dann wird unter Anwendung der gleichen Vorrangigkeit bei der Auswahl wie in Schritt 1 ein ternäres System für diese Komponente gewählt. Wenn das für die erste Komponente gewählte System jedoch die zweite Komponente enthält, wird mit der Auswahl für die dritte Komponente fortgefahren (Schritt 3).

Schritt 3: Anschließend werden die dritte, vierte, fünfte usw. Komponente auf die gleiche Weise wie in den Schritten 1 bis 2 betrachtet.

Schritt 4: Wenn alle Komponenten im vereinfachten Gemisch einmal untersucht wurden, werden die Schritte 1 bis 3 in der gleichen Reihenfolge der Komponenten wiederholt. Wenn eine beliebige Komponente in nur einem gewählten ternären Gemisch vertreten ist, dann wird ein zusätzliches ternäres Gemisch gewählt, wobei erneut die gleiche Vorrangigkeit bei der Auswahl wie in Schritt 1 Anwendung findet.

Der Auswahlprozess ist beendet, wenn sämtliche Komponenten im vereinfachten Gemisch in mindestens zwei ternären Systemen vertreten sind.

Im Fall von Beispiel 1 gilt:

- Die erste Komponente im vereinfachten Gemisch ist Propan und dieses ist in vier ternären Systemen vertreten, bei denen alle Komponenten im vereinfachten Gemisch vorliegen — A2, A4, A7 und A8. In diesem Fall wird A4 gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (d. h. 10,313 8).
- Die zweite Komponente im vereinfachten Gemisch ist Ethan und dieses ist bereits im System A4 vertreten, so dass kein ternäres Gemisch gewählt wird.
- Die dritte Komponente im vereinfachten Gemisch ist Butan, das nicht im System A4 vertreten ist; folglich wird die Auswahl des Systems fortgesetzt und das System A8 gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (d. h. 10,285 9).