

EICHORDNUNG FÜR GASBESCHAFFENHEITSMESSGERÄTE UND DVGW-ARBEITSBLATT G486

Neue Richtlinien für die Gasmessung

Der Energieinhalt des Gases ist eine Schlüsselgröße für die Stoff- und Geldströme im Erdgas-handel. Zur Bestimmung des Energieinhaltes E einer transportierten Gasmenge wird das im Betriebszustand (T_b , p_b) gemessene Betriebsvolumen V_b durch Zustandsmengenumwertung auf das Normvolumen V_n im Referenzzustand ($T_n = 273,15\text{K}$, $p_n = 1013,25\text{mbar}$) umgerechnet. Dann wird es mit dem volumetrischen Normbrennwert $H_{o,n}$ multipliziert. Da Erdgas kein ideales Gas ist, muss dabei die variable Kompressibilität K (K-Zahl) berücksichtigt werden. Sie hängt wiederum von der Beschaffenheit des Gases und vom Betriebszustand ab.

$$E = V_n \cdot H_{o,n} = \frac{p_b \cdot T_n}{p_n \cdot T_b} \cdot \frac{1}{K} \cdot V_b \cdot H_{o,n}$$

Für die Berechnung der Kompressibilitätszahl wurden in der Vergangenheit verschiedene komplexe Algorithmen entwickelt, die das physikalische Verhalten des realen Erdgases beschreiben. Die gebräuchlichsten sind das AGA8-92DC- und das SGERG-88-Verfahren, beide wurden in der internationalen Norm ISO 12213-1 bis -3 definiert.

Das AGA8-92DC-Verfahren benötigt als Eingangsgrößen neben Betriebstemperatur T_b und Betriebsdruck p_b die Stoffmengen zusammensetzung x_i des Gases in 21 Komponenten. Dieses Verfahren erfordert somit die detaillierte Gasanalyse mit einem Gaschromatographen:

$$K_{AGA8} = \text{Funktion}(T_b, p_b, x_{CH_4}, x_{N_2}, x_{CO_2}, x_{C_2H_6}, x_{C_3H_8}, x_{n-C_4H_{10}}, x_{i-C_4H_{10}}, x_{n-C_5H_{12}}, x_{i-C_5H_{12}}, x_{n-C_6H_{14}}, x_{n-C_7H_{16}}, x_{n-C_8H_{18}}, x_{n-C_9H_{20}}, x_{n-C_{10}H_{22}}, x_{He}, x_{Ar}, x_{H_2}, x_{O_2}, x_{CO}, x_{H_2O}, x_{H_2S})$$

Einige dieser Komponenten sind in natürlichen Erdgasen praktisch nicht vertreten; sie werden daher auch nicht gemessen und in der Berechnung auf null gesetzt.

Zur Berechnung der K-Zahl nach SGERG-88-Verfahren werden der Betriebszustand (T_b , p_b), der volumetrische Normbrennwert $H_{o,n}$, die Normdichte ρ_n und die Stoffmengenanteile von Kohlendioxid x_{CO_2} und Wasserstoff x_{H_2} benötigt. Natürliches Erdgas enthält in der Regel keine nennenswerten Mengen von Wasserstoff; seine Konzentration wird daher für die Berechnung auf null gesetzt.

$$K_{SGERG} = \text{Funktion}(T_b, p_b, H_{o,n}, \rho_n, x_{CO_2}, x_{H_2})$$

Die Bestimmung der Gasbeschaffenheits-Eingangsgrößen erfolgte früher typischerweise mit Kalorimeter, Dichtewaage und CO_2 -Infrarot-Photometer. Diese klassische Messtechnik wurde und wird zunehmend durch komfortablere und leistungsfähigere neue Messverfahren ersetzt. Vereinzelt kommen eichfähige korrelative Messsysteme zum Einsatz, die die erforderlichen Eingangsgrößen der SGERG-88 einfach, schnell und kontinuierlich bestimmen (z. B. gas-lab Q1). In der Regel werden jedoch Gaschromatographen wie z. B. der EnCal 3000 verwendet. Sie liefern die Stoffmengen zusammensetzung des Gases, aus der wiederum die gewünschten Eingangsgrößen nach ISO 6976 berechnet werden können.

Beide Verfahren haben in ihren Anwendungsbereichen eine Verfahrensunsicherheit von 0,1%. Im Vergleich der Eingangsgrößen der beiden Verfahren stellt man jedoch fest, dass das SGERG-88-Verfahren weniger Informationen über die detaillierte Gaszusammensetzung verarbeitet. Es erreicht seine geringe Verfahrensunsicherheit daher nur bei typischen natürlichen Erdgasen, deren Kohlenwasserstoffkonzentrationen stetig und in einer typischen Bandbreite von Stoffmengenverhältnissen mit der Kohlenwasserstoffordnung abnehmen.

Diese Beschränkung der SGERG-Gleichung gewann für die praktische Gasmessung an Bedeutung, als 2004 erkannt wurde, dass in deutschen Transportnetzen auch künstlich behandelte untypische Gase verteilt werden, die das SGERG-88-Verfahren nicht gut beschreibt. Die betreffenden Gase entstehen bei der Flüssiggasgewinnung (LPG) aus H-Gas durch künstliche Entfernung der Kohlenwasserstoffe ab Propan. Charakteristikum dieser Gase ist daher ein relativ hoher Ethan-Anteil neben sehr geringen Anteilen höherer Kohlenwasserstoffe.

Die Abbildung 1 illustriert die Abweichung der SGERG-88-Gleichung relativ zur AGA8-Gleichung für typische natürliche Erdgase und behandeltes H-Gas. Bei den betrachteten typischen Erdgasen liegt die relative Abweichung zwischen beiden Berechnungsverfahren über dem gesamten Anwendungsbereich innerhalb der Verfahrensunsicherheit der Algorithmen. Beim behandelten H-Gas hingegen nimmt der Fehler mit dem Druck zu und erreicht über 40 bar signifikante Werte. Diese praktischen Einschränkungen in der Anwendung der SGERG-88-Gleichung führten nun zu Neuerungen in den technischen Richtlinien der Gasmessung in Deutschland.

Zweites Beiblatt zur DVGW-Richtlinie G486

Die Berechnung und Anwendung von Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen von Erdgasen werden im DVGW-Arbeitsblatt G486 geregelt. Bis 2005 war demnach in Deutschland nur das SGERG-Verfahren für die eichamtliche Zustandsmengenbewertung vorgesehen. Im August 2005 wurde diese technische Regel durch das zweite Beiblatt erweitert, die nun auch die detaillierte AGA8-92DC-Gleichung zulässt. Dieses Verfahren ist für alle Erdgase und Betriebszustände im Gültigkeitsbereich geeignet. Der Anwendungsbereich des SGERG-88-Verfahrens wird jedoch wie folgt eingeschränkt: Das SGERG-Verfahren kann weiterhin verwendet werden für „typische Erdgase“ und deren Gemische. Zur Identifikation „typischer Erdgase“ wird ein so genanntes **Kohlenwasserstoffkriterium** herangezogen, mit dem die Stoffmengenverhältnisse von Ethan (x_{C2}), Propan (x_{C3}) und der Summe aller Kohlenwasserstoffe ab Butan (x_{C4+}) überprüft werden. Das Kriterium gilt als bestanden, wenn folgende Bedingungen für die Stoffmengenanteile (in mol %) erfüllt werden:

$$0,3 \cdot x_{C2} - 1,0 < x_{C3} < 0,3 \cdot x_{C2} + 1,0$$

$$0,1 \cdot x_{C2} - 0,3 < x_{C4+} < 0,1 \cdot x_{C2} + 0,3$$

Der systematische Verfahrensfehler der SGERG-Gleichung bei untypischen Gasen nimmt mit dem Druck zu. Bei Betriebsdrücken $p \leq 26$ bar (absolut) sind die Abweichungen noch vernachlässigbar, so dass die Gleichung für jedes Erdgas ohne weitere Prüfung angewendet werden kann.

Das zweite Beiblatt zur G486 beschreibt außerdem ein bedingtes Korrekturverfahren für bestehende Anlagen, in denen das Kohlenwasserstoff- oder Druckkriterium nicht erfüllt wird. Für die genaue Erläuterung der Bedingungen, Übergangs- und Ausnahmeregelungen möchten wir hier auf den Originaltext verweisen.

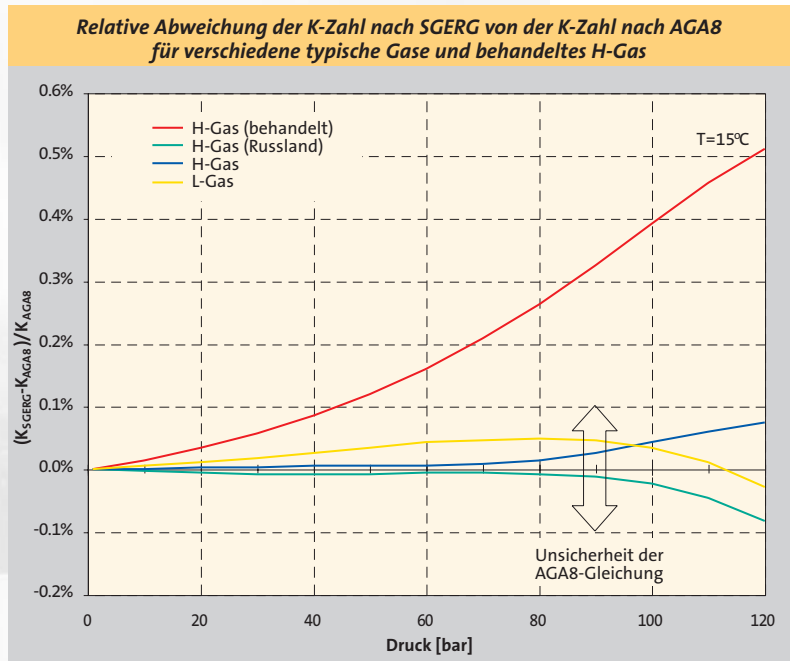


Abb. 1: Vergleich der K-Zahl-Berechnung nach SGERG-88- und AGA8-92DC-Verfahren für verschiedene typische Erdgase und behandeltes H-Gas (Entfernung der Kohlenwasserstoffe ab einschließlich Propan zur Flüssiggasgewinnung)

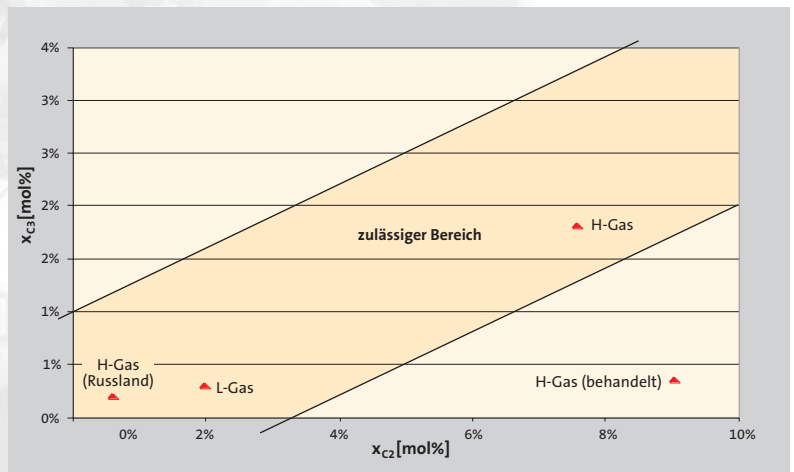


Abb. 2a: Kohlenwasserstoffkriterium: Grenzen des Stoffmengenanteils x_{C3} in Abhängigkeit von x_{C2}

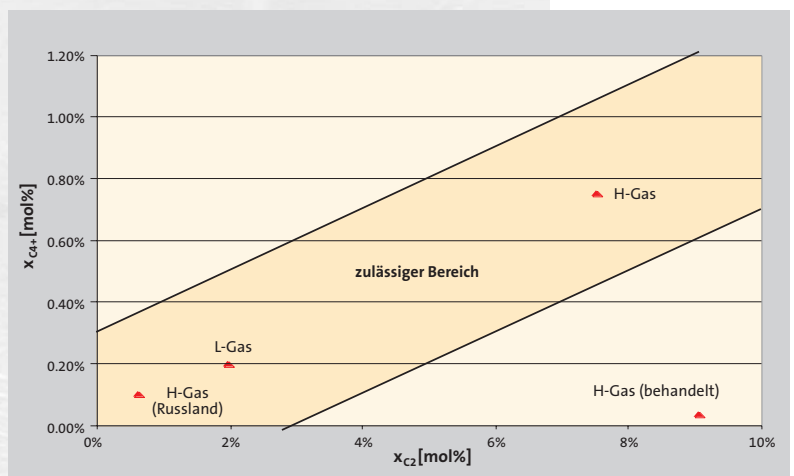


Abb. 2b: Kohlenwasserstoffkriterium: Grenzen des Stoffmengenanteils x_{C4+} in Abhängigkeit von x_{C2}

Literatur

ISO 12213-1,-2,-3

DVGW G486, 2. Bei-
blatt

ISO 6976

Entwurf der neuen
Eichordnung
(Anlage 7: Messgeräte
für Gas, Abschnitt 6,
Abschnitt 7)**Entwurf einer neuen Eichordnung für Gas-
beschaffenheitsmessgeräte**

Das Arbeitsblatt G486 schreibt vor, dass in der Regel geeichte Messgeräte für die Bestimmung der Eingangsgrößen der K-Zahl-Berechnungsverfahren zu verwenden sind. Für die AGA8-Gleichung bedeutet dies eine eichfähige Messung der maßgeblichen Stoffmengenkonzentrationen des Gases. Die bisherige Eichordnung sieht jedoch keine eichfähige Stoffmengenanalyse von Gaschromatographen vor; sie betrachtet vielmehr lediglich die Größen (z. B. Brennwert, Dichte), die aus der Analyse abgeleitet werden können. Ein aktueller Entwurf für eine neue Eichordnung (Anlage 7: Messgeräte für Gas) definiert daher zwei Klassen von Gasbeschaffenheitsmessgeräten:

Brennwertmessgeräte

Diese Geräte bestimmen die bei der Verbrennung frei werdende Wärme des Gases. Vertreter dieser Klasse sind Kalorimeter, Analysengeräte zur Bestimmung der Gaszusammensetzung (z. B. Gaschromatographen), korrelative oder stöchiometrische Messverfahren.

Geräte zur Bestimmung der Gasbeschaffenheit

Diese Geräte liefern Messgrößen für die Berech-

nung der Kompressibilitätszahl oder anderer Gasgrößen nach anerkannten Verfahren. Vertreter dieser Geräteklasse sind wiederum Analysenmessgeräte zur Bestimmung der Gaszusammensetzung (z. B. Gaschromatographen) oder Messgeräte, die einzelne Gasbestandteile oder Gasbeschaffenheitsgrößen bestimmen. Im Rahmen der Definition dieser Geräteklasse werden neue Eichfehlergrenzen für die Konzentrationen der einzelnen Gaskomponenten festgelegt.

Fazit

Die beschriebenen Neuerungen in den Richtlinien machen die Gasmessung technisch anspruchsvoller. Sie folgen damit den aktuellen technischen Gegebenheiten in der Gaswirtschaft, um auch künftig in allen praxisrelevanten Situationen eine hohe Qualität der Gasmessung zu gewährleisten. Die Produkte von Elster-Instromet halten mit dieser Entwicklung Schritt: So werden unsere Mengenumwerter gas-net Z0, Z1 und F1 bereits seit 2005 zusätzlich mit der K-Zahl-Berechnung nach AGA8-92-DC angeboten. Für unseren neuen Prozess-Gaschromatographen EnCal 3000 wurde bei der PTB der Antrag auf Baumusterzulassung der eichfähigen Stoffmengenanalyse gestellt.