

Detección de fugas de gas en vehículos mediante tecnología resonante basada en láser

El nuevo reglamento de la UE sobre el metano obliga a los operadores de redes a establecer programas exhaustivos para la detección y reparación de fugas de metano, con el fin de evitar emisiones perjudiciales para el clima. Para cumplir con las obligaciones de información que conlleva la nueva normativa y, al mismo tiempo, hacer frente al aumento de los controles, existen varios métodos de medición. En este contexto, el presente artículo técnico describe una solución de detección basada en la tecnología láser resonante y explica cómo se puede utilizar en la práctica.

Por: Volker Heimburger (Schütz GmbH Messtechnik)

Con el Reglamento sobre el metano de la UE, aprobado en agosto de 2024, la Unión Europea persigue el objetivo de registrar, evaluar y reducir gradualmente las emisiones de metano en el sector energético. El Reglamento forma parte de la política climática europea y también se dirige al sector del gas, responsable de una parte de las emisiones de metano. El metano, como gas de efecto invernadero, es mucho más perjudicial para el clima que el CO₂ y, por lo tanto, debe ser objeto de una regulación más estricta. En este contexto, el Reglamento establece por primera vez requisitos vinculantes para la supervisión de las emisiones, la evaluación de las fugas y la priorización de las reparaciones.

Requisitos y obligaciones para los operadores de redes

El reglamento obliga a los operadores de redes a establecer y aplicar un programa LDAR (detección y reparación de fugas) exhaustivo. Esto afecta al alcance y a la

frecuencia de las inspecciones, la documentación y la reparación oportuna de las fugas detectadas.

En concreto, el reglamento de la UE prevé, por ejemplo, duplicar los kilómetros de tuberías que deben inspeccionarse en comparación con los requisitos anteriores de la hoja de trabajo G 465-1 de la DVGW (tabla 1). Esto significa que los operadores de redes deben controlar tramos más largos en ciclos mucho más cortos. Para muchos operadores de red, esto da lugar a un considerable conflicto entre los recursos humanos disponibles, los servicios especializados externos y los servicios de inspección exigidos por la normativa.

Otro aspecto fundamental es la cuantificación de las emisiones de metano. Además de la detección de fugas, el reglamento también exige la medición de la cantidad que se escapa y su asignación a fuentes concretas. Esto requiere el uso de nuevos procedimientos técnicos que garanticen una cobertura segura de la superficie, una alta precisión de medición y una localización verificable.

Investigaciones LDAR con escenarios y ciclos de verificación

El Reglamento sobre el metano de la UE establece unos valores límite de 1000 partes por millón (ppm) en la interfaz suelo/aire. Este umbral se corresponde aproximadamente con el límite de detección anterior de la hoja de trabajo G 465-1 de la DVGW (Asociación Alemana del Gas y el Agua), pero

Tabla 1: Ciclos para la medición de emisiones según el tipo 2 de conformidad con el Reglamento sobre metano de la UE

Material	Período Tipo 1 (meses)	Período tipo 2 (meses)
Fundición gris GG/GGG	3/6	6/12
Acero	9	24
Polietileno	15	36
Acero (protegido catódicamente)	15	36

Fuente: Según OGMF y el Reglamento sobre el metano de la UE

en el contexto europeo, los ciclos de inspección se han acortado considerablemente y no se ha tenido en cuenta la clasificación de la nota informativa DVGW G 465-3. Las fugas se dividen en dos categorías:

- Las fugas superiores a 1000 ppm deben eliminarse en un plazo breve.
- Las fugas por debajo de este umbral deben seguir siendo objeto de observación y documentación.

A diferencia de la práctica alemana, el reglamento de la UE no establece una clasificación de fugas en A, B o C. El sistema alemán se basa en una evaluación de riesgos que tiene en cuenta tanto el tamaño de la fuga de gas como la situación del entorno. Por supuesto, esto no puede ignorarse y debe integrarse en el proceso. El reglamento de la UE establece

por el contrario, se centra en la cantidad de emisiones como criterio para determinar la urgencia de la reparación. Esto da lugar a un conflicto estructural de objetivos: los operadores de red deben reparar las fugas a corto plazo, incluso si, según la normativa alemana, no suponen un peligro grave, pero presentan un mayor nivel de emisiones. En la práctica, esto da lugar a nuevas estrategias de priorización y aumenta la presión sobre las actividades de construcción.

Otro problema radica en la definición de la evaluación de las fugas: mientras que la medición de la concentración de gas a nivel del suelo está relativamente establecida, hasta ahora no existe un método estandarizado para medir el nivel de emisiones en el origen y en el lugar. Por lo tanto, la actual fase de transición entre la normativa nacional y las directrices europeas genera incertidumbre en cuanto a su aplicación.

Obligaciones de notificación y métodos de medición admisibles

Las obligaciones de información del Reglamento sobre el metano de la UE se aplicarán a partir de 2026 a nivel de emplazamiento y a partir de 2027 a nivel de fuente. Entonces, los operadores de red no solo deberán documentar el estado de la red y las medidas LDAR aplicadas, sino también realizar una cuantificación específica de las fuentes de emisión. La base para ello es el artículo 14 del Reglamento, que establece que la medición de las emisiones debe realizarse «lo más cerca posible de la fuente».

En la práctica, esto significa una combinación de detección exhaustiva y medición específica de las fuentes con diferentes sistemas de medición. Entre los métodos permitidos se encuentran, entre otros:

- El método de cobertura, en el que el flujo de gas que sale se mide a través de una

Personalizables con el logotipo de su empresa



Haga su pedido ahora en nuestra tienda

Despierte el interés de las nuevas generaciones por el sector

Perfectos para la orientación profesional: nuestros folletos proporcionan la información más importante sobre formación y carrera profesional de forma concisa, atractiva y adaptada a cada profesión. Ideales para colegios, ferias o eventos de reclutamiento.

¡Pida

sus ejemplares ahora mismo.



. Este método está reconocido en el marco de la norma OGMP (nivel 4) y permite la medición directa de las emisiones in situ.

- El método de perforación, en el que se toma una muestra en la zona del suelo situada por encima de la fuga. Sin embargo, este método requiere mucho más tiempo y personal.

La elección del método depende, entre otras cosas, del tamaño de la fuga, el entorno y los recursos disponibles. Debido a los ciclos de reparación muy reducidos y a la continua escasez de personal cualificado, no es realista pensar en una aplicación generalizada del método de perforación, que requiere mucho tiempo. Más bien se recomienda una combinación de inspección automatizada de vehículos para la identificación y selección, seguida de una medición específica de las emisiones en el punto de origen. La integración de sistemas basados en vehículos en la estrategia LDAR es, por lo tanto, una respuesta técnica y organizativa a los nuevos retos.

Panorama general del mercado: comparación de las tecnologías disponibles

La gama de sistemas técnicos para la detección de fugas de gas es muy amplia y abarca desde la tecnología convencional de dispositivos portátiles hasta los sistemas basados en vehículos por encima de la tubería, pasando por las nuevas tecnologías para el control de la red de gas y la medición de emisiones con sensores de viento basados en vehículos.

Tecnología convencional de sondas

Las sondas de detección de gas y los medidores con resolución de ppm forman parte desde hace décadas del equipamiento estándar para la supervisión de redes. Permiten detectar metano sobre el eje de la tubería y sirven principalmente para controles de seguridad. Sin embargo, su uso requiere una inspección directa de la tubería. Por lo tanto, la capacidad de detección de estos sistemas se limita al área inmediata sobre la tubería. En lo que respecta a la supervisión a gran escala exigida por la UE

, las sondas convencionales están aceptadas por la normativa de la UE, pero pueden alcanzar sus límites metodológicos.

Sistemas basados en vehículos por encima de la línea

Estos sistemas pueden representar pruebas relevantes para la seguridad de acuerdo con la hoja de trabajo DVGW G 465-1 y son económicos. Sin embargo, una desventaja es que la supervisión se realiza en relación con las tuberías y, por lo tanto, las conexiones domésticas y, a menudo, también las tuberías de suministro en el área urbana no pueden inspeccionarse de manera adecuada. La ampliación de estos sistemas con datos sobre el viento permite cumplir los requisitos de la UE. El alcance de estos sistemas suele ser menor que el de la tecnología de alta sensibilidad. Sin embargo, con la medición adicional del viento es posible realizar una comprobación hasta el límite de la propiedad, tal y como exige el reglamento de la UE.

Sistemas basados en vehículos con sensores de viento

En el ámbito de la detección de fugas de gas mediante sensores de viento instalados en vehículos, existen actualmente diferentes métodos de medición. Estos se diferencian claramente entre sí en cuanto al principio físico de medición, el esfuerzo de integración, el ámbito de aplicación y los costes de inversión y funcionamiento.

Por ejemplo, existen sistemas basados en vehículos con sensores de viento que utilizan un espectrómetro de cavidad resonante y, por lo tanto, tienen una sensibilidad de medición muy alta. Pueden detectar concentraciones de metano hasta en el rango sub-ppb y, en combinación con la medición de la dirección y la fuerza del viento, así como el GPS, permiten la detección de áreas sospechosas de fugas. Sin embargo, estos sistemas requieren vehículos grandes y especialmente equipados, y suponen unos costes de adquisición y funcionamiento considerables.

En el caso de la tecnología resonante basada en láser, un moderno método de medición para la detección de metano...

y las emisiones de etano, se utiliza la última tecnología láser, que funciona en un rango espectral infrarrojo especial y permite una excitación selectiva de los gases objetivo. La resolución de concentración de esta tecnología de medición es de menos de ppb para el metano y el etano. Debido a su robustez y su diseño modular, la tecnología se puede integrar de manera flexible en diferentes plataformas de vehículos. En comparación con otros métodos alternativos de alta sensibilidad, el coste técnico total del sistema es menor, lo que se traduce en unos costes de inversión y funcionamiento moderados. Cabe destacar su estructura muy robusta, sin sistemas mecánicos de alto coste. Esto facilita su uso en el entorno de medición del operador de red y reduce los costes de mantenimiento.

Tecnología láser resonante: fundamentos y propiedades

El método de tecnología láser resonante desarrollado por Fraunhofer IPM en colaboración con Schütz GmbH Messtechnik se basa en la espectroscopia láser. Para ello se utiliza la tecnología láser más avanzada con el fin de excitar líneas de absorción específicas del metano y el etano. Mediante la modulación de la corriente láser se consigue una medición selectiva de los gases objetivo. La radiación absorbida genera ondas de presión en una célula de medición especialmente diseñada, que son registradas por un sensor. La elevación resonante dentro de la célula de medición permite una alta resolución con límites de detección bajos.

El volumen mínimo de la célula de medición del sistema es de solo unos pocos mililitros. Debido al reducido tiempo de intercambio de gases, el sistema alcanza un tiempo de respuesta corto. La frecuencia de medición es lo suficientemente alta como para garantizar una densidad de datos y una resolución espacial suficientes, incluso a velocidades de hasta 50 km/h. La separación del metano y el etano permite superar el límite establecido por el Mi-

Abbi 1: Sistema de medición LDEM 2000 con sensores de viento, integrado en un vehículo todoterreno



Fuente: Schütz GmbH Messtechnik

concentración de gas natural determinada por la relación de mezcla, distinguir las fuentes biogénicas de metano de las fugas de gas natural. Dado que la señal acústica se registra directamente a través de un sensor, la medición se realiza sin los detectores optoelectrónicos clásicos. De este modo se reduce la susceptibilidad a las fuentes de interferencia óptica y a la contaminación.

El sistema de tecnología láser resonante LDEM 2000 en la práctica

El sistema resonante basado en láser LDEM 2000 ha sido desarrollado especialmente para su uso móvil. Gracias a su diseño compacto y su bajo consumo de energía, se puede integrar de forma flexible en diferentes tipos de vehículos. Entre ellos se incluyen no solo

grandes vehículos de medición, sino también plataformas más pequeñas, como turismos o vehículos todoterreno ligeros (fig. 1). La instalación del sistema en vehículos más pequeños permite circular de forma eficiente incluso por tramos de carretera de difícil acceso.

La arquitectura central del sistema incluye dos módulos de medición separados para ►

Doble mixto



La revista especializada líder del sector alemán de la energía y el agua + siempre disponible en formato electrónico.

¡Lea DVGW energie | wasser-praxis no solo en formato impreso, sino también en formato digital! Ya sea en la pantalla de su casa o mientras se desplaza a través de su tableta o smartphone: los suscriptores y los miembros de DVGW pueden acceder al periódico electrónico de forma gratuita. Encontrará más información y las opciones de registro en epaper.energie-wasser-praxis.de.


energie | wasser-praxis

Metano y etano. Esto permite un registro independiente y al mismo tiempo sincronizado de ambos gases. La medición continua del viento proporciona, además de la velocidad, la dirección exacta del viento, lo que es indispensable para calcular las áreas sospechosas de fugas. Los sensores integrados registran la velocidad del vehículo y recopilan los datos del GPS, lo que garantiza una georreferenciación exacta de los datos de medición.

Los datos medidos, incluidas las áreas de cobertura alcanzadas, se visualizan en tiempo real en una tableta. Durante el trayecto, el usuario recibe información directa sobre las concentraciones registradas, la dirección actual del viento y la superficie supervisada. Los datos se almacenan localmente en el dispositivo final, sin obligación de utilizar una nube externa. Esto es de gran importancia para muchos operadores de red, especialmente desde el punto de vista de la protección de datos. El almacenamiento y el procesamiento de los datos son transparentes y abiertos para el usuario. Los datos brutos de la medición están disponibles y pueden exportarse.

La exportación de datos puede realizarse en formato KMZ, Geodata o CSV, lo que permite una transferencia sin problemas a los sistemas GIS habituales (fig. 2). El uso de datos KMZ permite la verificación sin necesidad de instalar ningún software en el navegador de Internet. Además, el software Scout puede generar informes de emisiones en formato KMZ que cumplen los requisitos del Reglamento de la UE sobre el metano.

El proceso completo de medición de emisiones en el funcionamiento de la red

Preparación y planificación

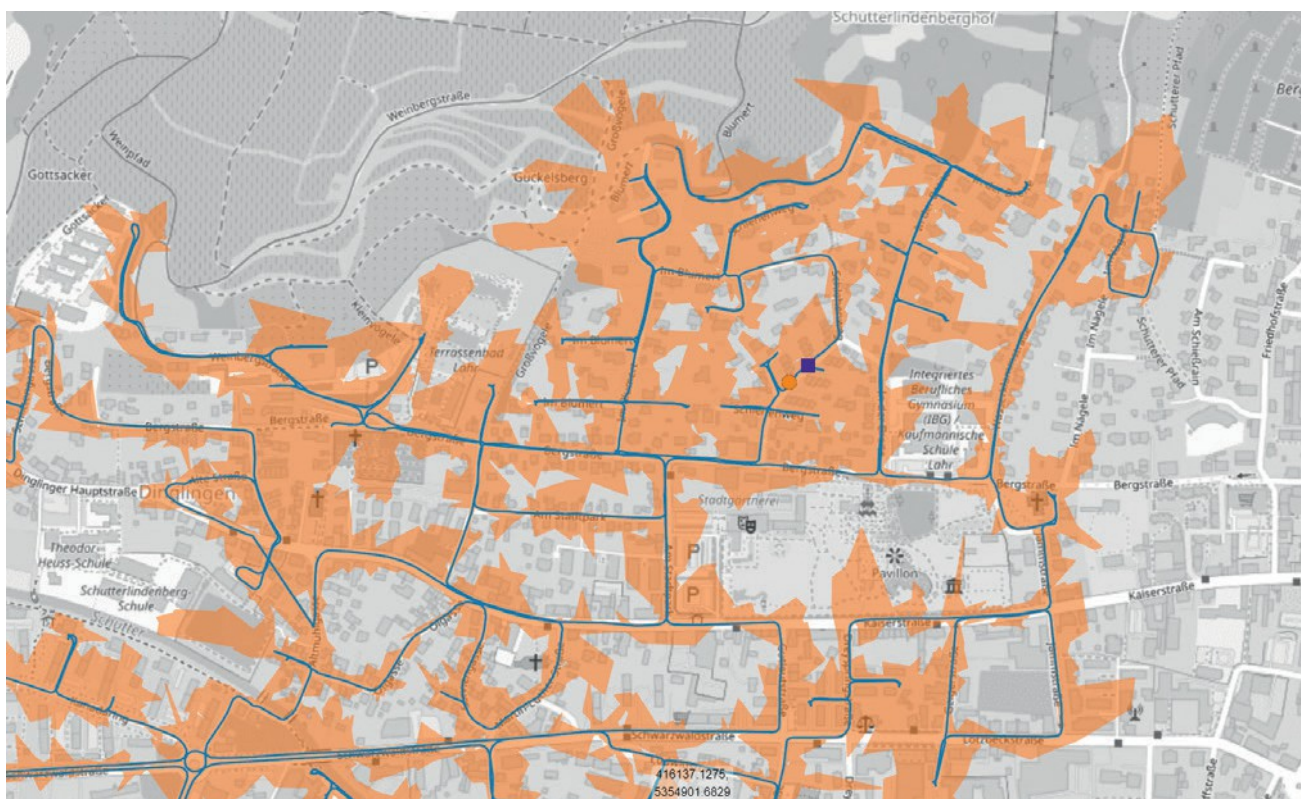
Antes de comenzar la medición de emisiones con vehículos, se lleva a cabo una planificación estructurada de la intervención basándose en la información disponible sobre la red y la geografía. Para ello se tienen en cuenta los tramos de tubería que se van a examinar, las posibles vías de acceso, las condiciones ambientales relevantes (por ejemplo, las condiciones del viento, la densidad de edificación) y las posibles restricciones para la circulación de vehículos. Además, se pueden incorporar a la planificación datos históricos sobre fugas e información operativa

planificación para optimizar la ruta y examinar de forma específica las zonas críticas.

Recopilación de datos durante el recorrido de medición

El registro de datos se realiza con el tráfico en movimiento a velocidades de hasta 50 km/h. La sensibilidad del sistema permite detectar emisiones de metano con una fuga de 5 g/h o menos a una distancia de 15 m. El registro continuo de los datos de concentración, en combinación con los datos sobre la velocidad y la dirección del viento, permite determinar con exactitud la superficie supervisada. Esta se muestra en tiempo real como un área en la pantalla (fig. 3).

Preevaluación y selección Durante el recorrido de medición se detectan numerosas áreas sospechosas de fuga, que en un primer paso se someten a una preevaluación automatizada. Un criterio esencial para ello es la relación entre el etano y el metano. Dado que las fuentes biogénicas no suelen contener etano, esta composición de gases permite determinar...



Abbi 2: Área total de inspección controlada con cobertura del viento y punto sospechoso de fuga marcado (marcador naranja).

Fuente: Schutz GmbH Messtechnik

Ya se puede realizar una primera distinción y reducir el número de áreas sospechosas que deben validarse.

Validación y localización

Las áreas sospechosas detectadas durante el recorrido de medición se revisan de forma específica o se comprueban manualmente. Las fugas menores que no pueden clasificarse con certeza debido a las condiciones del viento, una baja concentración de etano o efectos de dilución pueden verificarse mediante mediciones repetidas. Si es necesario, la localización exacta se realiza con medidores de gas portátiles.

Cuantificación y elaboración de informes

Las concentraciones medidas se convierten en cantidades de emisiones teniendo en cuenta los datos registrados sobre el viento y la velocidad del vehículo. Los resultados se incluyen en los informes que se envían a las autoridades competentes y sirven para priorizar las medidas de reparación.

Diferencias con respecto a los sistemas existentes

En comparación con otros sistemas con sensores de viento, el sistema de medición LDEM 2000 se caracteriza por un bajo esfuerzo de integración técnica. No es necesario utilizar vehículos grandes y especialmente equipados. La recopilación de datos se realiza de conformidad con el RGPD y puede procesarse íntegramente en el sistema del operador de red. Gracias a su diseño robusto y a su resistencia a numerosas influencias ambientales, el sistema también es adecuado para su uso en terrenos difíciles. El registro cuantitativo de metano y etano está integrado de serie en el LDEM 2000 y permite una evaluación exhaustiva del potencial de fuga y de la cantidad de emisiones. La visualización continua en tiempo real de las áreas cubiertas durante la inspección permite una verificación directa de la estrategia de medición y registra la red



Abbi 3: Vista del interior de la cabina del vehículo de medición con control de la distancia de medición y los resultados de medición a través de la pantalla

Fuente: Schütz GmbH Messtechnik

de forma clara y eficiente. A diferencia de otros sistemas similares, el LDEM 2000 tiene una estructura modular y también se puede instalar en plataformas de vehículos ya existentes.

Conclusión y perspectivas

La tecnología resonante basada en láser implementada en el sistema LDEM 2000 es una solución técnicamente madura que cumple todos los requisitos del Reglamento sobre metano de la UE y puede competir con los sistemas clásicos. El sistema ha sido diseñado específicamente para su uso práctico en redes y es adecuado para hacer frente a los retos personales y organizativos que conlleva la implementación de la supervisión de emisiones y la presentación de informes a gran escala.

La integración en diferentes plataformas de vehículos permite un registro eficiente de la concentración de metano en las proximidades de las tuberías y en terrenos accidentados. La alta densidad de puntos de datos, incluso a alta velocidad, permite un análisis fiable, una priorización de las fugas según su relevancia en cuanto a emisiones y la elaboración de informes puntuales de acuerdo con los requisitos normativos.

Otra ventaja de la metodología es la posibilidad de diferenciar entre fuentes de metano fósiles y biogénicas mediante la medición de etano, así como la rápida documentación de las fuentes detectadas (biogás, depuradoras, etc.). Esta distinción es especialmente importante en el contexto de la priorización de medidas basadas en las emisiones. El sistema LDEM-2000 permite así una aplicación eficiente y práctica del Reglamento sobre el metano de la UE y, al mismo tiempo, ofrece a los operadores de redes una solución robusta, adaptable y económica para cumplir con sus obligaciones de supervisión y notificación. ■

El autor

Volker Heimburger es director general de Schütz GmbH Messtechnik.

Contacto:
Volker Heimburger
Schütz GmbH Messtechnik Einsteinallee 5
77933 Lahr
Tel.: 07821 3280-100
Correo electrónico: info@schuetz-messtechnik.de Internet: www.schuetz-messtechnik.de