

Fahrzeuggestützte Gasleckage-Erkennung mittels laserbasierter resonanter Technologie

Die neue EU-Methanverordnung verpflichtet Netzbetreiber dazu, umfassende Programme zur Erkennung und Reparatur von Methanleckagen aufzubauen und damit klimaschädliche Emissionen zu vermeiden. Um die mit der Neuregelung einhergehenden Berichtspflichten zu erfüllen und gleichzeitig den gestiegenen Kontrollaufwand bewältigen zu können, bieten sich verschiedene Messmethoden an. Der vorliegende Fachbeitrag beschreibt in diesem Zusammenhang eine auf der resonanten Lasertechnologie basierende Detektionslösung und erläutert, wie diese in der Praxis eingesetzt werden kann.

von: Volker Heimbürger (Schütz GmbH Messtechnik)

Mit der im August 2024 verabschiedeten EU-Methanverordnung verfolgt die Europäische Union das Ziel, die Methanemissionen im Energiesektor systematisch zu erfassen, zu bewerten und schrittweise zu reduzieren. Die Verordnung ist Teil der europäischen Klimapolitik und richtet sich auch an den Gassektor, der für einen Teil der Methanemissionen verantwortlich ist. Methan ist als Treibhausgas wesentlich klimaschädlicher als CO₂ und soll deshalb verstärkt reguliert werden. Die Verordnung stellt vor diesem Hintergrund erstmals verbindliche Anforderungen an die Emissionsüberwachung, die Bewertung von Leckagen und die Priorisierung von Reparaturen.

Anforderungen und Pflichten für Netzbetreiber

Netzbetreiber sind durch die Verordnung dazu verpflichtet, ein umfassendes LDAR-Programm (Leak Detection and Repair) aufzubauen und umzusetzen. Dies betrifft den Umfang und die

Häufigkeit der Untersuchungen, die Dokumentation sowie die zeitnahe Reparatur nachgewiesener Leckagen.

Konkret sieht die EU-Verordnung beispielsweise eine Verdopplung der zu überprüfenden Leitungskilometer im Vergleich zu den bisherigen Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes G 465-1 vor (Tab. 1). Das bedeutet, dass Netzbetreiber in deutlich kürzeren Zyklen größere Strecken kontrollieren müssen. Für viele Netzbetreiber ergibt sich daraus ein erhebliches Spannungsfeld zwischen verfügbaren personellen Ressourcen, externen Fachdienstleistungen und regulatorisch geforderten Prüfleistungen.

Ein zentraler Aspekt ist zudem die Quantifizierung der Methanemissionen. Neben dem Nachweis einer Leckage verlangt die Verordnung auch die Messung der austretenden Menge sowie deren Zuordnung zu konkreten Quellen. Dies bedingt den Einsatz neuer technischer Verfahren, die eine sichere Flächenabdeckung, eine hohe Messgenauigkeit sowie eine verifizierbare Lokalisierung gewährleisten.

Tabelle 1: Zyklen zur Emissionsmessung nach Typ 2 gemäß EU-Methanverordnung

Material	Zeitraum Typ 1 (Monate)	Zeitraum Typ 2 (Monate)
Grauguss GG/GGG	3/6	6/12
Stahl	9	24
Polyethylen	15	36
Stahl (kathodisch geschützt)	15	36

LDAR-Untersuchungen mit Überprüfungszenarien und -zyklen

Die EU-Methanverordnung verweist für unterirdische Leitungsnetze auf Grenzwerte von 1.000 Parts per million (ppm) an der Grenzfläche Boden/Luft. Diese Schwelle entspricht zwar in etwa der bisherigen Befundgrenze des DVGW-Arbeitsblattes G 465-1 – allerdings wer-

den im europäischen Kontext die Untersuchungszyklen deutlich verkürzt und die Einteilung des DVGW-Hinweises G 465-3 nicht berücksichtigt. Dabei werden Leckagen in zwei Kategorien unterteilt:

- Leckstellen oberhalb von 1.000 ppm müssen innerhalb kurzer Fristen beseitigt werden.
- Leckstellen unterhalb dieses Schwellenwertes sind weiter zu beobachten und zu dokumentieren.

Im Unterschied zur deutschen Praxis fehlt in der EU-Verordnung jedoch eine Einteilung in A-, B- oder C-Leckstellen. Das deutsche System basiert auf einer Gefährdungsbeurteilung, bei der sowohl die Größe des Gasaustritts als auch die Umgebungssituation berücksichtigt werden. Dies kann selbstverständlich nicht unberücksichtigt bleiben und muss in den Prozess integriert werden. Die EU-Verordnung legt

hingegen den Schwerpunkt auf die Emissionsmenge als Kriterium für die Dringlichkeit der Reparatur. Daraus ergibt sich ein struktureller Zielkonflikt: Netzbetreiber müssen Leckstellen auch dann kurzfristig beheben, wenn sie nach deutschem Regelwerk keiner akuten Gefährdung entsprechen, jedoch eine höhere Emissionsleistung aufweisen. Dies führt in der Praxis zu neuen Priorisierungsstrategien und erhöht den Druck auf die Bautätigkeiten.

Ein weiteres Problem liegt in der Definition der Leckstellenbewertung: Während die Messung der Gaskonzentration auf Bodenhöhe relativ etabliert ist, fehlt bisher eine standardisierte Methode zur Messung der Emissionsleistung auf Quellen- und Standortebene. Die gegenwärtige Übergangsphase zwischen nationalem Regelwerk und europäischen Vorgaben führt daher zu Unsicherheiten bei der Umsetzung.

Berichtspflichten und zulässige Messmethoden

Die Berichtspflichten der EU-Methanverordnung gelten ab 2026 auf Standortebene und ab 2027 auf Quellenebene. Dann müssen Netzbetreiber nicht nur den Zustand des Netzes und die durchgeführten LDAR-Maßnahmen dokumentieren, sondern auch eine spezifische Quantifizierung der Emissionsquellen vornehmen. Grundlage dafür ist Artikel 14 der Verordnung, der vorschreibt, dass die Emissionsmessung „so nah wie möglich an der Quelle“ zu erfolgen hat.

In der Praxis bedeutet dies eine Kombination aus flächendeckender Detektion und gezielter Quellenmessung mit verschiedenen Messsystemen. Als zulässige Methoden gelten u. a.:

- Die Abdeckmethode, bei der der auströmende Gasstrom über eine ▶

Mit Ihrem Unternehmenslogo individualisierbar



Begeistern Sie Nachwuchs für die Branche

Perfekt zur Berufsorientierung: Unsere Flyer liefern die wichtigsten Infos zu Ausbildung und Karriere – kompakt, ansprechend und für jeden Beruf maßgeschneidert. Besonders geeignet für Schulen, Messen oder Recruiting-Events. Sichern Sie sich jetzt Ihre Exemplare!



Jetzt in unserem Shop bestellen

aufgesetzte Haube erfasst wird. Diese Methode ist im Rahmen des OGMP-Standards (Level 4) anerkannt und erlaubt eine direkte Emissionsmessung vor Ort.

- Die Abbohrmethode, bei der eine Probenahme im Bodenbereich oberhalb der Leckage erfolgt. Diese Methode erfordert jedoch einen deutlich höheren Zeit- und Personalaufwand.

Die Wahl der Methode hängt u. a. von der Größe der Leckstelle, dem Umfeld und den verfügbaren Ressourcen ab. Aufgrund der stark verkürzten Reparaturzyklen und des anhaltenden Fachkräftemangels ist eine breite Anwendung der zeitintensiven Abbohrmethode kaum realistisch. Vielmehr bietet sich eine Kombination aus automatisierter Fahrzeugbefahrung zur Identifizierung und Selektion sowie einer anschließenden gezielten Emissionsmessung auf Quellebene an. Die Einbindung fahrzeuggestützter Systeme in die LDAR-Strategie ist somit eine technische und organisatorische Antwort auf die neuen Herausforderungen.

Marktüberblick: Verfügbare Technologien im Vergleich

Das Spektrum der technischen Systeme zur Aufspürung von Gaslecks ist breit gefächert und reicht von der konventionellen handgehaltenen Gerätetechnik über fahrzeuggestützte Systeme oberhalb der Leitung bis hin zu neuen Technologien zur fahrzeugbasierten Gasnetzkontrolle und Emissionsmessung mit Windsensorik.

Konventionelle Sondentechnik

Gasspürsonden und Messgeräte mit ppm-Auflösung gehören seit Jahrzehnten zur Standardausstattung der Netzüberwachung. Sie ermöglichen eine Detektion von Methan über der Leitungssache und dienen in erster Linie der sicherheitsrelevanten Kontrolle. Ihr Einsatz setzt jedoch eine direkte Leitungsbegehung voraus. Die Erfassungsleistung dieser Systeme beschränkt sich deshalb auf den unmittelbaren Bereich über der Leitung. Hinsichtlich der von der EU geforder-

ten großflächigen Überwachung werden konventionelle Sonden zwar vom EU-Regelwerk akzeptiert, können aber an ihre methodischen Grenzen stoßen.

Fahrzeugbasierte Systeme oberhalb der Leitung

Diese Systeme können sicherheitsrelevante Prüfungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 abbilden und sind kostengünstig. Ein Nachteil ist jedoch, dass eine Überwachung mit Leitungsbezug erfolgt und daher Hausanschlüsse und oft auch die Versorgungsleitungen im Stadtgebiet nur unzureichend geprüft werden können. Durch die Erweiterung dieser Systeme um Winddaten können die Anforderungen der EU erfüllt werden. Die Reichweite entsprechender Systeme ist in der Regel geringer als die der hochempfindlichen Technik. Eine Überprüfung bis zur Grundstücksgrenze, wie in der EU-Verordnung gefordert, ist jedoch mit der zusätzlichen Windmessung möglich.

Fahrzeugbasierte Systeme mit Windsensorik

Im Bereich der fahrzeuggestützten Detektion von Gaslecks mit Windsensorik stehen derzeit verschiedene Messansätze zur Verfügung. Diese unterscheiden sich deutlich voneinander in Bezug auf das physikalische Messprinzip, den Integrationsaufwand, den Einsatzbereich sowie die Investitions- und Betriebskosten.

So gibt es fahrzeugbasierte Systeme mit Windsensorik, die ein Cavity-Ring-Down-Spektrometer nutzen und dadurch eine sehr hohe Messempfindlichkeit aufweisen. Sie können Methankonzentrationen bis in den Sub-ppb-Bereich detektieren und ermöglichen in Kombination mit Windrichtungs- und Windstärkemessung sowie GPS die Erkennung von Leckverdachtsflächen. Allerdings erfordern diese Systeme große, speziell ausgerüstete Fahrzeuge und verursachen erhebliche Anschaffungs- und Betriebskosten.

Bei der laserbasierten resonanten Technologie, einem modernen Messverfahren zur Detektion von Methan-

und Ethanemissionen, wird neueste Lasertechnik genutzt, die in einem speziellen infraroten Spektralbereich arbeitet und eine selektive Anregung der Zielgase ermöglicht. Die Konzentrationsauflösung dieser Messtechnik liegt für Methan und Ethan im Bereich weniger ppb. Aufgrund ihrer Robustheit und ihres modularen Aufbaus lässt sich die Technologie flexibel in verschiedene Fahrzeugplattformen integrieren. Im Vergleich zu alternativen, hochsensitiven Verfahren ist der systemtechnische Gesamtaufwand geringer, was zu moderaten Investitions- und Betriebskosten führt. Besonders hervorzuheben ist der sehr robuste Aufbau ohne hochaufwendige mechanische Systeme. Dadurch ist die Verwendung in der Messumgebung des Netzbetreibers einfacher und der Wartungsaufwand geringer.

Resonante Lasertechnologie: Grundlagen und Eigenschaften

Die vom Fraunhofer IPM in Zusammenarbeit mit der Schütz GmbH Messtechnik entwickelte Methode der resonanten Lasertechnologie basiert auf der Laserspektroskopie. Dabei kommt neueste Lasertechnologie zum Einsatz, um spezifische Absorptionslinien von Methan und Ethan anzuregen. Durch die Modulation des Laserstroms wird eine selektive Messung der Zielgase erreicht. Die absorbierte Strahlung erzeugt in einer speziell ausgelegten Messzelle Druckwellen, die durch einen Sensor erfasst werden. Die resonante Überhöhung innerhalb der Messzelle ermöglicht eine hohe Auflösung bei gleichzeitig niedrigen Nachweisgrenzen.

Das minimale Volumen der Messzelle des Systems beträgt nur wenige Milliliter. Aufgrund der geringen Gaswechselzeit erreicht das System eine kurze Ansprechzeit. Die Messfrequenz ist hoch genug, sodass auch bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 50 km/h eine ausreichend dichte Datenaufnahme bzw. eine ausreichende räumliche Auflösung gewährleistet ist. Durch die Trennung von Methan und Ethan ist es möglich, oberhalb einer durch das Mi-

Abb. 1: Messsystem LDEM 2000 mit Windsensorik, integriert in ein geländegängiges Fahrzeug



Quelle: Schütz GmbH Messtechnik

schungsverhältnis bestimmten Erdgas-konzentration, biogene Methanquellen von Erdgaslecks zu unterscheiden. Da das akustische Signal direkt über einen Sensor erfasst wird, erfolgt die Messwerterfassung ohne klassische Opto-elektronische Detektoren. Dadurch wird die Anfälligkeit gegenüber optischen Störquellen und Verschmutzung reduziert.

Das resonante Lasertechnologie-System LDEM 2000 im Praxiseinsatz

Das laserbasierte resonante System LDEM 2000 wurde speziell für den mobilen Einsatz entwickelt. Aufgrund seiner kompakten Bauweise und geringen Leistungsaufnahme lässt es sich flexibel in verschiedene Fahrzeugtypen integrieren. Hierzu zählen nicht nur

große Messfahrzeuge, sondern auch kleinere Plattformen wie Pkws oder leichte Geländefahrzeuge (Abb. 1). Der Einbau des Systems in kleinere Fahrzeuge ermöglicht es, auch schwer zugängliche Leitungsabschnitte effizient zu befahren.

Die zentrale Systemarchitektur umfasst zwei getrennte Messmodule für ▶

Gemischtes Doppel



Die führende Fachzeitschrift der deutschen Energie- und Wasserbranche + immer als E-Paper mit dabei.

Lesen Sie die DVGW energie | wasser-praxis nicht nur in gedruckter Form, sondern auch digital! Egal ob auf dem heimischen Bildschirm oder unterwegs via Tablet und Smartphone: Abonnenten und DVGW-Mitglieder können kostenlos auf das E-Paper zugreifen. Weitere Informationen und Anmelde-möglichkeiten finden sie unter epaper.energie-wasser-praxis.de!

DVGW
energie | wasser-praxis

Methan und Ethan. Dadurch ist eine unabhängige und gleichzeitig synchrone Erfassung beider Gase möglich. Die kontinuierliche Windmessung liefert neben der Geschwindigkeit auch die exakte Windrichtung, was für die Berechnung der Leckverdachtsflächen unerlässlich ist. Integrierte Sensoren erfassen die Fahrzeuggeschwindigkeit und erheben die GPS-Daten, wodurch eine exakte Georeferenzierung der Messdaten sichergestellt wird.

Die Messdaten inklusive der erreichten Abdeckungsbereiche werden in Echtzeit sofort auf einem Tablet-PC visualisiert. Während der Fahrt erhält der Benutzer eine direkte Rückmeldung über die erfassten Konzentrationen, die aktuelle Windrichtung und die überwachte Fläche. Die Daten werden lokal auf dem Endgerät gespeichert, eine Verpflichtung zur Nutzung einer externen Cloud besteht nicht. Dies ist insbesondere unter Datenschutzgesichtspunkten für viele Netzbetreiber von großer Bedeutung. Die Datenhaltung und -aufbereitung ist für den Anwender transparent und offen. Die Rohdaten der Messung stehen zur Verfügung und können exportiert werden.

Der Datenexport kann wahlweise im KMZ-, Geodata- oder CSV-Format erfolgen, wodurch eine problemlose Übernahme in gängige GIS-Systeme möglich wird (Abb. 2). Durch die Verwendung von KMZ-Daten ist eine Prüfbarkeit auch ohne Installation einer Software im Internetbrowser möglich. Zusätzlich kann die Scout-Software Emissionsmengenberichte im KMZ-Format erstellen, die den Anforderungen der EU-Methanverordnung entsprechen.

Der Gesamtprozess der Emissionsmessung im Netzbetrieb

Vorbereitung und Planung

Vor Beginn der fahrzeuggestützten Emissionsmessung erfolgt auf Basis der vorhandenen Netz- und Geoinformationen eine strukturierte Einsatzplanung. Dabei werden die zu untersuchenden Leitungsabschnitte, mögliche Zufahrtswege, relevante Umgebungsbedingungen (z. B. Windverhältnisse, Bebauungsdichte) sowie eventuelle Einschränkungen für die Fahrzeugbefahrung berücksichtigt. Ergänzend können historische Leckdaten und betriebliche Informationen in die

Planung einfließen, um die Tourenführung zu optimieren und kritische Bereiche gezielt zu betrachten.

Datenerfassung während der Messfahrt

Die Datenerfassung erfolgt mit dem fließenden Verkehr mit Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h. Die Sensitivität des Systems ermöglicht die Detektion von Methanemissionen mit einer Leckageleistung von 5 g/h und weniger aus einer Entfernung von 15 m. Die kontinuierliche Erfassung der Konzentrationsdaten in Kombination mit den Daten zu Windgeschwindigkeit und -richtung ermöglicht eine exakte Bestimmung der überwachten Fläche. Diese wird in Echtzeit als Bereich auf dem Display angezeigt (Abb. 3).

Vorbewertung und Selektion

Während der Messfahrt entstehen zahlreiche Leckverdachtsflächen, die im ersten Schritt einer automatisierten Vorbewertung unterzogen werden. Ein wesentliches Kriterium dabei ist das Verhältnis von Ethan zu Methan. Da biogene Quellen üblicherweise keinen Ethan-Anteil aufweisen, lässt sich anhand dieser Gaszusammensetzung be-

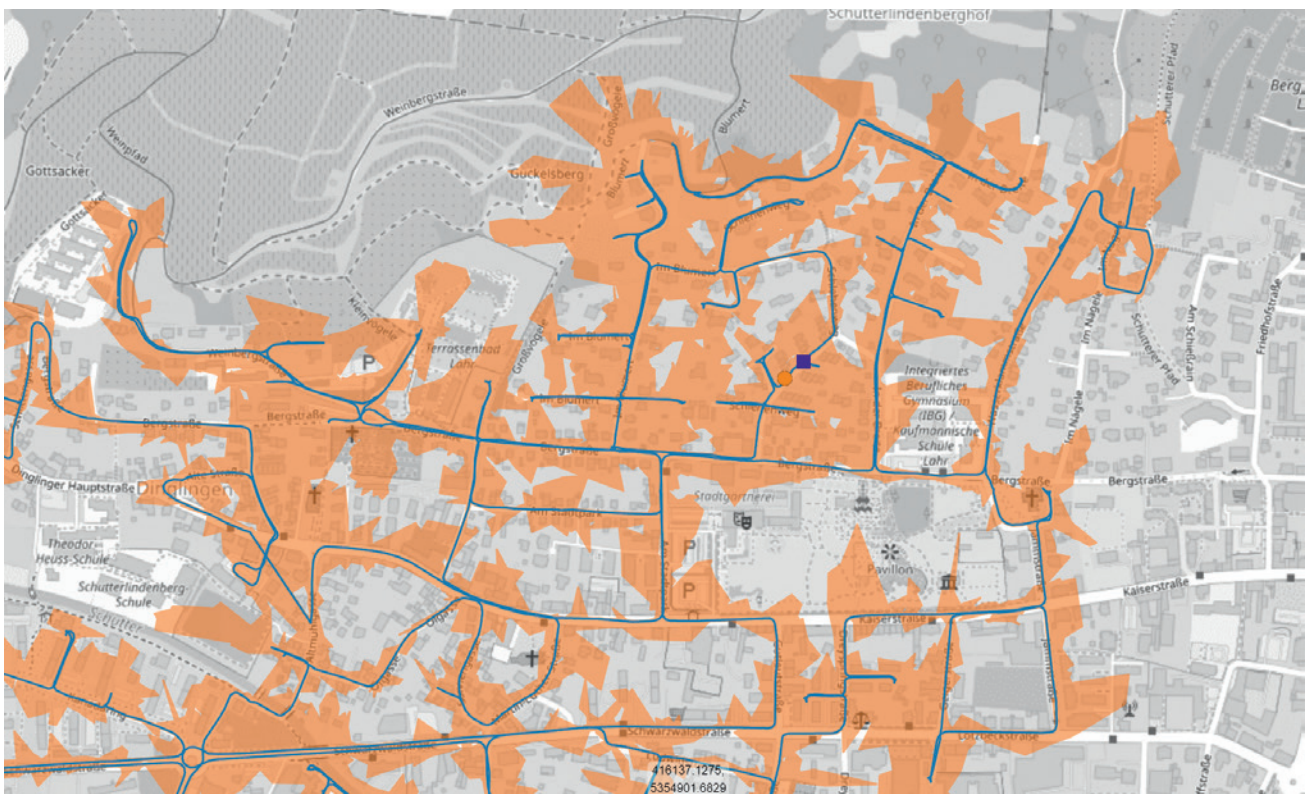


Abb. 2: Gesamter kontrollierter Überprüfungsbereich mit Windabdeckung und gekennzeichnete Leckverdachtsstelle (orangefarbener Markerpunkt)

reits eine erste Unterscheidung vornehmen und die Anzahl der zu validierenden Verdachtsflächen kann reduziert werden.

Validierung und Lokalisierung

Die im Rahmen der Messfahrt ermittelten Verdachtsflächen werden gezielt nachbefahren oder manuell überprüft. Kleinere Leckagen, die aufgrund von Windverhältnissen, einer geringen Ethan-Konzentration oder Verdünnungseffekten nicht sicher klassifiziert werden können, lassen sich durch Wiederholungsmessungen verifizieren. Die genaue Lokalisierung erfolgt bei Bedarf mit handgehaltenen Gasmessgeräten.

Quantifizierung und Berichterstattung

Die gemessenen Konzentrationen werden unter Berücksichtigung der erfassten Winddaten sowie der Fahrzeuggeschwindigkeit in Emissionsmengen umgerechnet. Die Ergebnisse fließen in die Berichterstattung an die zuständigen Behörden ein und dienen der Priorisierung von Reparaturmaßnahmen.

Abgrenzung zu bestehenden Systemen

Im Vergleich zu anderen Systemen mit Windsensorik zeichnet sich das Messsystem LDEM 2000 durch einen geringen technischen Integrationsaufwand aus. Die Notwendigkeit großer, speziell ausgerüsteter Fahrzeuge entfällt. Die Datenerhebung erfolgt DSGVO-konform und kann vollständig im System des Netzbetreibers verarbeitet werden. Aufgrund seiner robusten Bauweise und Unempfindlichkeit gegenüber vielen Umwelteinflüssen eignet sich das System auch für den Einsatz in schwierigem Gelände. Die quantitative Erfassung von Methan und Ethan ist im LDEM 2000 standardmäßig integriert und erlaubt eine umfassende Bewertung des Leckagepotenzials sowie der Emissionsmenge. Die kontinuierliche Echtzeitvisualisierung der Abdeckbereiche während der Befahrung ermöglicht eine direkte Überprüfung der Messstrategie und erfasst das Netz-



Abb. 3: Blick ins Cockpit des Messfahrzeugs mit Kontrolle von Messstrecke und Messergebnissen über das Display

werk übersichtlich und effizient. Im Gegensatz zu vergleichbaren Systemen ist das LDEM 2000 modular aufgebaut und kann auch auf bestehende Fahrzeugplattformen nachgerüstet werden.

Fazit und Ausblick

Die im System LDEM 2000 umgesetzte laserbasierte resonante Technologie ist eine technisch ausgereifte Lösung, die alle Anforderungen der EU-Methanverordnung erfüllt und sich mit klassischen Systemen messen kann. Das System wurde speziell für den praktischen Einsatz im Netzbetrieb konzipiert und eignet sich, um die personellen und organisatorischen Herausforderungen zu bewältigen, die mit der Umsetzung flächendeckender Emissionsüberwachungen und dem Berichtswesen einhergehen.

Durch die Integration in unterschiedliche Fahrzeugplattformen ist eine effiziente Erfassung der Methankonzentration im Nahbereich von Leitungstrassen sowie in unwegsamem Gelände möglich. Die hohe Datenpunktdichte selbst bei hoher Geschwindigkeit ermöglicht eine belastbare Analyse, eine Priorisierung von Leckagen nach Emissionsrelevanz und eine fristgerechte Berichterstattung gemäß den regulatorischen Vorgaben.

Ein weiterer Vorteil der Methodik liegt in der Möglichkeit zur Differenzierung zwischen fossilen und biogenen Methanquellen durch die Ethan-Messung sowie in der schnellen Dokumentation erkannter Quellen (Biogas, Kläranlage etc.). Diese Unterscheidung ist insbesondere im Kontext der emissionsbasierten Priorisierung von Maßnahmen von Bedeutung. Das LDEM-2000-System ermöglicht somit eine effiziente und praxisgerechte Umsetzung der EU-Methanverordnung und bietet Netzbetreibern gleichzeitig eine robuste, anpassbare und wirtschaftliche Lösung zur Erfüllung ihrer Überwachungs- und Berichtspflichten. ■

Der Autor

Volker Heimburger ist Geschäftsführer der Schütz GmbH Messtechnik.

Kontakt:
Volker Heimburger
Schütz GmbH Messtechnik
Einsteinallee 5
77933 Lahr
Tel.: 07821 3280-100
E-Mail: info@schuetz-messtechnik.de
Internet: www.schuetz-messtechnik.de