

DIN EN 16726



ICS 75.060

Entwurf

Einsprüche bis 2024-04-02
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 16726:2019-11
Siehe Anwendungsbeginn

**Gasinfrastruktur –
Beschaffenheit von Gas –
Gruppe H;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16726:2023**

Gas infrastructure –
Quality of gas –
Group H;
German and English version prEN 16726:2023

Infrastructures gazières –
Qualité du gaz –
Groupe H;
Version allemande et anglaise prEN 16726:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-02-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 158 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16726:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ 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 auch durch das DVGW-Arbeitsblatt G 260 „Gasbeschaffenheit“ geregelt, da in der Erstausgabe von DIN EN 16726 vor Allem Angaben zu kalorimetrischen Größen nicht festgelegt wurden. Dieses Arbeitsblatt wird derzeit mit Erscheinen dieser Europäischen Norm dahingehend überarbeitet, dass eventuelle inhaltliche Widersprüche ausgeräumt werden. DVGW-Arbeitsblatt G 260 wird jedoch weiterhin erhalten bleiben, da in diesem Arbeitsblatt auch zu anderen Gase als Erdgas der Gruppe H Festlegungen getroffen worden sind.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16726:2019-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme einer Anforderung an den Wobbe-Index (5.3), insbesondere einer Anforderung an eine Ausgangsklassifizierung des Wobbe-Index und einer Anforderung an einen Eingangs-Wobbe-Index und den dazugehörigen informativen Anhängen: Anhang H – Begrenzungen der Gas-Endanwendungen, um mit dem breiten Eingangs-Wobbe-Bereich umgehen zu können; Anhang I – Allgemeine Betrachtungen zur Einstellung und Nachstellung häuslicher und gewerblicher Geräte; Anhang J – Vor-Ort-Einstellung von Endverbrauchsanwendungen;
- b) Zufügung einer zulässigen Wasserstoffkonzentration (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und der dazugehörige informative Anhang E;
- c) Überarbeitung der Untergrenze der relativen Dichte (Abschnitt 5.1, Tabelle 1);
- d) Überarbeitung des zulässigen Sauerstoffgehalts (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs B;
- e) Überarbeitung des zulässigen Schwefelgehalts (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs C;
- f) Klarstellung zur zulässigen Methanzahl in diesem Dokument (Abschnitt 5.1, Tabelle 1, Anmerkung g) bezüglich der allgemeinen Auslegung von Motoren und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs F.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 14912, *Gasanalyse — Umrechnung von Zusammensetzungsangaben für Gasgemische*
(ISO 14912:2003); Deutsche Fassung EN ISO 14912:2006

DIN EN ISO 23874, *Erdgas — Gaschromatographische Anforderungen für die Berechnung des Taupunktes von Kohlenwasserstoff* (ISO 23874:2006); Deutsche Fassung EN ISO 23874:2018

– Leerseite –

Dezember 2023

prEN 16726

Gasinfrastruktur – Beschaffenheit von Gas – Gruppe H

Gas infrastructure – Quality of gas – Group H

Infrastructures gazières – Qualité du gaz – Groupe H

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Referenzbedingungen und Druckeinheiten	11
5 Anforderungen	12
5.1 Anforderungen an die Gasbeschaffenheit	12
5.2 Wobbe-Bereich am Netzzugangspunkt (Empfehlung)	15
5.3 Wobbe-Index-Einteilung am Ausspeisepunkt	15
5.3.1 Allgemeines	15
5.3.2 Definition der Klassen	16
5.3.3 Klasse „festgelegt“	17
5.3.4 Klasse „erweitert“	18
5.3.5 Akzeptable Abweichung von einer definierten Klasse	19
5.3.6 Übergangszeitraum für die Einführung der Wobbe-Index-Klassifikation	20
5.4 Auswirkungen der Einspeisung von Wasserstoff auf die Gasbeschaffenheit	20
5.5 Probenahme	20
Anhang A (normativ) Berechnung der Methanzahl von gasförmigen Kraftstoffen für Motoren . .	21
A.1 Einleitung	21
A.2 Berechnung der Methanzahl	21
A.2.1 Anwendbarkeit	21
A.2.2 Allgemeiner Ansatz	21
A.3 Beispiel 1: 2H-Gas	22
A.3.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	22
A.3.2 Auswahl des ternären Systems	22
A.3.3 Unterteilung des inertgasfreien Gemisches in die gewählten Teilgemische	25
A.3.4 Berechnung der Methanzahl der Teilgemische	26
A.3.5 Anpassung der Zusammensetzung und des Anteils der Teilgemische	26
A.3.6 Berechnung der Methanzahl des vereinfachten Gemisches	27
A.3.7 Berechnung der Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs	27
A.4 Beispiel 2: Angereichertes Biomethan	28
A.4.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	28
A.4.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme	28
A.4.3 Auswahl von ternären Gemischen	28
A.4.4 Berechnung der Methanzahl	28
A.5 Beispiel 3: 2H-Gas mit Zugabe von Wasserstoff	29
A.5.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs	29
A.5.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme	29
A.5.3 Auswahl von ternären Gemischen	29
A.5.4 Berechnung der Methanzahl	29
A.5.5 Zusätzliche numerische Beispiele	30
Anhang B (informativ) Sauerstoff	45
B.1 Ursprung des Sauerstoffs	45
B.2 Herausforderungen im Zusammenhang mit Sauerstoff im Gas	45
B.3 Möglichkeiten der Abhilfe	46
B.4 Messung des Sauerstoffs	46
Anhang C (informativ) Schwefel	47
C.1 Allgemeines	47
C.2 Gesamtschwefel von Odoriermitteln	47
Anhang D (informativ) Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt	52

D.1	Wassertaupunkt	52
D.2	Kohlenwasserstofftaupunkt	52
Anhang E (informativ)	Wasserstoff	53
Anhang F (informativ)	Methanzahl	55
Anhang G (informativ)	Mögliche Abhilfemaßnahmen bei Änderung des Wobbe-Index	56
Anhang H (informativ)	Beschränkungen der Endverbrauchsgasanwendungen, um den breiten Wobbe-Index-Eingabebereich zu bewältigen	58
Anhang I (informativ)	Allgemeine Überlegungen zur Einstellung und Neueinstellung von Haushalts- und Gewerbegeräten	59
I.1	Grundlagen	59
I.2	Anpassung vor Ort heute	63
I.3	Virtuelle Neuausrichtung auf G20 vor Ort	63
I.4	Vor- und Nachteile der „virtuellen Anpassung“	67
Anhang J (informativ)	Vor-Ort-Anpassung der Endverbrauchsanwendungen im Zusammenhang mit dem Wobbe-Index-Ausgangsvorschlag	69
J.1	Allgemein	69
J.2	Verbrennung	69
J.3	Verbrennungseinstellungen	70
J.4	Anpassung der Verbrennungseinstellungen vor Ort	71
J.5	Vor-Ort-Anpassung vs. Wobbe-Index-Klassen, die den Ausspeisepunkten zugeordnet sind	71
J.6	Autoadaptive Steuerung der Verbrennungseinstellungen	73
Anhang K (informativ)	Einige rechtliche Definitionen, die für das Thema dieses Dokuments als nützlich angesehen werden	74
Anhang L (informativ)	A-Abweichungen	76
Literaturhinweise		77

Bilder

Bild 1	Beispiel für die Zuordnung von Wobbe-Index-Klassen — spezifiziert und erweitert — zu einigen Ausspeisepunkten	19
Bild F.1	Methanzahl im Verhältnis zum Wobbe-Index der verteilten Gase (Original-Excel-Datei verfügbar)	55
Bild I.1	Trockene CO ₂ -Konzentrationen (CO _{2,mess}) als Funktion des Luftüberschusses für verschiedene Brenngase [Quelle GWI]	61
Bild I.2	O ₂ Konzentrationen im Abgas (O _{2,mess}) als Funktion des Luftüberschussverhältnisses für verschiedene Brenngase [Quelle GWI]	62
Bild I.3	Verhältnis zwischen Wobbe-Index und CARI (15 °C/15 °C) [Quelle GWI]	64
Bild I.4	Auswirkung der anfänglichen Anpassung an G20 auf die tatsächlichen Luftüberschussraten als Funktion des lokalen Wobbe-Index [Quelle GWI]	66
Bild J.1	Entwicklung der Schadstoffemissionen als Funktion des Luft/Gas-Verhältnisses, wie sie bei vielen Anwendungen zu beobachten sind [Quelle: GWI]	70
Bild J.2	Beispiel für die Anpassung von Geräten vor Ort in Bezug auf die vorgeschlagene Wobbe-Index-Ausgangsklassifizierung	72

Tabellen

Tabelle 1	Anforderungen	12
Tabelle 2	Wobbe-Index Eingangsbereich	15
Tabelle 3	Wobbe-Index Ausspeiseeinteilung	16
Tabelle A.1	Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 1) — Vorläufige Aufteilung von Teilgemischen	30
Tabelle A.2	Komponenten, Koeffizienten und deren Gültigkeitsbereiche von Formel (A.1) für ternäre Teilgemische	32

Tabelle A.3 — Berechnung von V_{sum_i}	35
Tabelle A.4 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 1)	36
Tabelle A.5 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Zusammensetzung 1) — endgültige Berechnung	37
Tabelle A.6 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 2) — endgültige Berechnung	39
Tabelle A.7 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 2)	40
Tabelle A.8 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 3) — endgültige Berechnung	41
Tabelle A.9 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 3)	42
Tabelle A.10 — Zusätzliche numerische Beispiele zur Validierung von Software	43
Tabelle C.1 — Praktiken hinsichtlich der Odorierung von Erdgas in Europa — Odoriermittelkonzentration (Quelle: Marcogaz — Technical Association of the European Natural Gas Industry, März 2015)	48
Tabelle G.1 — Beispiele für Abhilfemaßnahmen bei Änderungen des Wobbe-Index	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16726:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 234 „Gasinfrastruktur“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit für die CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 16726:2015+A1:2018 ersetzen.

Im Vergleich zur Vorausgabe sind die folgenden technischen Änderungen gemacht worden:

- Aufnahme einer Anforderung an den Wobbe-Index (5.3), insbesondere einer Anforderung an eine Ausgangsklassifizierung des Wobbe-Index und einer Anforderung an einen Eingangs-Wobbe-Index und den dazugehörigen informativen Anhängen:
 - Anhang H – Begrenzungen der Gas-Endanwendungen, um mit dem breiten Eingangs-Wobbebereich umgehen zu können;
 - Anhang I – Allgemeine Betrachtungen zur Einstellung und Nachstellung häuslicher und gewerblicher Geräte;
 - Anhang J – Vor-Ort-Einstellung von Endverbrauchsanwendungen;
- Zufügung einer zulässigen Wasserstoffkonzentration (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und der dazugehörige informative Anhang E;
- Überarbeitung der Untergrenze der relativen Dichte (Abschnitt 5.1, Tabelle 1);
- Überarbeitung des zulässigen Sauerstoffgehalts (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs Anhang B;
- Überarbeitung des zulässigen Schwefelgehalts (Abschnitt 5.1, Tabelle 1) und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs Anhang C;
- Klarstellung zur zulässigen Methanzahl in diesem Dokument (Abschnitt 5.1, Tabelle 1, Anmerkung g) bezüglich der allgemeinen Auslegung von Motoren und Hinzufügung des dazugehörigen informativen Anhangs Anhang F.

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

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 einander widersprechender Bestimmungen der nationalen Gesetzgebungen können einige der in Abschnitt 5 dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen in x , y , z nicht angewendet werden. Die damit verbundenen A-Abweichungen sind in Anhang I dargestellt. (zu überprüfen)

Einleitung

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

Die Anforderungen an den Wobbe-Index sind in diesem Dokument auf Grundlage eines Vorschlags des CEN Sektor Forum Gas , gemeinsame Arbeitsgruppe „prä-normative Studien von Beschaffenheitsparametern von H-Gas“ (CEN SFGas GQS) erstellt worden.

ANMERKUNG Fragen zur Verantwortlichkeit und rechtlichen Zuständigkeit im Kontext dieses Dokuments sind Gegenstand europäischer oder nationaler Regelungen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument 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 Norm umfasst keine Gase, die in isolierten Netzen befördert werden.

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

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).

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.

ANMERKUNG Einige Rechtsbegriffe, die für die Anwendung dieses Dokuments als nützlich betrachtet werden, sind im Anhang H zur Information enthalten. Aufgrund des normativen Charakters dieses Abschnitts können sie an dieser Stelle nicht integriert werden.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

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 – mit der Ausnahme von Kopplungspunkten – 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

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.

3.6

Spediteur

Shipper

Einzelperson oder Firma, die Verträge mit einem Sammel-, Transport- oder Verteilungssystem zum Transport von Erdgas im Kundenbesitz abschließt

3.7

Systembetreiber

private oder öffentliche Organisation mit der Berechtigung zu Entwurf, Bau und/oder Betrieb und Erhaltung eines Systems

3.8

Verteilte Gase

Gase, die nach der Durchleitung durch das Gasnetz an einem Ausspeisepunkt zur Verfügung stehen

3.9

Gase aus erneuerbaren Quellen oder erneuerbare Gase

beinhaltet Gase aus erneuerbaren, nicht-fossilen Quellen aus Verfahren der Faulung, Vergasung und/oder „Power-to-Gas“

3.10

Wobbe-Index

WI

Verhältnis des Wärmewertes des Gases je Volumeneinheit zur Quadratwurzel seiner relativen Dichte unter denselben Bezugsbedingungen. Der Wobbe-Index wird als oberer oder unterer Wert bezeichnet, abhängig davon, ob der Brennwert oder der Heizwert verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwei Brenngase mit dem gleichen Wobbe-Index geben die gleiche Wärmemenge in einem Verbrennungssystem ab, sofern der Düsendruck und Düsendurchmesser gleichbleibend sind. Die Gastemperatur wird in diesem Kontext als gleichbleibend angenommen. Der Wobbe-Index ist das primäre Kriterium für den Gasaustausch für häusliche und gewerbliche Gasgeräte und auch für einige großformatige Verbrennungsanwendungen in der Industrie und in Kraftwerken.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument wird der obere Wobbe-Index verwendet (WI mittels Brennwert berechnet).

[QUELLE: EN 437:2018, 3.13, modifiziert]

3.11

Änderungsrate

Änderungsgeschwindigkeit

RoC

Änderung des Werts einer Gasbeschaffenheitseigenschaft an einem Ort pro Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Nahezu sofortige Änderung bei einer lokalen Gasbeschaffenheit wird häufig als „Propfenfluss“ bezeichnet.

3.12

Bereich

Werte zwischen einem Höchst- und einem Mindestwert einer gegebenen Gasbeschaffenheitseigenschaft in absoluten Begriffen

3.13

Bandbreite

Unterschied zwischen dem Höchst- und dem Mindestwert eines Bereichs

BEISPIEL Der Wobbe-Bereich eines definierten Gases liegt zwischen $46,44 \text{ MJ/m}^3$ und $50,00 \text{ MJ/m}^3$. Die Bandbreite beträgt $3,56 \text{ MJ/m}^3$.

3.14

Ausspeisepunkt

Punkt, an dem ein Gas das Transport- und Verteilungssystem für die Endanwendung verlässt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Anzahl verbundener Ausspeisepunkte der gleichen Klasse in der gleichen topografischen und geografischen Region wird als Anschlusspunktgruppe angesehen.

3.15

Ausspeisepunktgruppe

beinhaltet eine homogene Gruppe von Ausspeisepunkten, die zueinander benachbart sind und die als ein einziger Ausspeisepunkt für die Anwendung des Wobbe-Index-Klassifizierungssystemvorschlags betrachtet werden.

[QUELLE: Art. 3 (19), TAR NC modifiziert]

3.16

Kopplung (spunkt)

physischer Punkt, der benachbarte Transport- und Verteilungssysteme und/oder Speichersysteme verbindet

3.17

Betroffener Anwender

Endverbraucher, dessen Anlage einem Klassenwechsel unterliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige betroffene Anwender können auch als empfindliche Anwender betrachtet werden.

3.18

Einstellung

Einstellung eines Gasgeräts oder einer Gasanwendung derart, dass die Nennbetriebseigenschaften (z. B. Feuerungsverhältnis, Luftüberschussverhältnis, benötigte Betriebstemperatur, Emissionswerte) und die anzunehmende Lebenserwartung des Systems entsprechend den Herstellerangaben erreicht werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Für häusliche und gewerbliche Gasgeräte kann dieses mit einem Referenzgas wie G20 (Reinmethan) erreicht werden. Für industrielle und Kraftwerksgeräte ist die Einstellung üblicherweise Teil des Inbetriebnahmeverfahrens und wird mit dem vor Ort anstehenden Gas und unter Umgebungsbedingungen im Rahmen der Inbetriebnahme durchgeführt. Dieses wird als Vor-Ort-Einstellung bezeichnet.

3.19

Gasmischung

eigenmächtige Tätigkeit der Mischung zweier oder mehrerer einzelner Gasströme für einen bestimmten Zweck, wobei die relevante Eigenschaft der Brennstoffbeschaffenheit (z. B. Wobbe-Index oder Brennwert) der sich ergebenden Gasmischung festgelegt ist. Es findet an bestimmten Orten im Netz statt (z. B. in einer Gasmischanlage)

3.20

Verhinderungsmaßnahme

jegliche Maßnahme zur Vermeidung, Verhinderung oder Verkleinerung erheblicher negativer Auswirkungen der Änderung der Gasbeschaffenheit beim Endverbraucher

3.21

Kosten-Nutzen-Analyse

analytisches Werkzeug zur Betrachtung einer Investitionsentscheidung, um deren damit verbundenen Nutzen zu beurteilen. Der Zweck der Kosten-Nutzen-Analyse ist das Erleichtern eines effizienteren Einsatzes von Mitteln, um den Nutzen einer besonderen Intervention aufzuzeigen anstelle möglicher Alternativen

[QUELLE: Leitfaden der Europäischen Kommission zur Kosten-Nutzen-Analyse von Investitionsprojekten]

3.22

Ständiger Erfahrungsfall

Ausspeisestellen oder Ausspeisestellengruppen, die dem gleichen Wobbe-Bereich ausgesetzt sind, mit dem sie bereits in der Vergangenheit für eine längere Zeit versorgt worden sind

3.23

Außergewöhnliches Ereignis oder höhere Gewalt

beinhaltet jegliches nicht vorgesehene Ereignis, dass nicht einfach zu kontrollieren, zu verhindern oder außerhalb des Wirkungsbereichs der Beteiligten ist und dass für einen begrenzten Zeitraum eine Verringerung der Kapazität verursachen kann und dadurch die Menge oder die Beschaffenheit des Gases einschränkt, mit möglichen Auswirkungen auf die Handlungen zwischen den verschiedenen Beteiligten der Gasversorgungskette

3.24

Benachrichtigungszeit

Zeit zwischen der Ankündigung der Änderung des Wobbe-Index an den Endverbraucher und dem Moment, an dem die Änderung tatsächlich stattfindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benachrichtigungszeit berücksichtigt die Marktdynamik, technische Erfordernisse und Einschränkungen.

3.25

Intensität der Abweichung von einer Klasse

Ausmaß (in MJ/m³) eines Wobbe-Index Werts, der an beiden Enden einer festgelegten Wobbe-Index Grenze einer Klasse abweicht, die einem Ausspeisepunkt zugewiesen worden ist

3.26

Dauer der Abweichung von einer Klasse

Angesammelte Zeit (z. B. Anzahl von Tagen pro Jahr), während der der Wobbe-Index der verteilten Gase außerhalb des festgelegten Wobbe-Bereichs der zugewiesenen Klasse eines Ausspeisepunkts/einer Gruppe von Ausspeisepunkten liegt

3.27

Abweichungsfrequenz von einer Klasse

Anzahl von Zeiten (z. B. pro Jahr) während derer der Wobbe-Index der verteilten Gase sich außerhalb des festgelegten Wobbe-Bereichs der zugewiesenen Klasse eines Ausspeisepunkts/einer Gruppe von Ausspeisepunkten liegt

3.28

Anerkennungsdauer einer Klasse

(zu bestimmender) Zeitabschnitt, während dessen die Bandbreite sowie die unteren und oberen Wobbe-Indexwerte [der Klasse] gleichbleiben

3.29

Referenzbedingungen für die Verbrennung

festgelegte Temperatur T und Druck p , bei denen ein Brennstoff fiktiv verbrannt wird

3.30

Referenzbedingungen für die Gasmessung

festgelegte Temperatur T und Druck p , bei denen die zu verbrennende Menge an Brennstoff fiktiv bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: A priori gibt es keinen Grund dafür, dass die Referenzbedingungen für die Gasmessung dieselben sind wie die Referenzbedingungen für die Verbrennung.

[QUELLE: EN ISO 14532, 2.6.1]

4 Referenzbedingungen und Druckeinheiten

Sofern nicht anders angegeben, sind sämtliche Volumina für trockenes, reales Gas unter Standardreferenzbedingungen nach ISO von 15 °C 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.

ANMERKUNG 1 In der Europäischen Norm bestehen zwei Referenzsysteme, die allgemein gebräuchlich sind. EN ISO 13443 und EN ISO 14532 legen als Referenzsystem mit 15 °C als Referenztemperatur für die Verbrennung und 15 °C für Volumen bei 1013,25 mbar als Referenzdruck fest bei Angabe des Energiegehalts in MJ/m³, während viele andere Dokumente und nationale und/oder europäische Regelungen ein Referenzsystem mit 25 °C als Referenztemperatur für die Verbrennung und 0 °C für Volumen (ebenso mit 1013,25 mbar als Referenzdruck). Kalorimetrische Eigenschaften, z. B. Heiz- oder Brennwert oder Wobbe-Index, könne auch als kWh/m³ angegeben werden.

Bei der Bewertung der Einhaltung dieser Europäischen Norm sollten die Eigenschaften direkt bei ISO-Standardreferenzbedingungen bestimmt werden. Sollten die Kennwerte nur bei anderen Referenzbedingungen erhältlich und die aktuelle Zusammensetzung des Gases unbekannt sein, muss die Umrechnung auf die ISO-Standardreferenzbedingungen nach dem in EN ISO 13443 beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 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.

ANMERKUNG 3 Die Verwendung der Referenzbedingung 15°C/15°C entspricht dem Mandat M/400. Die Werte für 25 °C/0 °C (kWh) werden in diesem Dokument angegeben, wo sie als relevante Information betrachtet werden (Anhang C für Umrechnungsfaktoren auf Grundlage von EN ISO 13443).

5 Anforderungen

5.1 Anforderungen an die Gasbeschaffenheit

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

Tabelle 1 — Anforderungen

Eigenschaft	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 ^f (informativ)
		min.	max.	min.	max.	
Wobbe-Index	MJ/m ³ kWh/m ³	Siehe 5.2 und 5.3				EN ISO 6976
Relative Dichte	keine Einheit	0,45 ^a	0,70	0,45	0,70	EN ISO 6976, EN ISO 15970
Gesamtschwefel ohne Odoriermittel	mg/m ³	nicht anwendbar	11 ^b	nicht anwendbar	11 ^b	EN ISO 19739
	Der maximal zulässige Schwefelgehalt beträgt 20 mg/m³, insofern, das keine Schwefelbestandteile außer den in dieser Tabelle aufgeführten im Netz vorhanden sind. 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.					
Schwefelwasserstoff und Kohlenstoffoxidsulfid (als Schwefel)	mg/m ³	nicht anwendbar	5 ^b	nicht anwendbar	5 ^b	EN ISO 6326-1, EN ISO 6326-3, EN ISO 19739
Merkaptan-Schwefel ohne Odoriermittel (als Schwefel)	mg/m ³	nicht anwendbar	6 ^b	nicht anwendbar	6 ^b	EN ISO 6326-3, EN ISO 19739

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Eigenschaft	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 ^f (informativ)
		min.	max.	min.	max.	
Sauerstoff	mol/mol	nicht anwendbar	1 % oder 0,001 % für empfindliche Verbraucher (siehe nachstehend)	nicht anwendbar	1 % oder 0,001 % für empfindliche Verbraucher (siehe nachstehend)	EN ISO 6974-3, EN ISO 6974-6, EN ISO 6975
	In der Gasinfrastruktur darf der maximale Stoffmengenanteil von Sauerstoff nicht mehr als 1 % betragen. Wo jedoch nachgewiesen werden kann, dass das Gas in Anlagen fließt, die gegenüber Sauerstoff empfindlich sind, wie z. B. unterirdische Speicheranlagen, muss ein höchster Grenzwert von 0,001 %, ausgedrückt als rollender 24-Stunden-Mittelwert, angewendet werden, es sei denn, die technische Notwendigkeit besteht nicht (für die meisten Anwendungen ist ein Gehalt von z. B. 0,01 % oder höher ausreichend). Die Auswertung des anzuwendenden Gehalts muss durch ein Bewertungsverfahren erfolgen. Sofern die technische Notwendigkeit für einen niedrigen Sauerstoffgehalt durch das Bewertungsverfahren nicht bestätigt wird, können höhere Sauerstoffgehalte vereinbart werden. Die Auswertung des anwendbaren Gehalts muss durch eine Fall-zu-Fall-Analyse für das Netz, das durch den Sauerstoffgehalt betroffen ist, auf Grundlage der Eingabe konkreter Werte ermittelt werden, z. B. durch einen Einspeisepotenentialen, Gasinfrastrukturbetreibern und relevanten Endverbrauchern.					
	ANMERKUNG 2 0,01 % entspricht 100 ppm und 0,001 % entspricht 10 ppm.					
Kohlenstoffdioxid	mol/mol	nicht anwendbar	2,5 % oder 4 % (siehe nachstehend)	nicht anwendbar	2,5 % oder 4 % (siehe nachstehend)	EN ISO 6974, Teil 1 bis Teil 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^{d e} 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

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Eigenschaft	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 ^f (informativ)
		min.	max.	min.	max.	
Wassertaupunkt^{d e} 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, Teil 1 bis Teil 3
Wasserstoff	mol%	nicht anwendbar	2	nicht anwendbar	2	keine
	Ein Wasserstoffgehalt muss bis zu zwei Prozent Stoffmengenanteil über die gesamte Wertschöpfungskette akzeptiert werden. Er kann national, regional oder örtlich zu höheren Werten für den Wasserstoffgehalt als 2 % im Netz abweichen, sofern die Anforderungen empfindlicher Anwender berücksichtigt werden (siehe 5.4 und Anhang E).					
Methanzahl	keine Einheit	65 ^g (siehe normativer Anhang A, Anhang F)	nicht anwendbar	65 ^g	nicht anwendbar	keine
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.					
c	Für weitergehende Informationen zu Herkunft des Sauerstoffs, Herausforderungen, Abhilfemaßnahmen und zur Messung siehe Anhang C.					
a	In einigen europäischen Ländern ist eine Anerkennung der legalen Gewichts- und Messbehörden erforderlich.					
b	Aufgrund analytischer Unsicherheit werden Zahlenwerte ohne Ziffern hinter dem Komma angegeben.					
d	Unter bestimmten klimatischen Bedingungen dürfen auf nationaler Ebene ein höherer Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt zugelassen werden.					
e	Für weitergehende Informationen zu Wassertaupunkt und Kohlenwasserstofftaupunkt siehe Anhang D.					
f	Es dürfen auch andere Prüfverfahren angewendet werden als in Tabelle 1 angeführt, vorausgesetzt, ihre Gebrauchstauglichkeit kann nachgewiesen werden.					
g	Dieser Grenzwert beinhaltet nicht, dass Gasmotoren für eine mindest-Methanzahl <i>MN</i> von 65 ausgelegt werden sollten. Die Gasmotoren sollten ausgelegt sein für die zu erwartende Gasbeschaffenheit. Im Allgemeinen werden sie für eine mindest-Methanzahl <i>MN</i> von 70 ausgelegt.					

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.

5.2 Wobbe-Bereich am Netzzugangspunkt (Empfehlung)

Der Eingangsbereich für den Wobbe-Index sollte zwischen $46,44 \text{ MJ/m}^3$ und 54 MJ/m^3 [$15^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$] liegen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2 — Wobbe-Index Eingangsbereich

Eigenschaft	Einheit	Grenzwerte auf Grundlage der Standardreferenzbedingung $15^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$		Grenzwerte auf Grundlage der normalen Referenzbedingung $25^\circ\text{C}/0^\circ\text{C}$ (zur Information)	
		Untergrenze	Obergrenze	Untergrenze	Obergrenze
Wobbe-index am Netzzugangspunkt	MJ/m^3 kWh/m^3	$46,44 \text{ MJ/m}^3$	$54,00 \text{ MJ/m}^3$	$13,59 \text{ kWh/m}^3$	$15,81 \text{ kWh/m}^3$

ANMERKUNG 1 Dieser Vorschlag entspricht dem Wobbe-Bereich der EASEE-gas Common Business Practice zur Harmonisierung der Erdgasbeschaffenheit (CBP 2005-001/02).

ANMERKUNG 2 Ein Wobbe-Bereich in der Ausdehnung dieses Eingangsbereichs kann zu Problemen bezüglich der Sicherheit, Emissionen und Leistung von Endanwendungen führen. Deshalb entspricht die Wobbe-Index-Einteilung am Ausspeisepunkt dem von 5.3.

Das mögliche Zusammenspiel mit anderen Eigenschaften der Gasbeschaffenheit, die den Verbrennungsprozess (z. B. die Methanzahl) bestimmen, müssen berücksichtigt werden.

5.3 Wobbe-Index-Einteilung am Ausspeisepunkt

5.3.1 Allgemeines

Die verteilten Gase müssen am Netzausspeisepunkt (oder an einer Gruppe von Netzausspeisepunkten) in zwei Kategorien nach Tabelle 3 eingeteilt werden, wobei:

- Der Wobbe-Index der verteilten Gase innerhalb eines Bereichs von $3,7 \text{ MJ/m}^3$ im Wobbe-Bereich von $46,44 \text{ MJ/m}^3$ bis $53,00 \text{ MJ/m}^3$ (festgelegte Klasse) oder
- jegliche andere Situation der Wobbe-Index-Bandbreite und/oder des Wobbe-Bereichs, die einer Bewertung (nach dem Grundsatz der Sorgfaltspflicht) bedürfen hinsichtlich dem jeweiligen Ausspeisepunkt nachgeschalteter empfindlicher Verbraucher und, sofern vorgesehen, der Umsetzung von Abhilfemaßnahmen (falls unter der erweiterten Klasse anwendbar). Zu Beispielen für Abhilfemaßnahmen zu Wobbe-Index-Änderungen siehe Anhang G.

ANMERKUNG Der Wobbe-Index des verteilten Gases liegt niemals außerhalb des national zulässigen Zugangsbereichs.

Tabelle 3 — Wobbe-Index Ausspeiseeinteilung

Klasse	Angezeigter Wobbe-Bereich [MJ/m ³ , 15 °C/15 °C bei 1 013,25 mbar] (Grauwerte kWh/m ³ , 25 °C/0 °C bei 1 013,25 mbar)	Bandbreite des Wobbe-Index der verteilten Gase am Ausspeisepunkt [MJ/m ³ , 15 °C/ 15 °C bei 1 013,25 mbar] (Grauwerte kWh/m ³ , 25 °C/0 °C bei 1 013,25 mbar)
Festgelegte Klasse	Untere und obere Grenzwerte für jeden Ausspeisepunkt festgelegt über eine Breite von 3,7 MJ/m³ (1,08 kWh/m³) auf Grundlage der verteilten Gase, innerhalb des Wobbe-Bereichs	Der Wobbe-Index der verteilten Gase ist $\leq 3,7 \text{ MJ/m}^3$ (1,08 kWh/m³) innerhalb des Wobbe-Bereichs von 46,44 MJ/m³ bis 53,00 MJ/m³ (13,59 kWh/m³ bis 15,51 kWh/m³) Der Wobbe-Index der verteilten Gase liegt niemals außerhalb des national zulässigen Zugangsbereichs.
Erweiterte Klasse	Untere und obere Grenzwerte für jeden Ausspeisepunkt , auf Grundlage der verteilten Gase, innerhalb des Wobbe-Bereichs. Anmerkung: Diese Klasse bedarf einer Bewertung (nach dem Grundsatz der Sorgfaltspflicht) hinsichtlich dem jeweiligen Ausspeisepunkt nachgeschalteter empfindlicher Verbraucher und, sofern vorgesehen, der Umsetzung von Abhilfemaßnahmen.	Jegliche andere Situation der Wobbe-Index-Bandbreite und/oder des Wobbe-Bereichs. Ständige Erfahrungsfälle in der erweiterten Klasse können ähnlich betrachtet werden wie bei einer festgelegten Klasse (z. B. nach einer anfänglichen Bewertung). Der Wobbe-Index der verteilten Gase liegt niemals außerhalb des national zulässigen Zugangsbereichs.

5.3.2 Definition der Klassen

5.3.2.1 Allgemeine Kriterien für eine Klasse

Eine Klasse muss einem Ausspeisepunkt (oder einer Gruppe von Ausspeisepunkten) auf Grundlage der Vorhersage örtlicher Wobbe-Indices an diesem Punkt zugewiesen sein. Die unteren und oberen Grenzen des Wobbe-Bereichs müssen deutlich angegeben sein. Die Klasse muss über eine höchstmögliche Zeitdauer eingehalten werden.

Der Wobbe-Index des verteilten Gases kann die Grenzwerte für den Wobbe-Index des Bereichs der Klasse überschreiten (siehe 5.3.4). Netzbetreiber müssen gemeinsam mit den vorgelagerten für die Gasversorgung verantwortlichen Beteiligten danach streben, die Zeit, das Ausmaß, die Häufigkeit und die Auswirkung der Überschreitung der Grenzwerte einer gegebenen Klasse zu minimieren.

ANMERKUNG 1 Der Wobbe-Index der verteilten Gase liegt niemals außerhalb des national zulässigen Zugangsbereichs.

Netzbetreiber müssen sich gewärtig sein, dass die Mehrzahl heutiger Anwendungen (einschließlich häuslicher und gewerblicher Anwendungen) nicht in der Lage sind, einen Wobbe-Index, der über den gesamten vorgeschlagenen Eingangsbereich (46,44 MJ/m³ bis 54,00 MJ/m³) schwankt und eine Bandbreite von 7,56 MJ/m³ abdeckt, zu akzeptieren (siehe Anhang H).

ANMERKUNG 2 Gase, die zur Einspeisung in das Gastransport- und Verteilungssystem vorgesehen sind, können eine größere Wobbe-Index-Bandbreite aufweisen als die stabile Bandbreite, die die Endverbraucher akzeptieren können, sofern die eingebundenen Transportnetzbetreiber und der Verteilnetzbetreiber geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Bedingungen einer definierten Klasse mit einem Höchstmaß an Stabilität gewährleisten.

Sie stellen denjenigen Endnutzern, die dies wünschen, Informationen über historische Wobbe-Indexdaten zur Verfügung, einschließlich des tatsächlichen höchsten und niedrigsten Wobbe-Indexwerts sowie des Klassenbereichs des Ausspeisepunkts für die Analyse der einzelnen Endnutzer.

Es wird empfohlen, Abhilfemaßnahmen in Betracht zu ziehen. Mögliche Abhilfemaßnahmen sind in Anhang G zusammengestellt.

ANMERKUNG 3 Die Art der Klasse bestimmt, ob eine Bewertung für das Vorhandensein empfindlicher Nutzer hinter dem betreffenden Ausspeisepunkt erforderlich ist oder nicht.

ANMERKUNG 4 Die Verfahren, die für die Festlegung von Klassen (einschließlich zumindest des Wechsels zu einer neuen Klasse, Zeitpläne, Verpflichtungen und Verantwortlichkeiten) und für die Umsetzung des Klassifizierungssystems erforderlich sind, sollten in den nationalen/europäischen Rechtsvorschriften geregelt werden.

5.3.3 Klasse „festgelegt“

Die Klasse „festgelegt“ wird Ausspeisepunkten oder Gruppen von Ausspeisepunkten zugewiesen, für die die Bandbreite des Wobbe-Indexbereichs der verteilten Gase kleiner oder gleich $3,7 \text{ MJ/m}^3$ ist. Die unteren und oberen Grenzwerte sind pro Ausspeisepunkt oder Gruppe von Ausspeisepunkten mit einem Bereich von $3,7 \text{ MJ/m}^3$ innerhalb des Bereichs von $46,44 \text{ MJ/m}^3$ bis $53,00 \text{ MJ/m}^3$ und innerhalb des Wobbe-Index-Eingabebereichs festzulegen. Abweichungen können auftreten.

Der Netzbetreiber informiert die nachgelagerten Sektoren oder die betroffene Endnutzer über die Klassifizierung einschließlich der festgelegten Werte und übermittelt dem Endnutzer die in 5.3.5 genannten notwendigen Informationen, falls eine Abweichung von der zugewiesenen Klasse auftritt.

Für diese Klasse sind außer der Zuordnung der Klasse zum Ausspeisepunkt keine weiteren Schritte durch den Systembetreiber (oder eine andere benannte Partei) erforderlich.

ANMERKUNG 1 Für einige Arten von Endverbrauchsgeräten werden erhebliche technische Maßnahmen (z. B. CEN SFGas GQS SSAS; deutsche Hauptstudie) erforderlich sein, um alle Sicherheits-, Betriebs- und gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, ohne dass selbst bei einer Wobbe-Index-Bandbreite von $3,7 \text{ MJ/m}^3$ diese Bandbreite akzeptiert wird; es wäre von Vorteil, wenn alle künftigen Endverbrauchsgeräte diese Bandbreite akzeptieren könnten.

BEISPIEL Beispiel für die festgelegte Klasse:

Mögliche Situation:

- die tatsächlich verteilten Gase am Ausspeisepunkt X haben eine Wobbe-Index-Bandbreite von $2,5 \text{ MJ/m}^3$; die für den Ausspeisepunkt X erhaltenen Gasqualitätsdaten über einen bestimmten (noch festzulegenden) Zeitraum zeigen Wobbe-Index-Werte zwischen $49,2 \text{ MJ/m}^3$ und $51,7 \text{ MJ/m}^3$ (entsprechend der Wobbe-Index-Bandbreite von $2,5 \text{ MJ/m}^3$). Die festgelegte Klasse hat eine feste Bandbreite von $3,7 \text{ MJ/m}^3$, während die tatsächlich verteilten Gase an einem Ausspeisepunkt in einer festgelegten Klasse einen Wobbe-Index-Bereich kleiner oder gleich $3,7 \text{ MJ/m}^3$ haben können. Damit soll sichergestellt werden, dass die für diesen Ausspeisepunkt angegebenen Klassengrenzen so lange wie technisch möglich eingehalten werden (gleiche Klasse, gleiche untere und obere Wobbe-Index-Werte);
- Nach dem Klassifizierungssystem befindet sich der Ausspeisepunkt X in einer festgelegten Klasse.

Potenzielle Informationen für die an den Ausspeisepunkt X angeschlossenen Endnutzer:

- Klassifizierung: Die Gasanwendung des Kunden erhält Gas von einem Ausspeisepunkt in einer festgelegten Klasse;
- Angabe des vorgesehenen unteren Wobbe-Index-Wertes von $48,0 \text{ MJ/m}^3$ und des vorgesehenen oberen Wobbe-Index von $51,7 \text{ MJ/m}^3$, d. h. eine Wobbe-Index-Bandbreite von $3,7 \text{ MJ/m}^3$.

ANMERKUNG 2 Der angegebene Bereich ($48,00 \text{ MJ/m}^3$ und $51,70 \text{ MJ/m}^3$) hängt von der individuellen Prognose für die verteilten Gase an diesem spezifischen Ausspeisepunkt ab. Daher kann die Spanne für einen anderen Zeitraum anders

definiert werden. Die Annahmen der Prognosen beruhen auf historischen Daten und Erfahrungen aus der Vergangenheit, die möglicherweise nicht die zukünftige Situation widerspiegeln. Die Qualität der Prognose kann nicht garantiert werden.

ANMERKUNG 3 Das beschriebene Beispiel geht davon aus, dass im europäischen Rechtsrahmen ein Verfahren für die Einstufung und Mitteilung festgelegt ist.

5.3.4 Klasse „erweitert“

Die Klasse „erweitert“ muss Ausspeisepunkten verteilter Gase zugeordnet werden, bei denen die Bandbreite des Wobbe-Index-Bereichs $3,7 \text{ MJ/m}^3$ oder der obere Grenzwert des Wobbe-Index $53,00 \text{ MJ/m}^3$ übersteigt. Die unteren und oberen Wobbe-Index-Grenzwerte werden pro Ausspeisepunkt innerhalb des Wobbe-Index-Einspeisebereichs festgelegt. Abweichungen können auftreten.

ANMERKUNG 1 Der Wobbe-Index des verteilten Gases liegt nie außerhalb des gesetzlich vorgeschriebenen Bereichs.

Der Netzbetreiber muss die nachgelagerten Sektoren oder die betreffenden Endnutzer über die Klassifizierung einschließlich der festgelegten Werte informieren und muss dem Endnutzer die in 5.3.5 genannten notwendigen Informationen übermitteln, falls eine Abweichung von der zugewiesenen Klasse vorliegt.

Diese Klasse erfordert eine unvoreingenommene Bewertung (Grundsatz der Sorgfaltspflicht) des Vorhandenseins empfindlicher Nutzer an dem betreffenden Ausspeisepunkt oder der Gruppe von Ausspeisepunkten und gegebenenfalls die Durchführung geeigneter Abhilfemaßnahmen in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Parteien.

Eine Klasse „erweitert“, bei der davon ausgegangen wird, dass sie sich in einer Situation befindet, in der es sich um einen kontinuierlich auftretenden Fall handelt (siehe 3.22), kann nach Bestätigung durch historische Daten als ähnlich wie eine festgelegte Klasse (siehe 5.3.3) betrachtet werden.

ANMERKUNG 2 Ein Wobbe-Index – der eine Bandbreite von $7,56 \text{ MJ/m}^3$ abdeckt – ist nicht mit der Vor-Ort-Anpassung der Endverbrauchereinstellungen an die örtliche Gasqualität vereinbar (Anhang I und Anhang J). Viele Anwendungen können jedoch angepasst werden, erfordern jedoch manchmal zusätzliche physische Veränderungen an den Geräten.

BEISPIEL Beispiel für die Klasse „erweitert“

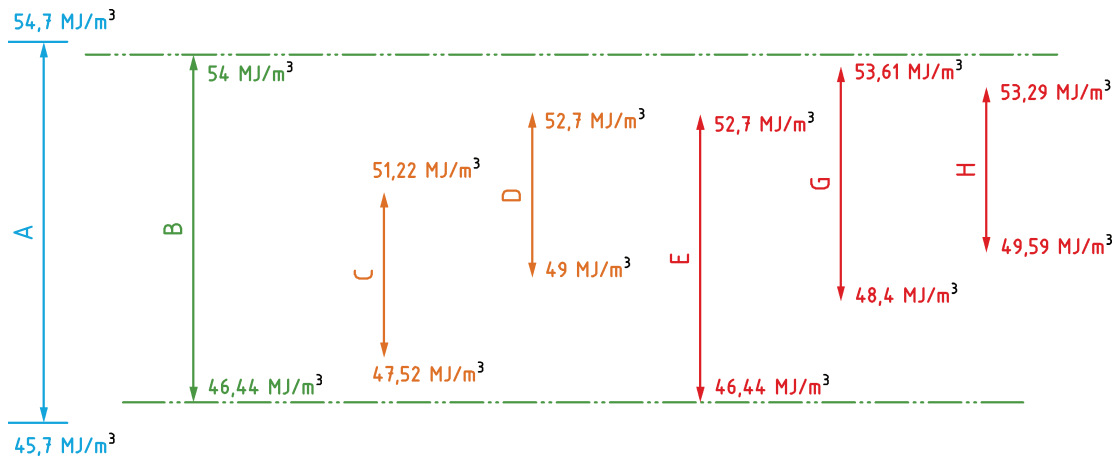
Mögliche Situation:

- die tatsächlich verteilten Gase am Austrittspunkt Y haben eine Wobbe-Index-Bandbreite von $4,5 \text{ MJ/m}^3$;
- die über einen bestimmten (noch festzulegenden) Zeitraum ermittelten Gasqualitätsdaten für den Ausspeisepunkt Y weisen Wobbe-Index-Werte zwischen $48,0 \text{ MJ/m}^3$ und $52,5 \text{ MJ/m}^3$ (entsprechend der Wobbe-Index-Bandbreite von $4,5 \text{ MJ/m}^3$) auf;
- im Klassifizierungssystem befindet sich der Ausspeisepunkt Y in einer Klasse „erweitert“.

Potenzielle Informationen für die an den Ausspeisepunkt Y angeschlossenen Endverbraucher: die Gasanwendung des Kunden erhält Gas von einem Ausspeisepunkt der Klasse „erweitert“:

- Angabe des vorgesehenen unteren Wobbe-Index-Grenzwertes von $48,0 \text{ MJ/m}^3$ und des vorgesehenen oberen Grenzwertes von $52,5 \text{ MJ/m}^3$, d. h. eine Wobbe-Index-Bandbreite von $4,5 \text{ MJ/m}^3$;
- Angabe eines Warnhinweises, wenn die Endanwendung empfindlich auf Wobbe-Index-Schwankungen reagiert;
- die größere Bandbreite könnte sich auswirken;
- in Zusammenarbeit mit dem Transportnetzbetreiber/Verteilnetzbetreiber wird eine Folgenabschätzung durchgeführt, um zu ermitteln, welche Abhilfemaßnahmen, falls erforderlich, am sinnvollsten sind. Die Einbeziehung anderer Parteien, wie z. B. des Anlagenherstellers, in den Prozess könnte erforderlich sein.

Eine grafische Darstellung findet sich in Bild 1.



Legende

- A EN 437, H-Gas
- B Wobbe-Index-Bereich am Eintrittspunkt, vorgeschlagen von CEN SFGas GQS (und wie in EASEEgas CBP angegeben)
- C Ausspeisepunkt 1 (Klasse „festgelegt“)
- D Ausspeisepunkt 2 ((Klasse „festgelegt“)
- E Ausspeisepunkt 3 (Klasse „erweitert“)
- F Ausspeisepunkt 4 (Klasse „erweitert“)
- G Ausspeisepunkt 5 (Klasse „erweitert“)

Bild 1 — Beispiel für die Zuordnung von Wobbe-Index-Klassen — spezifiziert und erweitert — zu einigen Ausspeisepunkten

5.3.5 Akzeptable Abweichung von einer definierten Klasse

Solange die Endnutzer nicht von den Netzbetreibern kontaktiert werden, können sie davon ausgehen, dass der Wobbe-Index in dem festgelegten Klassenbereich bleibt.

Im Falle von Abweichungen von den Klassengrenzen können drei Situationen auftreten:

- a) Kurzfristige, vorübergehende Veränderungen (d. h. vorübergehende Wobbe-Index-Schwankungen):

Die Netzbetreiber müssen die nachgelagerten Sektoren oder die betroffenen Endnutzer über Abweichungen informieren, sobald sie Informationen über eine Abweichung des Wobbe-Indexes von den Klassenbereichen haben. Bei dieser Änderung kann es sich um eine für den Netzbetreiber vorhersehbare oder unerwartete Abweichung handeln.

Netzbetreiber und Endnutzer sollten zusammenarbeiten, um geeignete Abhilfemaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen der vorübergehenden Abweichung zu ermitteln.

- b) Langfristige oder dauerhafte Veränderung: (z. B. durch die Installation einer kohlenstoffarmen Gaseinspeisanlage):

Die Netzbetreiber müssen die nachgelagerten Sektoren oder die betroffenen Endnutzer über bevorstehende langfristige oder dauerhafte Änderungen des Wobbe-Index informieren und die Anpassung der Klasse prüfen. Führt die Änderung zu einem Klassenwechsel (zu einer festgelegten oder erweiterten Klasse), müssen die Netzbetreiber die nachgelagerten Sektoren und/oder die relevanten Endnutzer unverzüglich und mit einer angemessenen Ankündigungsfrist informieren.

Diese Änderung ist für den Netzbetreiber in der Regel vorhersehbar.

c) Außergewöhnliches Ereignis oder höhere Gewalt.

ANMERKUNG Das Verfahren wird in einem Netzkodex festgelegt.

5.3.6 Übergangszeitraum für die Einführung der Wobbe-Index-Klassifikation

Für die Einführung ist eine Übergangszeit erforderlich, bis die entsprechenden Verfahren definiert und die Voraussetzungen geklärt sind. Zumindest die Umstellung auf eine neue Klasse, Zeitpläne, Verpflichtungen und Verantwortlichkeiten müssen festgelegt werden, um eine Umsetzung des Klassifizierungssystems zu ermöglichen.

ANMERKUNG Einzelheiten sind in den Rechtsvorschriften der nationalen/europäischen Behörden zu regeln. Die Überarbeitung des Netzkodex zu diesem Zweck wird von der Europäischen Kommission erst nach der Veröffentlichung dieser Norm einschließlich der Wobbe-Index-Klassifizierung eingeleitet (37. Madridforum, Mai 2023).

5.4 Auswirkungen der Einspeisung von Wasserstoff auf die Gasbeschaffenheit

Bei der Einspeisung von Wasserstoff muss das entstehende Wasserstoff-Erdgas-Gemisch alle in diesem Dokument genannten Anforderungen erfüllen, sowohl hinsichtlich der Verbrennungseigenschaften (d. h. Brennwert, Wobbe, relative Dichte) als auch hinsichtlich der Spurenverunreinigungen (d. h. Sauerstoff, Schwefel usw.).

5.5 Probenahme

Die Bestimmung der Parameter in Tabelle 1 erfolgt auf der Grundlage von repräsentativen Gasproben. Eine Anleitung findet sich in EN ISO 10715.

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, verwendet 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 bei Referenzbedingungen von 0 °C und 101,325 kPa, ausgedrückt in Prozent. 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 relativ große Anzahl von Dezimalstellen belassen. Zur Angabe des Endergebnisses wird ein Runden auf ganzzahlige Werte empfohlen.

ANMERKUNG Es wird diskutiert, diesen Anhang zu streichen, sobald die (EN) ISO 17507-1 verfügbar ist.

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 wie die Festlegungen für Butan 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.

E DIN EN 16726:2024-03
prEN 16726:2023 (D)

- a) Die Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffes wird vereinfacht, indem eine Umrechnung in ein inert-gasfreies 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 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

- $= 0,210\,0 + 0,190\,0 + (0,040\,0 + 0,050\,0) \times 2,3 + 0,060\,0 \times 5,3$
- $= 0,925\,0$ (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 hauptsächlichen Gesichtspunkten ausgewählt:

- a) 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.
- b) Wenn eine Auswahl von ternären Systemen vorhanden ist, hat das System mit der besten Eignung W_j Vorrang.

- c) Jede Komponente in dem vereinfachten Gemisch muss in mindestens zwei ternären Systemen vertreten sein.

Die Eignung eines Systems wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$W_j = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_{i,min} (100, (V_{max_{i,j}} + 15))}{V_{sum_i}} \quad (A.1)$$

Dabei ist

n die Anzahl der Komponenten im vereinfachten Gemisch

V_i der Volumenanteil der Komponente i im vereinfachten Gemisch

$V_{max_{ij}}$ 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.:

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

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 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 Tabelle A.3 bzw. Tabelle 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).
- Die vierte Komponente im vereinfachten Gemisch ist Methan und dieses ist bereits in den Systemen A4 und A8 vertreten, so dass kein ternäres Gemisch gewählt wird.
- Die Auswahl wird mit der ersten Komponente im vereinfachten Gemisch, Propan, wiederholt und das ternäre System A7 wird gewählt, weil es den nächsthöheren Wert für die Eignung aufweist (9,626 3, System A4 wurde bereits gewählt).

Alle Komponenten im vereinfachten Gemisch sind jetzt in mindestens zwei der gewählten ternären Systeme vertreten und der Auswahlprozess ist beendet. Die gewählten Systeme sind demzufolge: A4, A7 und A8.

A.3.3 Unterteilung des inertgasfreien Gemisches in die gewählten Teilgemische

Das vereinfachte Gemisch wird in die gewählten ternären Teilgemische unterteilt. Eine vorläufige Teilung des vereinfachten Gemisches erfolgt, indem jede Komponente gleichmäßig auf die ternären Systeme verteilt wird, in denen sie vertreten ist.

Im Fall von Beispiel 1 werden drei ternäre Systeme gewählt — A4, A7 und A8. Die vorläufige Teilung erfolgt durch folgende Verteilung: Methan gleichmäßig auf A4, A7 und A8, Ethan gleichmäßig auf A4 und A8, Propan gleichmäßig auf A4 und A7 und Butane gleichmäßig auf A7 und A8 (Spalten 4, 6 und 8).

A.3.4 Berechnung der Methanzahl der Teilgemische

Die Methanzahl für jedes Teilgemisch wird nach der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

$$MN_t = \sum_{i=0}^{i=7} \sum_{j=0}^{j=6} (a_{i,j} x^i y^j) \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

x, y die Volumenanteile der ersten und zweiten Komponente in jedem ternären Teilgemisch, angegeben in Prozent. Um die Methanzahl eines jeden Teilgemisches zu berechnen, wird die Zusammensetzung jedes Teilgemisches auf 100 % normiert.

Im Fall von Beispiel 1 wird die Zusammensetzung von jedem Teilgemisch durch erneute Normierung auf 100 % berechnet (Spalten 5, 7 und 9).

In Tabelle A.2 sind die Werte der Koeffizienten $a_{i,j}$ für die ternären Teilsysteme A1 bis A18 aufgeführt.

Im Fall von Beispiel 1 führt die Anwendung der Formel (A.3) auf jede vorläufige Zusammensetzung der Teilgemische zu berechneten Methanzahlen von 76,248 9, 77,377 7 und 71,970 6 für A4, A7 bzw. A8 (Spalten 5, 7 und 9).

A.3.5 Anpassung der Zusammensetzung und des Anteils der Teilgemische

Die Zusammensetzung und der Anteil (F_t) jedes Teilgemisches werden iterativ durch Änderung der Menge jeder Komponente in jedem Teilgemisch angepasst, um den Unterschied zwischen den Methanzahlen der einzelnen Teilgemische zu minimieren.

Der zu minimierende Wert ist deshalb:

$$(MN_{\max} - MN_{\min})$$

wobei $MN_{\max}$ und $MN_{\min}$ die maximale bzw. die minimale Methanzahl der gewählten Teilgemische sind.

Im Fall von Beispiel 1 werden drei ternäre Teilgemische gewählt und somit sind neun Mengen zu bestimmen, von denen vier jedoch durch Stoffbilanzbetrachtungen erhalten werden können.

$$N_{A8, \text{Methan}} = N_{\text{Methan}} - N_{A4, \text{Methan}} - N_{A7, \text{Methan}}$$

$$N_{A8, \text{Ethan}} = N_{\text{Ethan}} - N_{A4, \text{Ethan}}$$

$$N_{A7, \text{Propan}} = N_{\text{Propan}} - N_{A4, \text{Propan}}$$

$$N_{A8, \text{Butan}} = N_{\text{Butan}} - N_{A7, \text{Butan}}$$

Dabei ist $N_{t, \text{comp}}$ die Menge der jeweiligen Komponente im Teilgemisch t .

Die Zusammensetzung und der Anteil jedes Teilgemisches werden deshalb durch Anpassung von fünf Mengen erhalten: der Mengen von Methan, Ethan und Propan in A4 und der Mengen von Methan und Butan in A7.

Während der Anpassung muss der Volumenanteil jeder Komponente in den einzelnen Teilgemischen innerhalb des Bereiches liegen, für den die Koeffizienten aus Formel (A.3) gültig sind. Die Gültigkeitsbereiche sind in Tabelle A.2 aufgeführt.

Das Problem der Anpassung der Zusammensetzung und des Anteils jedes Teilgemisches besteht deshalb in einer beschränkten Minimierung und grundsätzlich darf jedes geeignete numerische Verfahren angewendet

werden. Für die in diesem Anhang beschriebenen Beispiele bietet der mit Microsoft Excel gelieferte Löser (unter Verwendung der Standardeinstellungen) eine annehmbare Lösung.

In Abhängigkeit vom Beendigungskriterium des angewendeten numerischen Verfahrens führt eine geringe Differenz im Wert von $(MN_{\max} - MN_{\min})$ zu geringfügig unterschiedlichen Werten der Methanzahl des vereinfachten Gemisches. Zusätzlich führt auch die Verwendung unterschiedlicher Ausgangswerte für die Zusammensetzung und den Anteil jedes Teilgemisches zu geringfügig unterschiedlichen Werten der Methanzahl des vereinfachten Gemisches. Diese Unterschiede liegen innerhalb der Unsicherheiten dieses Verfahrens und es wird empfohlen, dass der endgültige Wert der Methanzahl vor der Angabe im Prüfbericht auf einen ganzzahligen Wert gerundet wird.

Im Fall von Beispiel 1 werden die Zusammensetzung und der Anteil von Teilgemischen in Tabelle A.5 (Spalten 4 bis 9) angeführt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die fünf angepassten Mengen unterstrichen dargestellt.

A.3.6 Berechnung der Methanzahl des vereinfachten Gemisches

Die Methanzahl des vereinfachten Gemisches wird aus dem gewichteten Mittelwert der Methanzahl der betreffenden ternären Teilgemische bestimmt:

$$MN' = \sum_{t=1}^{t=N_{\text{sys}}} (MN_t \cdot F_t) \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

MN' die Methanzahl des vereinfachten Gemisches

MN_t die Methanzahl des Teilgemisches t

F_t der Anteil des Teilgemisches t

N_{sys} die Anzahl der gewählten ternären Systeme.

Im Fall von Beispiel 1 führt das zu einer Methanzahl des vereinfachten Gemisches von $MN' = 74,9018$.

A.3.7 Berechnung der Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs

Die Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs wird durch Korrektur der Methanzahl des vereinfachten Gemisches zur Berücksichtigung des Vorhandenseins von Inertgasen im ursprünglichen gasförmigen Kraftstoff berechnet:

$$MN = MN' + MN_{\text{inerte}} - MN_{\text{Methan}} \quad (\text{A.5})$$

In der Originalarbeit von AVL [1] ist MN_{inerte} die Methanzahl eines Methan-Kohlenstoffdioxid-Stickstoff-Gemisches, das den gleichen Gehalt an Inertgasen hat wie das ursprüngliche Gemisch. In der Änderung von MWM wird MN_{inerte} jedoch für ein Methan-Kohlenstoffdioxid-Stickstoff-Gemisch berechnet, das nur Kohlenstoffdioxid und Methan enthält. MN_{Methan} wird für ein Methan-Kohlenstoffdioxid-Stickstoff-Gemisch berechnet, das reines Methan enthält, und beträgt 100,0003.

Die Methanzahl des Methan-Kohlenstoffdioxid-Stickstoff-Gemisches wird nach Formel (A.3) berechnet. In Tabelle A.2 sind die entsprechenden Koeffizienten aufgeführt (System A20).

Im Fall von Beispiel 1 besteht das Methan-Kohlenstoffdioxid-Stickstoff-Gemisch aus Methan (97,8750 Volumenteile, die Summe der Volumenteile von brennbaren Komponenten im vereinfachten Gemisch), Stickstoff (1,0400 Volumenteile) und Kohlenstoffdioxid (1,4600 Volumenteile) (Tabelle A.5, Spalte 10), das auf ein stickstofffreies Gemisch normiert wird, das aus Methan (Volumenanteil 98,5302 %) und Kohlenstoffdioxid (Volumenanteil 1,4698 %) besteht (Tabelle A.5, Spalte 11). Die Anwendung von Formel (A.3) führt zu einer Methanzahl von $MN_{\text{inerte}} = 101,4201$.

Aus der Anwendung von Formel (A.5) ergibt sich eine Methanzahl des gasförmigen Kraftstoffs von

$$74,901\,8 + 101,420\,1 - 100,000\,3 = 76,332\,17$$

Der Wert der Methanzahl wird im Prüfbericht als 76 angegeben.

A.4 Beispiel 2: Angereichertes Biomethan

A.4.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs

Dieses Beispiel veranschaulicht die Berechnung für ein durch Faulung entstandenes Biomethan, das durch Zugabe von Propan angereichert wurde. Die Zusammensetzung ist in Tabelle A.6 angegeben.

Im Fall von Beispiel 2 beträgt die Menge an Butanen:

$$0,146\,1 + 0,029\,2 \times 2,3 + 0,000\,0 \times 5,3 \\ = 0,213\,3 \text{ (Spalte 2)}$$

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

A.4.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme

Die Anwendung von Formel (A.1) auf Beispiel 2 führt zu den in Tabelle A.7 angeführten Werten für W_j .

A.4.3 Auswahl von ternären Gemischen

Die erste Komponente im vereinfachten Gemisch ist Propan und dieses ist in ternären Systemen vertreten, bei denen alle Komponenten im vereinfachten Gemisch vorliegen — A2, A4, A7 und A8. In diesem Fall wird A7 gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (10,665 2).

Die zweite Komponente im vereinfachten Gemisch ist Ethan und dieses ist im System A7 nicht vertreten, so dass die Auswahl des Systems fortgesetzt und System A4 gewählt wird, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (10,638 0).

Die dritte und die vierte Komponente im vereinfachten Gemisch sind im System A7 (Butan und Methan) und im System A4 (Methan) vertreten, so dass der Auswahlprozess erneut beginnt.

Der Auswahlprozess wird mit der ersten Komponente im vereinfachten Gemisch (Propan) wiederholt, das bereits in den gewählten Systemen A4 und A7 vertreten ist.

Die Auswahl wird mit der zweiten Komponente im vereinfachten Gemisch (Ethan) fortgesetzt, die in nur einem gewählten System (A4) vertreten ist, folglich wird System A8 gewählt, weil es den nächsthöheren Wert für die Eignung aufweist (9,050 8).

Alle Komponenten im vereinfachten Gemisch sind in mindestens zwei Systemen vertreten und der Auswahlprozess ist somit beendet. Die gewählten Systeme sind demzufolge: A4, A7 und A8.

A.4.4 Berechnung der Methanzahl

Nach einer vorläufigen Unterteilung des vereinfachten Gemisches ist die Berechnung der Methanzahl nach den Verfahren in A.3.3 bis A.3.7 für den gasförmigen Kraftstoff aus Beispiel 2 in Tabelle A.5 dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die fünf angepassten Mengen erneut unterstrichen dargestellt. Der erhaltene Wert der Methanzahl (69,033 6) wird im Prüfbericht als 69 angegeben.

A.5 Beispiel 3: 2H-Gas mit Zugabe von Wasserstoff

A.5.1 Vereinfachung der Zusammensetzung des gasförmigen Kraftstoffs

Dieses Beispiel veranschaulicht die Berechnung für das 2H-Gas mit der Zusammensetzung aus Beispiel 1, zu dem Wasserstoff hinzugefügt wurde. Die Zusammensetzung ist in Tabelle A.8 angegeben.

Im Fall von Beispiel 3 beträgt die Menge an Butanen

$$\begin{aligned} &= 0,190\,9 + 0,172\,7 + (0,036\,4 + 0,045\,5) \times 2,3 + 0,054\,5 \times 5,3 \\ &= 0,840\,8 \text{ (Spalte 2)} \end{aligned}$$

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

A.5.2 Berechnung der Eignung der ternären Systeme

Die Anwendung von Formel (A.1) auf Beispiel 3 führt zu den in Tabelle A.9 angeführten Werten für W_j .

A.5.3 Auswahl von ternären Gemischen

Die erste Komponente im vereinfachten Gemisch ist Wasserstoff und dieser ist in ternären Systemen vertreten, bei denen alle Komponenten im vereinfachten Gemisch vorliegen — A1, A5 und A6. In diesem Fall wird A1 gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (10,590 6).

Die zweite Komponente im vereinfachten Gemisch ist Propan und dieses ist im System A1 nicht vertreten, so dass die Auswahl des Systems fortgesetzt und System A5 gewählt wird, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (9,992 1).

Die dritte Komponente im vereinfachten Gemisch ist Ethan und dieses ist bereits im System A1 vertreten, so dass kein weiteres System gewählt wird.

Die vierte Komponente im vereinfachten Gemisch ist Butan und dieses ist in den bereits gewählten Systemen nicht vertreten. Es wird System A6 gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (9,966 8).

Die fünfte Komponente im vereinfachten Gemisch (Methan) ist in allen drei der bereits gewählten Systeme vertreten, so dass kein weiteres System erforderlich ist.

Die Auswahl wird mit der ersten Komponente im vereinfachten Gemisch (Wasserstoff) wiederholt, die bereits in den Systemen A1, A5 und A6 vertreten ist, so dass kein weiteres System erforderlich ist.

Die Auswahl wird mit der zweiten Komponente im vereinfachten Gemisch (Propan) fortgesetzt und das ternäre System A4 wird gewählt, weil es den größten Wert für die Eignung aufweist (9,774 9).

Die dritte Komponente im vereinfachten Gemisch (Ethan) ist in den Systemen A1 und A4 vertreten, so dass kein weiteres System erforderlich ist.

Die vierte Komponente im vereinfachten Gemisch (Butan) ist in nur einem gewählten System (A6) vertreten, folglich wird System A8 gewählt, weil es den nächsthöheren Wert für die Eignung aufweist (7,949 5).

Alle Komponenten im vereinfachten Gemisch sind jetzt in mindestens zwei der gewählten ternären Systeme vertreten und der Auswahlprozess ist beendet. Die gewählten Systeme sind demzufolge: A1, A4, A5, A6 und A8.

A.5.4 Berechnung der Methanzahl

Im Fall von Beispiel 3 werden fünf ternäre Teilgemische gewählt und somit sind fünfzehn Mengen zu bestimmen, von denen jedoch fünf durch Stoffbilanzbetrachtungen erhalten werden können.

$$N_{A8, \text{Methan}} = N_{\text{Methan}} - N_{A1, \text{Methan}} - N_{A4, \text{Methan}} - N_{A5, \text{Methan}} - N_{A6, \text{Methan}}$$

$$N_{A8, \text{Ethan}} = N_{\text{Ethan}} - N_{A1, \text{Ethan}} - N_{A4, \text{Ethan}}$$

$$N_{A5, \text{Propan}} = N_{\text{Propan}} - N_{A4, \text{Propan}}$$

$$N_{A8, \text{Butan}} = N_{\text{Butan}} - N_{A6, \text{Butan}}$$

$$N_{A6, \text{Wasserstoff}} = N_{\text{Wasserstoff}} - N_{A5, \text{Wasserstoff}} - N_{A1, \text{Wasserstoff}}$$

Die Zusammensetzung und der Anteil jedes Teilgemisches werden deshalb durch Anpassung von zehn Mengen bestimmt: der Mengen von Methan, Ethan und Wasserstoff in A1, der Mengen von Methan, Ethan und Propan in A4, der Mengen von Methan und Wasserstoff in A5 und der Mengen von Methan und Butan in A6.

Nach einer vorläufigen Unterteilung des vereinfachten Gemisches und der Berechnung der Methanzahl nach den Verfahren in A.3.3 bis A.3.7 ist die Methanzahl für den gasförmigen Kraftstoff aus Beispiel 3 in Tabelle A.8 dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die zehn angepassten Mengen unterstrichen dargestellt. Der erhaltene Wert der Methanzahl (75,695) wird im Prüfbericht als 76 angegeben.

A.5.5 Zusätzliche numerische Beispiele

In Tabelle A.10 sind die Ergebnisse von Berechnungen für eine Vielzahl von Zusammensetzungen zur ergänzenden Validierung von Software angeführt.

Tabelle A.1 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 1) — Vorläufige Aufteilung von Teilgemischen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Gemisch A4		Gemisch A7		Gemisch A8	
				$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A7,i}$	$V_{A7,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$
	% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil
Methan	90,090 0	90,090 0	92,046 0	<u>30,682 0</u>	89,749 0	<u>30,682 0</u>	96,396 8	30,682 0	90,281 8
Ethan	5,540 0	5,540 0	5,660 3	<u>2,830 1</u>	8,278 5			2,830 1	8,327 7
Propan	1,320 0	1,320 0	1,348 7	<u>0,674 3</u>	1,972 5	0,674 3	2,118 6		
Butane		0,925 0	0,945 1			<u>0,472 5</u>	1,484 6	0,472 5	1,390 5
i-Butan	0,210 0								
n-Butan	0,190 0								
i-Pentan	0,040 0								
n-Pentan	0,050 0								
Hexane+	0,060 0								
Stickstoff	1,040 0								
Kohlen- stoff- dioxid	1,460 0								
Wasser- stoff	0,000 0								
Gesamt	100,000 0	97,875 0	100,000 0	34,186 5	100,000 0	31,828 9	100,000 0	33,984 7	100,000 0

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Gemisch A4		Gemisch A7		Gemisch A8	
				$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A7,i}$	$V_{A7,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$
	% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil
Anteil, F_t					0,341 9		0,318 3		0,339 8
MN_t					76,248 9		77,377 7		71,970 6

Tabelle A.2 — Komponenten, Koeffizienten und deren Gültigkeitsbereiche von Formel (A.1) für ternäre Teilgemische

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
x:	Methan	Propan	Wasserstoff	Methan	Methan	Methan	Methan
y:	Wasserstoff	Ethan	Propan	Ethan	Wasserstoff	Wasserstoff	Propan
z:	Ethan	Butan	Propylen	Propan	Propan	Butan	Butan
a(0, 0)	4,362 819 0E+01	1,024 513 0E+01	1,862 794 0E+01	3,353 909 0E+01	3,475 804 0E+01	1,229 902 0E+01	1,016 914 0E+01
a(1, 0)	–9,250 887 0E–02	8,590 661 0E–02	–1,203 581 0E–01	–1,028 224 0E–01	–5,194 905 0E–01	–7,518 207 0E–01	4,366 612 0E–01
a(0, 1)	–1,048 858 0E–02	1,498 213 0E–01	1,087 109 0E–01	2,068 375 0E–01	5,473 705 0E–02	–4,510 370 0E–01	3,817 096 0E–02
a(2, 0)	1,644 927 0E–02	7,384 396 0E–03	1,929 801 0E–02	2,398 141 0E–02	4,405 446 0E–02	5,143 333 0E–02	–8,726 454 0E–02
a(1, 1)	–2,500 773 0E–03	9,570 504 0E–03	–1,305 063 0E–03	3,316 137 0E–03	2,642 531 0E–02	5,126 147 0E–02	–7,947 864 0E–03
a(0, 2)	–4,320 274 0E–03	5,136 971 0E–03	1,798 500 0E–03	–3,553 689 0E–03	–1,056 781 0E–02	1,786 630 0E–02	1,036 501 0E–02
a(3, 0)	–3,119 169 0E–04	–1,003 662 0E–04	–1,301 808 0E–03	–9,584 746 0E–04	–8,743 329 0E–04	–1,024 159 0E–03	5,939 795 0E–03
a(2, 1)	–6,048 696 0E–05	–2,020 327 0E–04	2,990 447 0E–05	–2,409 604 0E–04	–1,084 645 0E–03	–1,640 652 0E–03	3,267 886 0E–04
a(1, 2)	–5,352 801 0E–05	–4,580 277 0E–05	8,561 376 0E–05	3,941 840 0E–05	–3,555 327 0E–04	–1,002 240 0E–03	2,371 491 0E–04
a(0, 3)	6,850 742 0E–05	–5,685 615 0E–05	–2,583 667 0E–05	5,001 856 0E–05	2,289 769 0E–04	–1,427 912 0E–04	–1,615 215 0E–04
a(4, 0)	2,122 334 0E–06	4,127 305 0E–07	4,169 295 0E–05	2,005 288 0E–05	5,476 742 0E–06	6,699 563 0E–06	–1,854 127 0E–04
a(3, 1)	2,199 370 0E–06	1,251 138 0E–06	2,001 124 0E–07	3,458 510 0E–06	1,130 980 0E–05	1,566 121 0E–05	–3,308 586 0E–07
a(2, 2)	1,210 969 0E–06	3,114 703 0E–07	–6,854 646 0E–07	8,036 454 0E–07	7,987 488 0E–06	1,576 306 0E–05	–4,975 863 0E–06
a(1, 3)	2,970 658 0E–07	–3,140 157 0E–07	–6,262 613 0E–07	–4,333 876 0E–07	7,486 085 0E–07	5,249 888 0E–06	–8,782 291 0E–07
a(0, 4)	–6,713 802 0E–07	2,403 948 0E–07	1,198 789 0E–07	–2,504 256 0E–07	–1,634 024 0E–06	0,000 000 0E+00	7,740 840 0E–07
a(5, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	–6,952 638 0E–07	–2,115 417 0E–07	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	2,956 598 0E–06
a(6, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	5,798 984 0E–09	9,054 020 0E–10	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	–2,337 074 0E–08
a(7, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	–1,913 374 0E–11	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	7,322 348 0E–11
a(0, 5)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(0, 6)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
x(max), % Volumenanteil	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
x(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

y(max), % Volumenanteil	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
y(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
z(max), % Volumenanteil	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
z(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
x:	Methan	Methan	Methan	Methan	Methan	Ethan	Kohlenstoff- monoxid
y:	Ethan	Ethylen	Schwefel- wasserstoff	Ethan	Propylen	Propylen	Wasserstoff
z:	Butan	Butan	Butan	Schwefel- wasserstoff			
a(0, 0)	1,077 761 0E+01	-1,240 857 0E+05	1,838 850 6E+05	-1,178 846 6E+05	5,909 551 5E+01	3,155 070 0E+01	0,000 000 0E+00
a(1, 0)	1,647 490 0E-01	1,193 845 8E+04	-1,539 677 3E+04	1,125 104 3E+04	1,060 270 5E-01	7,974 940 0E-02	1,500 000 0E+00
a(0, 1)	-1,405 007 0E-01	-1,996 228 2E+02	-1,416 038 6E+01	-2,671 251 9E+02	-3,406 924 0E+00	-1,770 687 5E-01	0,000 000 0E+00
a(2, 0)	-5,198 730 0E-02	-4,857 481 1E+02	5,415 892 4E+02	-4,549 274 5E+02	-3,188 483 0E-03	4,865 967 5E-04	-7,500 000 0E-03
a(1, 1)	-7,044 869 0E-03	7,874 800 2E+00	5,677 548 4E-01	1,064 573 6E+01	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-7,500 000 0E-03
a(0, 2)	1,615 437 0E-02	2,592 980 4E+00	1,194 214 8E+00	3,666 942 1E+00	1,537 032 5E-01	4,865 967 5E-04	0,000 000 0E+00
a(3, 0)	3,991 315 0E-03	1,085 588 1E+01	-1,035 897 1E+01	1,012 050 5E+01	-1,080 121 0E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(2, 1)	1,479 482 0E-04	-1,026 670 3E-01	-7,707 103 3E-03	-1,398 604 8E-01	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(1, 2)	3,384 803 0E-04	-6,910 975 2E-02	-2,487 383 5E-02	-9,749 756 6E-02	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(0, 3)	-1,754 670 0E-04	-1,450 460 0E-02	-3,120 990 2E-02	-2,466 276 9E-02	-3,674 870 0E-03	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(4, 0)	-1,277 487 0E-04	-1,441 712 0E-01	1,160 308 3E-01	-1,340 117 2E-01	8,459 930 0E-06	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(3, 1)	2,756 444 0E-06	4,443 137 3E-04	3,308 338 2E-05	6,076 435 5E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(2, 2)	-4,041 667 0E-06	4,567 920 8E-04	1,731 178 2E-04	6,461 303 5E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(1, 3)	-1,971 021 0E-06	1,987 161 0E-04	4,175 449 0E-06	3,192 769 3E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(0, 4)	6,075 213 0E-07	2,693 718 2E-05	1,536 422 6E-03	7,629 291 3E-05	4,627 362 5E-05	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(5, 0)	2,015 703 0E-06	1,139 533 0E-03	-7,574 301 8E-04	1,057 975 0E-03	-1,392 874 5E-07	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

a(6, 0)	-1,558 017 0E-08	-4,970 333 6E-06	2,646 247 3E-06	-4,617 561 3E-06	7,163 830 0E-10	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(7, 0)	4,797 693 0E-11	9,240 634 8E-09	-3,760 603 9E-09	8,606 316 3E-09	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(0, 5)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-3,565 003 0E-05	0,000 000 0E+00	-2,905 423 0E-07	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
a(0, 6)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	3,066 844 8E-07	0,000 000 0E+00	7,163 830 0E-10	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00
x(max), % Volumenanteil	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
x(min), % Volumenanteil	0,0	75,0	75,0	75,0	0,0	0,0	0,0
y(max), % Volumenanteil	100,0	25,0	25,0	25,0	100,0	100,0	100,0
y(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
z(max), % Volumenanteil	100,0	25,0	25,0	25,0			
z(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	0,0	0,0			
	A15	A16	A17	A18	A20		
x:	Ethan	Propan	Butadien	Butylen	Methan		
y:	Ethylen	Ethylen			Kohlenstoffdioxid		
z:					Stickstoff		
a(0, 0)	2,965 559 5E+01	2,449 475 5E+01	1,200 000 0E+01	2,000 000 0E+01	2,991 743 0E+02		
a(1, 0)	1,706 468 5E-01	1,367 657 5E-01	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-1,511 958 0E+01		
a(0, 1)	-1,234 440 5E-01	-5,459 790 0E-02	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-3,115 636 0E-01		
a(2, 0)	-2,360 140 0E-04	-4,108 391 5E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	7,635 948 0E-01		
a(1, 1)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	4,548 069 0E-02		
a(0, 2)	-2,360 140 0E-04	-4,108 391 5E-04	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	1,123 041 0E-02		
a(3, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-2,376 263 0E-02		
a(2, 1)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-7,856 294 0E-04		
a(1, 2)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	6,555 709 0E-04		
a(0, 3)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-2,146 855 0E-03		

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

a(4, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	4,355 494 0E-04		
a(3, 1)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	3,860 668 0E-06		
a(2, 2)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	1,381 699 0E-06		
a(1, 3)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-7,933 902 0E-06		
a(0, 4)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	6,699 364 0E-05		
a(5, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-4,607 726 0E-06		
a(6, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	2,610 570 0E-08		
a(7, 0)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-6,143 914 0E-11		
a(0, 5)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	-8,369 387 0E-07		
a(0, 6)	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	0,000 000 0E+00	3,928 073 0E-09		
x(max), % Volumenanteil	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		
x(min), % Volumenanteil	0,0	0,0	100,0	100,0	50,0		
y(max), % Volumenanteil	100,0	100,0			30,0		
y(min), % Volumenanteil	0,0	0,0			0,0		
z(max), % Volumenanteil					50,0		
z(min), % Volumenanteil					0,0		

Tabelle A.3 — Berechnung von V_{sum_i}

	$\min (100, [V_{max_{i,j}} + 15])$										
System	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H2S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan
1	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	100
2	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0
3	0	0	0	0	100	0	100	100	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100

Tabelle A.3 (fortgesetzt)

	$\min (100,[V_{\max_{i,j}} + 15])$										
System	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H2S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan
5	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	100
6	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	100
7	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	100
8	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
9	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40	100
10	0	0	0	0	0	40	0	0	0	40	100
11	0	0	0	0	0	40	0	0	40	0	100
12	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
13	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
14	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
15	0	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0
16	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
17	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
V_{sum_i}	100	100	100	240	300	80	500	600	640	480	1 000

Tabelle A.4 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 1)

	V_i											
	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H2S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	
	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,348 7	5,660 3	0,945 1	92,046 0	
	$\frac{V_i \cdot V_{\max_{i,j}}}{V_{\text{sum}_i}}$											
System	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H2S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	W_j
1	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,884 4	0,000 0	9,204 6	10,089 0

Tabelle A.4 (fortgesetzt)

2	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,884 4	0,196 9	0,000 0	1,306 1
3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8
4	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,884 4	0,000 0	9,204 6	10,313 8
5	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,000 0	0,000 0	9,204 6	9,429 4
6	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,196 9	9,204 6	9,401 5
7	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,000 0	0,196 9	9,204 6	9,626 3
8	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,884 4	0,196 9	9,204 6	10,285 9
9	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,078 8	9,204 6	9,283 4
10	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,078 8	9,204 6	9,283 4
11	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,353 8	0,000 0	9,204 6	9,558 4
12	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	9,204 6	9,204 6
13	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,884 4	0,000 0	0,000 0	0,884 4
14	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
15	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,884 4	0,000 0	0,000 0	0,884 4
16	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,224 8
17	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
18	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0

Tabelle A.5 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Zusammensetzung 1) — endgültige Berechnung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Gemisch A4		Gemisch A7		Gemisch A8		Gemisch A20	
				$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A7,i}$	$V_{A7,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$	$N_{A20,i}$	$V_{A20,i}$
	% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil
Methan	90,090 0	90,090 0	92,046 0	<u>27,939 0</u>	88,710 8	<u>27,341 7</u>	95,820 5	36,765 3	91,979 3	97,875 0	98,530 2
Ethan	5,540 0	5,540 0	5,660 3	<u>2,901 2</u>	9,211 9			2,759 0	6,902 5		
Propan	1,320 0	1,320 0	1,348 7	<u>0,654 2</u>	2,077 3	0,694 4	2,433 7				

Tabelle A.5 (fortgesetzt)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Gemisch A4		Gemisch A7		Gemisch A8		Gemisch A20	
				$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A7,i}$	$V_{A7,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$	$N_{A20,i}$	$V_{A20,i}$
	% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil
Butane		0,925 0	0,945 1			<u>0,498 2</u>	1,745 8	0,446 9	1,118 1		
<i>i</i> -Butan	0,210 0										
<i>n</i> -Butan	0,190 0										
<i>i</i> -Pentan	0,040 0										
<i>n</i> -Pentan	0,050 0										
Hexane+	0,060 0										
Stickstoff	1,040 0									1,040 0	0,000 0
Kohlenstoffdi- oxid	1,460 0									1,460 0	1,469 8
Wasserstoff	0,000 0	0,000 0	0,000 0								
Gesamt	100,000 0	97,875 0	100,000 0	31,494 4	100,000 0	28,534 3	100,000 0	39,971 3	100,000 0	100,375 0	100,000 0
Anteil, F_t					0,314 9		0,285 3		0,399 7		
MN_t					74,901 7		74,901 9		74,901 9		101,420 1

ΔMN 0,000 262
 MN' 74,901 8
 MN 76,321 7

Tabelle A.6 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 2) — endgültige Berechnung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Gemisch A4		Gemisch A7		Gemisch A8		Gemisch A20	
				$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A7,i}$	$V_{A7,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$	$N_{A20,i}$	$V_{A20,i}$
	% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil		% Volumen- anteil
Methan	86,647 5	86,647 5	89,857 5	<u>41,118 8</u>	88,818 1	<u>46,379 7</u>	90,661 6	2,359 0	92,599 5	96,427 7	96,391 1
Ethan	0,116 9	0,116 9	0,121 2	<u>0,058 5</u>	0,126 3			0,062 8	2,463 2		
Propan	9,450 0	9,450 0	9,800 1	<u>5,118 2</u>	11,055 6	4,681 9	9,152 0				
Butane		0,213 3	0,221 2			<u>0,095 4</u>	0,186 4	0,125 8	4,937 3		
<i>i</i> -Butan	0,000 0										
<i>n</i> -Butan	0,146 1										
<i>i</i> -Pentan	0,000 0										
<i>n</i> -Pentan	0,029 2										
Hexane+	0,000 0										
Stickstoff	0,000 0									0,000 0	0,000 0
Kohlenstoffdi- oxid	3,610 3									3,610 3	3,608 9
Wasserstoff	0,000 0	0,000 0	0,000 0								
Gesamt	100,000 0	96,427 7	100,000 0	46,295 5	100,000 0	51,156 9	100,000 0	2,547 6	100,000 0	100,038 0	100,000 0
Anteil, F_t					0,463 0		0,511 6		0,025 5		
MN_t					65,303 9		65,305 9		65,303 9		103,729 0

ΔMN 0,002 016
 MN' 65,304 9
 MN 69,033 6

Tabelle A.7 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 2)

	V_i											
	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H ₂ S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	
	0,000 0	0,000	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	9,800 1	0,121 2	0,221 2	89,857 5	
	$\frac{V_i \cdot V_{max_{i,j}}}{V_{sum_i}}$											
System	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H ₂ S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	W_j
1	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 9	0,000 0	8,985 8	9,004 7
2	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,018 9	0,046 1	0,000 0	1,698 4
3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3
4	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,018 9	0,000 0	8,985 8	10,638 0
5	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,000 0	0,000 0	8,985 8	10,619 1
6	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,046 1	8,985 8	9,031 8
7	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,000 0	0,046 1	8,985 8	10,665 2
8	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 9	0,046 1	8,985 8	9,050 8
9	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 4	8,985 8	9,004 2
10	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 4	8,985 8	9,004 2
11	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,007 6	0,000 0	8,985 8	8,993 3
12	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	8,985 8	8,985 8
13	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 9	0,000 0	0,000 0	0,018 9
14	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
15	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,018 9	0,000 0	0,000 0	0,018 9
16	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,633 3
17	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
18	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0

Tabelle A.8 — Praktisches Beispiel für die Berechnung der Methanzahl (Beispiel 3) — endgültige Berechnung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
				Gemisch A1		Gemisch A4		Gemisch A5		Gemisch A6		Gemisch A8		Gemisch A20	
				$N_{A1,i}$	$V_{A1,i}$	$N_{A4,i}$	$V_{A4,i}$	$N_{A5,i}$	$V_{A5,i}$	$N_{A6,i}$	$V_{A6,i}$	$N_{A8,i}$	$V_{A8,i}$	$N_{A20,i}$	$V_{A20,i}$
	% Vo-lumen-anteil		% Vo-lumen-anteil		% Vo-lumen-anteil		% Vo-lumen-anteil		% Vo-lumen-anteil		% Volumen-anteil		% Volumen-anteil		% Volumen-anteil
Methan	85,991	85,991	87,685	<u>14,001</u>	80,221	<u>16,424</u>	88,778	<u>14,270</u>	84,092	<u>15,601</u>	89,710	27,389	92,258	98,068	98,665
Ethan	5,036	5,036	5,136	<u>1,667</u>	9,549	<u>1,599</u>	8,645					1,870	6,298		
Propan	1,200	1,200	1,224			<u>0,477</u>	2,577	0,747	4,402						
Butane		0,841	0,857							<u>0,429</u>	2,465	0,429	1,444		
<i>i</i> -Butan	0,191														
<i>n</i> -Butan	0,173														
<i>i</i> -Pentan	0,036														
<i>n</i> -Pentan	0,046														
Hexane+	0,055														
Stickstoff	0,946													0,946	0,000
Kohlenstoffdioxid	1,327													1,327	1,335
Wasserstoff	5,000	5,000	5,099	1,785	10,229			1,952	11,506	1,361	7,824				
Gesamt	100,000	98,068	100,000	17,453	100,000	18,500	100,000	16,969	100,000	17,391	100,000	29,687	100,000	100,341	100,000
Anteil, F_t					0,175		0,185		0,170		0,174		0,297		
MN_t					74,411		74,411		74,411		74,411		74,411		101,284

ΔMN 0,000 12
 MN' 74,411
 MN 75,695

Tabelle A.9 — Berechnung der Eignung W_j (Beispiel 3)

	V_i											
	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H ₂ S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	
	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	5,098 5	1,223 6	5,135 6	0,857 4	87,684 9	
	$\frac{V_i \cdot V_{max_{i,j}}}{V_{sum_i}}$											
System	CO	Butadien	Butylen	Ethylen	Propylen	H ₂ S	Wasserstoff	Propan	Ethan	Butan	Methan	W_j
1	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7	0,000 0	0,802 4	0,000 0	8,768 5	10,590 6
2	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,203 9	0,802 4	0,178 6	0,000 0	1,185 0
3	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7	0,203 9	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,223 6
4	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,203 9	0,802 4	0,000 0	8,768 5	9,774 9
5	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7	0,203 9	0,000 0	0,000 0	8,768 5	9,992 1
6	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7	0,000 0	0,000 0	0,178 6	8,768 5	9,966 8
7	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,203 9	0,000 0	0,178 6	8,768 5	9,151 0
8	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,802 4	0,178 6	8,768 5	9,749 5
9	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,071 4	8,768 5	8,839 9
10	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,071 4	8,768 5	8,839 9
11	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,321 0	0,000 0	8,768 5	9,089 5
12	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	8,768 5	8,768 5
13	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,802 4	0,000 0	0,000 0	0,802 4
14	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	1,019 7
15	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,802 4	0,000 0	0,000 0	0,802 4
16	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,203 9	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,203 9
17	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0
18	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,000 0

Tabelle A.10 — Zusätzliche numerische Beispiele zur Validierung von Software

Komponente	Ge-misch 1	Ge-misch 2	Ge-misch 3	Ge-misch 4	Ge-misch 5	Ge-misch 6	Ge-misch 7	Ge-misch 8	Ge-misch 9	Ge-misch 10	Ge-misch 11	Ge-misch 12	Ge-misch 13	Ge-misch 14	Ge-misch 15	Ge-misch 16
Kohlenstoffdioxid		1,00	0,20	2,30	2,00		3,90									
Stickstoff	13,00	13,00	0,20	0,80	0,74	3,70	0,40									
Sauerstoff																
Wasserstoff								70	5	5	65	5	50	5	20	90
Kohlenstoffmonoxid													20			
Methan	83,53	82,43	94,68	86,30	87,34	84,62	85,58	15	80	70	10	65	5	75	55	4
Ethylen										5	5	5	5			
Ethan	3,47	3,00	3,20	8,70	7,00	8,00	5,70	5	5	5	5	5	5	5	5	2
Propylen										5	5	5	5			
Propan		0,20	1,05	1,60	2,20	1,70	2,10	5	5	5	5	5	5	5	5	2
Butylen																
Butan		0,27	0,47	0,30	0,41	1,47	0,90	5	5	5	5	5	5	5	5	2
Pentan		0,10	0,20		0,11	0,51	0,82									
Hexane+					0,20		0,60									
Schwefelwasserstoff												5		5	10	
Gesamt	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Methanzahl	90,02	85,03	80,00	75,03	70,02	65,00	59,97	21,55	53,20	41,25	19,59	35,01	23,89	44,15	30,45	10,04

Tabelle A.10 (fortgesetzt)

Kompo- nente	Ge- misch 1	Ge- misch 2	Ge- misch 3	Ge- misch 4	Ge- misch 5	Ge- misch 6	Ge- misch 7	Ge- misch 8	Ge- misch 9	Ge- misch 10	Ge- misch 11	Ge- misch 12	Ge- misch 13	Ge- misch 14	Ge- misch 15	Ge- misch 16
Aus- gewählte ternäre Gemische	A1	A4	A4	A4	A4	A4	A4	A1	A1	A1	A1	A6	A1	A5	A1	A1
	A4	A7	A7	A7	A7	A7	A7	A3	A5	A6	A3	A7	A2	A6	A5	A3
		A8	A8	A8	A8	A8	A8	A5	A6	A7	A6	A8	A3	A7	A6	A5
								A6	A7	A8	A7	A9	A6	A8	A7	A6
								A8	A8	A9	A12	A10	A13	A10	A10	A8
										A12	A15	A11	A14	A11	A11	
										A16	A16	A12	A15	A16		