

Maßnahmen zur technischen

Reduzierung von Methanemissionen im Gasverteilnetz

Der Energieträger Erdgas soll nach Einschätzung des Bundeswirtschaftsministeriums auch über das Jahr 2030 hinaus ein wichtiges Element der Energiewende sein und die erneuerbaren Energien optimal ergänzen. In diesem Zusammenhang ist es unerlässlich, die Methanemissionen des Erdgassektors entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiter zu reduzieren. Wie dies gelingen kann und welche konkreten Handlungsempfehlungen für Gasnetzbetreiber, Hersteller wie auch für Gesetzgebung und Politik bestehen, wurde im Rahmen des DVGW-Forschungsprojekts „ME-Red DSO“ (Förder-Nr.: G 201813) eingehend untersucht.

von: Anna Köllmer & Charlotte Große (beide: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH)

Im Oktober 2019 hat der Dialogprozess „Gas 2030“ des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) verdeutlicht, dass gasförmige CO₂-freie bzw. neutrale Energieträger ein fester Bestandteil in der Energiewende sein werden [1]. Gleichzeitig wurde betont, dass Erdgas in der Energieversorgung und in der Industrie auch über das Jahr 2030 hinaus von Bedeutung sein wird: Neben der zukünftigen Substitution von fossilen Kohlenwasserstoffen (z. B. durch Wasserstoff) ist die Gewährleistung emissionsarmer Gasinfrastrukturen auf dem Weg zu einer CO₂-freien bzw. neutralen Energieversorgung unerlässlich. Die Methan-

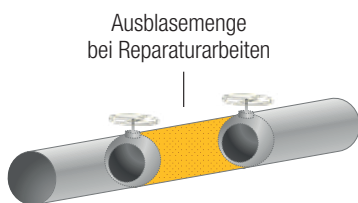
emissionen des Erdgassektors beliefen sich laut der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) im Jahr 2017 auf rund 192 Kilotonnen CH₄ (kt_{CH₄}) [2]. Seit dem Jahr 1990 konnten diese Emissionen bereits um ca. 40 Prozent (von 318 kt_{CH₄} auf 192 kt_{CH₄}) gesenkt werden – im Bereich des Gasverteilnetzes sogar um mehr als 60 Prozent (von 233 kt_{CH₄} auf 86 kt_{CH₄}).

Hauptursachen für diese Emissionsminderung im Gasverteilnetz sind der Austausch schadensauffälliger Leitungsabschnitte, die Errichtung von Baggerschaden-Demonstrationsanla-

gen zur Vorbeugung von Schäden durch Fremdeinwirkungen im Zuge von Tiefbauarbeiten sowie die Senkung von Ausblaseemissionen durch geänderte Betriebsweisen (beispielsweise vorheriges Absenken des Leitungsdrucks über nachgelagerte Abnehmer). Um diese Entwicklung weiter voranzutreiben, wurde mit dem DVGW-Projekt „Erstellung eines Leitfadens mit Maßnahmen zur technischen Reduzierung von Methanemissionen im Gasverteilnetz (ME-Red DSO)“ ein Leitfaden für technische Maßnahmen zur Reduzierung der Methanemissionen im Erdgasverteilnetz erarbeitet.

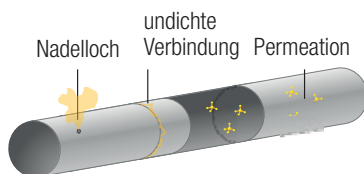
Tabelle 1: Überblick über die verschiedenen Arten von Methanemissionen

betriebsbedingte Emissionen



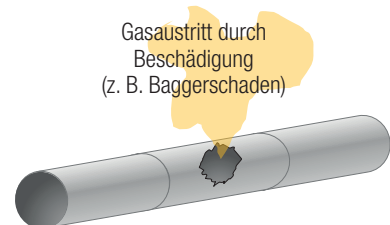
Emissionen aus Ausblasen und Spülen bei (Wieder-)Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme
Speziell an Anlagen: Messströme

intrinsische Emissionen



Emissionen aus: Kleinstlöchern und Rissen, die in einer Überprüfung gefunden werden, technische Undichtheiten an Absperrarmaturen, Regelventilen, Flanschen etc. sowie Permeation

Emissionen bei Störungen



Emissionen nach Störungen, z. B. durch Erdbewegungen oder Drittschäden, die sofort gemeldet werden

Quelle: DBI

Tabelle 2: Maßnahmen zur Verminderung von Methanemissionen

Kategorie	Maßnahmen
Verminderung von betriebsbedingten Emissionen an Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung des Betriebsdrucks durch nachgelagerte Abnehmer • Abquetschen von Rohrleitungen • Absperrblasen setzen • Stopp-Verfahren • mobile Fackel
Verminderung von intrinsischen ³ Emissionen an Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> • Rohrleitungsaustausch • Sanierung mit PE-Linern • kathodischer Korrosionsschutz • Druckmanagementsysteme • Überprüfung von Gasrohrnetzen • Gasströmungswächter (Emissionen bei Störungen)
Verminderung von Emissionen an GDRMA	<ul style="list-style-type: none"> • zustandsorientierte Instandhaltung • Ausbau von Sicherheitsabblaseventilen • Einsatz von Ultraschall-Messgeräten
neue, innovative Maßnahmen (Ausblick)	<ul style="list-style-type: none"> • Vakuumpumpe • permeationshemmende Rohre • mobiler Verdichter • Forschungsprojekt „Megan“

Quelle: DBI

Grundlagen

Die Umweltfreundlichkeit des Energieträgers (Erd-)Gas wird auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene von einigen Akteuren immer wieder in Frage gestellt. Besonders kritisiert werden dabei die möglichen Vorkettenemissionen von Erdgas, welche durch das hohe Treibhauspotenzial (engl.: Global Warming Potenzial (GWP)) von Methan (GWP100 = 25–34¹) die Vorteile der geringen CO₂-Emissionen von Erdgas bei dessen Verbrennung kompensieren könnten. Hierzu wurden eine Reihe von Studien durchgeführt, wobei eine von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene und von EXERGIA durchgeführte Studie mit dem Titel „Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas“ vermutlich den höchsten Einfluss auf Deutschland und Europa hatte und zahlreiche Folgeaktivitäten ausgelöst hat [3]. Zwar wurden die Ergebnisse der EXERGIA-Studie teilweise widerlegt [4, 5], jedoch hat sie deutlich ge-

macht, wie wichtig es ist, die Methanemissionen entlang der gesamten Erdgaswertschöpfungskette zu erfassen, weiter zu reduzieren und transparent zu kommunizieren.

In verschiedenen Studien wurden bereits Technologien zusammengetragen, die zur Reduzierung von Methanemissionen im Gasnetz beitragen können (z. B. Gas STAR-Programm der US EPA [6], MARCOGAZ best practices for reduction of CH₄ emissions [7]). Viele der vorhandenen Maßnahmen sind den Netzbetreibern jedoch bislang nicht ausreichend bekannt oder bestimmte Einflussfaktoren (z. B. die öffentliche Wahrnehmung) sprechen gegen einen Einsatz. Weiterhin werden viele Technologien (z. B. mobile Verdichter) bereits im Gastransportnetz eingesetzt, allerdings für deutlich größere Gasmengen.

Im Projekt ME-Red DSO wurde ein Leitfadensystem mit technischen Maßnahmen erstellt, der im Netzbetrieb zur Reduzierung der Methanemissionen beitragen soll. Dabei wurden Technologien vorgestellt und Optionen für einen Einsatz in Gasverteilnetzen geprüft. Hierzu gehören das Aufzählen und Beschreiben von möglichen Maßnahmen, die zur Minderung von Me-

thanemissionen im Gasverteilnetz bereits von den Netzbetreibern umgesetzt werden, sowie das Aufzeigen von Möglichkeiten, die zusätzlich bestehen. Durch den Erfahrungsaustausch im Projekt sollen die Akzeptanz und Verbreitung verschiedener Maßnahmen erhöht werden. Die vorgestellten Maßnahmen gehen einher mit parallelen Bestrebungen für den Klimaschutz (wie z. B. der Herstellung von Biomethan und der Einspeisung von Wasserstoff) und unterstreichen zudem den fortwährenden Einsatz der deutschen Gasbranche für sichere und emissionsarme Gasnetze.

Methanemissionen des deutschen Gasverteilnetzes

Das deutsche Gasverteilnetz besteht aus ca. 450.000 km Rohrleitungen in unterschiedlichen Materialien, Betriebsdrücken und Nennweiten. Es sind Überdrücke von 0,1 bis 16 bar, teilweise bis 25 bar, sowie Nennweiten von DN 20 bis DN 630 (in Ausnahmefällen bis DN 1000) vertreten [10, 11]. Des Weiteren befinden sich verschiedene Anlagen im Netz: Gasdruckregel(mess)anlagen, Biogaseinspeiseanlagen, Erdgasverflüssigungsanlagen, Obertagespeicher und Erdgastankstellen. Von allen diesen Leitungen und Anlagen können verschiedene Arten von Methanemissionen ausgehen: intrinsische und betriebsbedingte Emissionen sowie Emissionen infolge von Störungen (Tab. 1).

Durchführung

Potenzielle Maßnahmen zur Verminderung der unterschiedlichen Arten von Methanemissionen im Gasverteilnetz wurden mithilfe einer umfassenden Literaturrecherche sowie einer Umfrage unter Verteilnetzbetreibern recherchiert. Dadurch konnten insgesamt 29 Maßnahmen identifiziert werden, die zunächst in einer Maßnahmenbank gesammelt wurden. Anschließend nahmen die Projektverantwortlichen eine erste Bewertung dieser Maßnahmen unter Einbeziehung der Einsatzgrenzen, möglicher Methanemissionseinsparungen, Kosten und weiterer Kri-

¹ Laut den aktuell gültigen Richtlinien der UNFCCC sollen Treibhausinventare mit dem GWP100 = 25 für Methan erstellt werden [13]. Der aktuellste IPCC Assessment Report 5 enthält allerdings einen Wert von 34 [10], daher wurde im Projekt mit dem Wert 34 gerechnet.

terien (z. B. Wahrnehmung in der Öffentlichkeit) vor. Auf Basis der Erstbewertung wurden anschließend zusammen mit dem DVGW-Projektbegeleitkreis (PBK) die relevantesten Maßnahmen ausgewählt und einer detaillierteren Analyse unterzogen. Hierbei nahm man eine Unterteilung in vier Kategorien vor: betriebsbedingte Emissionen an Rohrleitungen (RL), intrinsische Emissionen an RL, Emissionen an Gasdruckregel(mess)anlagen (GDR(M)A) und neue, innovative Maßnahmen (Tab. 2).

Die Maßnahmen aus Tabelle 2 sind im Bericht beschrieben und anhand von weiteren Kennzahlen (Kostenindikator², Emissionsvermeidungspotenzial³) sowie Einsatzgrenzen bewertet. Die in diesem Bericht entwickelten Kennzahlen sollen zwar bei der Auswahl von Maßnahmen unterstützen – gleichwohl haben die Forschenden bewusst auf einen Kennzahlenvergleich verzichtet, um eine nicht sachgerechte Bevorzu-

gung einzelner Technologien und Verfahren zu vermeiden. Für die Anwendung von Maßnahmen sind weitere Aspekte (wie z. B. die Netztopologie und der Zustand der verwendeten Rohrleitungsmaterialien) abzuwägen. Des Weiteren beruhen alle im Bericht genannten Kennzahlen auf Angaben einzelner Dienstleister bzw. Hersteller, die im Rahmen dieses Projektes für konkrete Fallbeispiele erhoben wurden.

Ergebnisse

Viele Maßnahmen zur Verminderung von Methanemissionen werden bereits standardmäßig von den Netzbetreibern eingesetzt und sind in der Regel im DVGW-Regelwerk verankert (z. B. das Setzen von Absperrblasen, um einen auszublasenden Rohrleitungsabschnitt soweit wie möglich zu verkleinern). Darüber hinaus gibt es jedoch auch Möglichkeiten, die noch eher unbekannt sind (z. B. Vakuumpumpen, die die

Spülemissionen bei der Inbetriebnahme von Leitungen vermeiden können) oder die noch nicht verbreitet zum Einsatz kommen, weil sie nicht den Anforderungen der Verteilnetzbetreiber entsprechen (z. B. mobile Verdichter).

Zu jeder Maßnahme enthält der Bericht zunächst eine kurze textliche Beschreibung. Anschließend folgt die Bewertung der Maßnahme anhand der möglichen Methanemissions-Einsparungen sowie der Kosten und der Einsatzgrenzen in Bezug auf die gewählten Fallbeispiele. Des Weiteren

² Der Quotient aus den Kosten für eine Maßnahme und den Methanemissions-Einsparungen ergibt den Kostenindikator. Dieser gibt an, welche Kosten pro eingesparter Menge Methan entstehen. Die Darstellung des Indikators erfolgt in den Einheiten [Euro/m³]; [Euro/kg] und [Euro/kWh].

³ Das Emissionsvermeidungspotenzial gibt an, welcher prozentuale Anteil an Emissionen im Vergleich zum Emissionsfaktor (ohne Einsatz einer Emissionsminderungsmaßnahme) vermieden werden kann.



SUPPORTERS



MEDIA PARTNERS



VERMEIDUNG VON METHANEMISSIONEN IM ERDGASVERTEILNETZ


Mobile Fackel

Zur Verminderung der Ausblassemissionen bei der Außer- und Inbetriebnahme von Rohrleitungsabschnitten im HD-Bereich durch die Verminderung der Klimawirksamkeit des Treibhausgases CH₄ zu CO₂

Allgemein

Betriebsbedingte Emissionen entstehen durch Ausbläsen und Spülen einer Leitung. Dies tritt während der Inbetriebnahme, der Erneuerung und der Außerbetriebnahme auf.

Die mobile Fackel kann im Vergleich zum konventionellen Ausbläsen zwischen **80%** und **93%** der betriebsbedingten Emissionen einsparen (bezogen auf den Betriebsdruck zwischen 0,25 und 1 bar / Druckreduzierung auf 0,1 bar).



Gasgemisch, das ausgeblasen wird oder Abschnitte, die gespült werden.

DBI

Bild 1: Veranschaulichung betriebsbedingter Emissionen (Quelle: DBI GUT 04/10)

Beschreibung der Maßnahme

1. Abtrennen des Rohrleitungsstrangs durch Abtrenneinrichtungen
2. Aufbau der mobilen Fackel (automatisch oder manuell)
3. Anschluss der mobilen Fackel
 - am Ausbläser der Abtrennstation
 - Erstellen eines Anschlusses durch Anbohren der Leitung
4. Außerbetriebnahme:
 - Abfackeln der Erdgasmengen im Rohrleitungsstrang bis auf das technisch mögliche Minimum
 - Inbetriebnahme: Abfackeln des Spülgases bis die Luft aus dem Rohrleitungsstrang entfernt wurde

Einsetzbarkeit der Maßnahme

Mobile Fackeln können bei Betriebsdrücken bis 16 bar eingesetzt werden, teilweise bis 21 bar (abhängig von der Nennweite des Verbindungsstückes). Die Reduzierung des Drucks der Leitung ist so lange möglich, wie Gas nachgeführt wird und ein brennbares Gemisch vorliegt. Dadurch kann die Leitung auf anströmend null bar absolut (bzw. 0,1 bar) entspannt werden. Durch das Vorschalten von Hilfstechologien (Gebläse, Venturidüsel) kann das gesamte Rohrleitungsvolumen (Erdgas) abgefackelt werden. Die Förderleistung der mobilen Fackel wird durch die Strömungsgeschwindigkeit und das Gasvolumen der Leitung bedingt. Auf dem Markt sind bereits verschiedene Modelle erhältlich:

- Dreibeinfackel: 26 bis 1.780 m³/h
- Containereinfackel: bis zu 1.200 m³/h
- Hochdruckfackel: bis zu 3.000 m³/h

Die Dauer für das Abfackeln beruht auf Erfahrungswerten. Beispielsweise können 270 m³ in ca. 2-3 h (Modell: Billfinger EMS) oder 6.000 m³ in 4 h (Modell: Dreibeinfackel Esdara) abgefackelt werden. Die Maßnahme ist für den HD-Bereich geeignet, wobei eine individuelle Prüfung erfolgen muss. Material und Nennweite der Rohrleitung haben keinen Einfluss auf die Anwendung.

Kombinationsmöglichkeiten

Außerbetriebnahme			Inbetriebnahme	
1. Möglichkeit	2. Möglichkeit	3. Möglichkeit	1. Möglichkeit	2. Möglichkeit
	Senkung des Betriebsdrucks			Zwischengespeichertes Erdgas im Druckbehälter (mobiler Verdichter) wird zum Spülen genutzt
Mobile Fackel	Mobile Fackel	Mobile Fackel	Spülen mit Erdgas (Entleeren der Leitung)	Mobile Fackel
Ausbläsen der Restgas-mengen	Ausbläsen der Restgas-mengen	Vakuumpumpe mobiler Fackel vorschalten	Mobile Fackel	Mobile Fackel

Quelle: DBI

Abb. 1: Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Steckbriefe – hier für eine mobile Fackel – geben einen schnellen Überblick über die zur Minderung betriebsbedingter Emissionen zur Verfügung stehenden Maßnahmen.

ren beschreibt der Bericht die aktuellen technischen Einsatzgrenzen jeder Technologie, beispielsweise in Bezug auf Betriebsdrücke, Materialien und Nenndurchmesser. Auch die Dauer des Einsatzes ist hierbei von Bedeutung und wird aufgeführt, da Reparaturmaßnahmen teilweise sehr schnell durchgeführt werden müssen – dies kann die Anzahl der zur Verfügung stehenden Maßnahmen eingrenzen.

Auf Basis der detaillierten Beschreibungen wurden im Anschluss Steckbriefe für die Maßnahmen zur Minderung betriebsbedingter Emissionen erstellt, die einen schnellen Überblick über die Maßnahme liefern sollen. Exemplarisch ist der Steckbrief zur mobilen Fackel in **Abbildung 1** dargestellt.

Ein weiteres Projektergebnis sind Entscheidungshilfen für Verteilnetzbetreiber, mit denen eine Vorauswahl von Maßnahmen getroffen werden kann, die für einen konkreten Anwendungsfall in Frage kommen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Eines der zentralen Ergebnisse des Projektes ist, dass im Verteilnetzbereich bereits heute eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verminderung von Methanemissionen eingesetzt wird, um die technische Sicherheit der Gasnetze zu gewährleisten. Die Methanemissionen des Gasverteilnetzes sind dadurch mit weniger als 0,2 Prozent der in Deutschland verteilten Gasmenge⁴ heute schon auf einem niedrigen Niveau [4]. Um die Methanemissionen noch weiter zu senken, wurden die

nachfolgend aufgeführten Handlungsempfehlungen abgeleitet, die an Netzbetreiber, Hersteller von Reduktionstechnologien, den DVGW und die Politik adressiert sind.

Handlungsempfehlungen für Verteilnetzbetreiber

Die Netzbetreiber betreiben bereits seit Jahren eine Emissionsreduktion, vor allem mit dem Ziel, die technische Sicherheit zu gewährleisten. Dies muss zwar auch weiterhin das primäre Ziel für Netzbetreiber darstellen, jedoch sollte der Klimaschutz vermehrt in die Bewertung von Gasinfrastrukturen einbezogen werden.

Emissionsvermeidungspotenziale lassen sich bei betriebsbedingten Emissionen vor allem im Hochdruckbereich erkennen. Im Niederdruck- und Mitteldruckbereich (< 1 bar) hingegen sind die vermeidbaren betriebsbedingten Emissionen sehr gering, sodass der Fokus hier eher auf der Reduktion von intrinsischen Emissionen liegen sollte. Dies kann z. B. erreicht werden, indem der Rückbau schadensauffälliger Leitungsabschnitte und Ersatz durch neue Leitungen weiter vorangetrieben wird.

Einige der bestehenden Technologien zur Minderung von Methanemissionen genügen nicht den Anforderungen der Verteilnetzbetreiber und kommen daher selten zum Einsatz. Besonders der im Rahmen dieses Projekts durchgeführte Workshop zur Emissionsminderung mit Herstellern und Verteilnetzbetreibern hat gezeigt, dass die Hersteller von Emissionsreduktionstechnologien die Anforderungen der Betreiber teilweise nicht kennen, aber nahezu alle Anforderungen technisch umsetzbar sind. Die Kontakte mit den Herstellern sollten daher unbedingt intensiviert werden.

Der erwähnte Workshop wurde zudem von allen Teilnehmern als sehr positiv beurteilt. Zukünftig sollten derartige

⁴ Die im Nationalen Inventarbericht (engl.: National Inventory Report (NIR)) ausgewiesenen Methanemissionen des Gasverteilnetzes wurden hier auf die in Deutschland verbrauchte Gasmenge bezogen [4].

Workshops daher vermehrt durchgeführt werden, um ein einheitliches Verständnis zu entwickeln, innovative Konzepte zu fördern und Technologien zu verbreiten.

Handlungsempfehlungen für Hersteller

Da die einzusparenden Mengen im Nieder- und Mitteldruckbereich viel geringer als im Hochdruckbereich sind und häufig dieselben Technologien notwendig sind, ist die Verminderung von betriebsbedingten Methanemissionen im Nieder- und Mitteldruck mit hohen Kosten verbunden. Daher empfiehlt es sich, kostengünstige Technologien für die unteren Druckstufen zu entwickeln.

Die Kontakte mit den Verteilnetzbetreibern sollten intensiviert werden, um deren Anforderungen kennen zu lernen und diesen gerecht zu werden. Dies kann beispielsweise im Rahmen von Workshops realisiert werden.

Handlungsempfehlungen für den DVGW

Das Thema Methanemissionen und Minderungsmaßnahmen sollte auch seitens des Verbandes verstärkt an die Verteilnetzbetreiber herangetragen werden. Das Projekt hat gezeigt, dass unter den Verteilnetzbetreibern großes Interesse an der Thematik, aber auch häufig noch Unklarheit besteht.

Die Lecksuche und Beseitigung wird sowohl von den Organisationen Gas Infrastructure Europe (GIE) und MARCOGAZ als auch von der Internationalen Energieagentur (IEA) als eine der Schlüsselmaßnahmen bewertet, um Methanemissionen zu senken [8, 9]. Zwar ist die Begehung von Anlagen und Rohrleitungen bereits Stand der Technik in Deutschland, der Einsatz der Maßnahme im Sinne der Emissionsverminderung ist aktuell jedoch mit hohen Hürden verbunden, da den Netzbetreibern keine konkreten Emissionswerte zu einzelnen Elementen vorliegen. Die Messungen an einzelnen Anlagenbestandteilen und eine anschließende Bereitstellung der Ergebnisse für die Netzbetreiber kann hierbei Abhilfe schaffen. Anhand dessen

könnten die Betreiber ihre eigenen Bewertungssysteme aufbauen.

Generell sollte das DVGW-Regelwerk den Klimaschutz stärker in den Fokus nehmen, um die Reputation von Gas als umweltfreundlichem Energieträger sachgerecht nachweisen zu können, wengleich die technische Sicherheit das primäre Ziel ist. Konkrete Vorschläge, wie beispielsweise die Ergänzung des Regelwerks um ein Merkblatt zur Methanemissionsminderung, werden im Bericht unterbreitet.

Handlungsempfehlungen für die Politik

Die Politik sollte die Selbstverwaltung der Netzbetreiber durch machbare/wirksame Ziele, die mit den hier herausgearbeiteten Reduktionsmaßnahmen einhergehen, begleiten. Die Wege zur Erreichung des Ziels sollten dabei durch den Netzbetreiber wählbar sein.

Die Forschung zum Thema Methanemissionsminderung sollte im Verteilnetzbereich gefördert werden, um zusätzliche und kostengünstigere Maßnahmen zu entwickeln.

Handlungsempfehlungen für konkrete Anwendungsfälle

Für die einzelnen Technologien hat das Projekt ebenfalls Handlungsempfehlungen für konkrete Anwendungsfälle formuliert. So werden z. B. bei mobilen Fackeln häufig die entstehenden Flammen kritisiert, da sie von der Öffentlichkeit als negativ wahrgenommen werden. Hier können Verbrennungsrohre (sogenannte Dunkelfackeln) Abhilfe schaffen.

Danksagung

Die Autorinnen bedanken sich besonders beim Projektbegleitkreis aus Vertretern der Gasverteilnetzbetreiber E.DIS Netz GmbH (Fürstenwalde/Spree), EnergieNetz Mitte GmbH (Kassel), EWE Netz GmbH (Oldenburg), Gasnetz Hamburg GmbH, Westnetz GmbH (Dortmund) sowie beim DVGW für die inhaltliche wie auch finanzielle Unterstützung des Projekts. ■

Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Dialogprozess Gas 2030 – Erste Bilanz, Berlin 2019.
- [2] UNFCCC: Greenhouse Gas Inventory Data – Detailed data by Party. Online unter https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party, abgerufen am 19. Juli 2019.
- [3] EXERGIA, S. A. STUDY ON ACTUAL GHG DATA FOR DIESEL, PETROL, KEROSENE AND NATURAL GAS. Online unter <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%200il%20Gas%20Final%20Report.pdf>, abgerufen am 6. August 2019.
- [4] DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH Leipzig: Kritische Überprüfung der Default-Werte der Treibhausgasvorkettenemissionen, Leipzig 2016.
- [5] Schuller, O. et al.: Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas, Stuttgart 2017.
- [6] EPA. www.epa.gov, online unter www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane-emissions, abgerufen am 19. Juli 2019.
- [7] Marcogaz und Eurogas: Methane Emissions from the gas industry and mitigating measures, San Donato Milanese 1999.
- [8] GIE & MARCOGAZ: Potential way gas industry can contribute to the reduction of methane emissions (Report for the Madrid Forum), 2016.
- [9] International Energy Agency (IEA): Methane tracker Reducing methane emissions from oil and gas operations, online unter www.iea.org/geo/methane/abatment/, abgerufen am 16. August 2019.
- [10] IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., et al. (eds.)]. Cambridge/New York 2013.
- [11] Georg Fischer Piping Systems: Gas Versorgungseinrichtungen: Von der Anwendung zum Produkt, 2009.
- [12] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V.: Gas-Wasser-Statistik, Bonn.
- [13] UNFCCC: Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its nineteenth session. Decision 24/CP.19, 2014.



Der vollständige Bericht steht auf der DVGW-Webseite oder über den Direktlink im E-Paper zur Verfügung.

Die Autorinnen

Anna Köllmer und Charlotte Große sind Projektingenieurinnen im Fachgebiet Gasnetze/Gasanlagen bei der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.

Kontakt:

Charlotte Große
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Str. 109/111
04229 Leipzig
Tel.: 0341 2457-149
E-Mail: charlotte.grosse@dbi-gruppe.de
Internet: www.dbi-gruppe.de