



Wärme sehen · Gase visualisieren

Thermografische Visualisierung von VOC-Gasleckagen mit der Gasfinder-Kamera



Wärme sehen · Gase visualisieren

Vorstellung des Referenten

Dipl.-Ing. Hagen Marx • VDI

Thermografie Marx
In der Felster 63 b
56626 Andernach bei Koblenz

Außenstelle in Sachsen-Anhalt
Krummacherring 9
06406 Bernburg

gegründet 1996

- Vds-anerkannter Sachverständiger für Elektrothermografie
- nach DIN EN 473 Stufe 2 zertifizierter Thermograf in den Sektoren Bau, Industrie, Elektro
- Gründungsmitglied im Verband für Angewandte Thermografie VATH

Tätigkeitsfelder:

- Industriediagnostik (Spezialmessungen)
- Baudiagnostik (gutachterliche Tätigkeit)
- Ortung von Leckagen verschiedener Art (Wasser, Wärme, Gas, Druckluft etc.)
- Elektroanlagen-Thermografie



Wärme sehen · Gase visualisieren

Ziele meines Ingenieurbüros in puncto Gasvisualisierung

Ich möchte

1. die Verfügbarkeit neuer Inspektions-Technologien zur Visualisierung ausströmender VOC-Gase bekanntmachen, um ihr eine breitere Basis zu verschaffen
2. den Einsatz von in der Industrie bewährten Methoden der zustandsabhängigen Instandhaltung in der Energiewirtschaft anregen
3. ein Komplett-Paket für kostenbewusste Betreiber von Erdgas-Anlagen anbieten, die die Vorteile modernster Messtechnik ohne eigene größere Investitionen nutzen wollen
4. mich für die weltweiten Klimaschutzziele durch Vermeidung unnötiger Methan- und CO₂-Emissionen und für die Förderung von erneuerbaren Energien engagieren.



Wärme sehen · Gase visualisieren

Die thermografische Ortung von Gasleckagen

Zivile Thermografie gibt es seit den 70er Jahren. Das physikalische Prinzip war bekannt.

Warum erst jetzt IR-Gas-Visualisierung?

- technisch sehr anspruchsvoll
- frühe Kameras $120 \times 80 = 9.600$ pixel, 1 K thermische Auflösung
- heute möglich: $640 \times 480 = 307.200$ pixel (32 x besser), 0,025 K thermische Auflösung (40 x besser)
- Hochleistungssysteme waren bisher dem US-Militär vorbehalten
- ausgereifte Kamera für Gasvisualisierung erst seit 2010 auf dem Markt
- gewisse Hürden bis zum Erwerb der Kamera: US-Lizenz erforderlich
- sehr hoher Preis (mittelfristig kein Preisrutsch zu erwarten)



Wärme sehen · Gase visualisieren

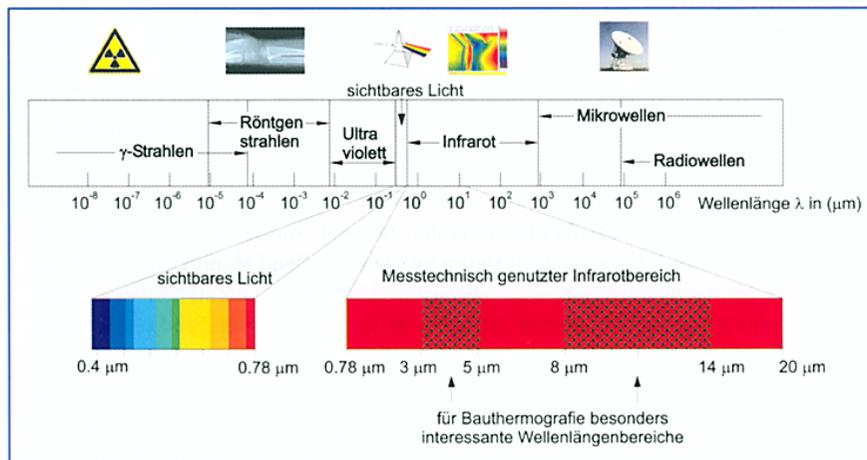
Prinzip der IR-Gasvisualisierung

Prinzip der Thermografie: Wärmestrahlung eines Gegenstandes (IR) wird von einem Sensor empfangen.

Grundvoraussetzung: Übertragungsstrecke (Luft) muss für diese Wärmestrahlung durchlässig sein

Luft: Gasgemisch aus verschiedenen Gasen und Wasserdampf mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften

Durchlässigkeit für IR-Strahlung nur in 2 sogenannten „atmosphärischen Fenstern“



Quelle: Nabil A. Fouad, Torsten Richter;
Leitfaden Thermografie im Bauwesen;
Fraunhofer IRB Verlag, 2006



Wärme sehen · Gase visualisieren

Spezifische Eigenschaft der VOC-Gase

Benzol, Heptan, Methanol, Octan, Toluol, Ethan, Ethylen, Ethanol, Hexan, Butanon, Pentan, Xylen, **Methan**, Propylen, Ethylbenzol, Isopren, MIBK, 1-Penten, Butan, Propan und deren Gemische wie

Erdgas, Flüssiggas, Deponiegas, Biogas, Klärgas etc.:

Sie sind bei einer Wellenlänge von 3,2 - 3,4 Mikrometer **nicht** durchlässig für Infrarotstrahlung und werden dadurch selbst zum Strahler (Volumenstrahler → Allegorie zu einem Körper) oder Absorber (Bemerkung: Andere Gase z. B. CO₂, Ammoniak, SF₆, – andere Filter bzw. Kameras)

Zufall: In diesem Bereich gibt es ein atmosphärisches Fenster von 3-5 μm , in dem bestimmte Wärmebildkameras arbeiten (MW-Kameras, waren fast schon verschwunden)

Idee: Ausnutzung dieser spezifischen Eigenschaft, um VOC-Gase zu detektieren



Wärme sehen · Gase visualisieren

- Probleme:
- zu geringe Temperaturempfindlichkeit herkömmlicher MW-Kameras
 - kleiner Ausschnitt aus dem nutzbaren Frequenzband zur Verfügung
(0,2 μm von 2 μm = 10 %) → sehr geringes Messsignal
- Lösung:
- Einsatz eines Schmalbandfilters von 3,2-3,4 μm
 - Entwicklung einer extrem temperaturempfindlichen Kamera (InSb-Detektor) durch Kühlung des Detektors auf $-220\text{ }^\circ\text{C}$ (Stirlingkühler)
 - Integration des Filters in den Detektorblock
- Finish:
- Einbau dieses Detektors in ein herkömmliches HighEnd-IR-Kameragehäuse mit allen modernen Schnittstellen und Features



Wärme sehen · Gase visualisieren

Das Ergebnis: Die FLIR GF 320

Zielgruppen:

Öl- und Gasförderungsunternehmen
Chemiekonzerne, Raffinerien
Gasversorgungsunternehmen
Industriebetriebe
Biogasanlagen etc.





Wärme sehen · Gase visualisieren

Vorteile der Gasvisualisierung mit der GF 320:

- schnelles Prüfen großer Flächen bzw. vieler Armaturen und Verbindungsstellen
- genaues Visualisieren der Austrittsstelle
- sehr aussagefähige Dokumentation
- auch bei unterirdischen Leitungen einsetzbar
- schnelle Abschätzung der austretenden Menge
- Überprüfung aller technischen Komponenten im Betriebszustand
- leichte, handgehaltene und flexibel einsetzbare IR-Kamerasysteme mit Wechseloptiken
- hochauflösende Kamera zeigt kleinste Lecks

Einschränkungen:

- keine genaue Bestimmung der Leckmenge, aber Verbesserung durch Einsatz von Gasspürgeräten
- Witterungsabhängigkeit des Einsatzes (Sturm oder Regen, sehr niedrige Temperaturen sind ungünstig)



Wärme sehen · Gase visualisieren

Indoor – Anwendungen der Gaskamera

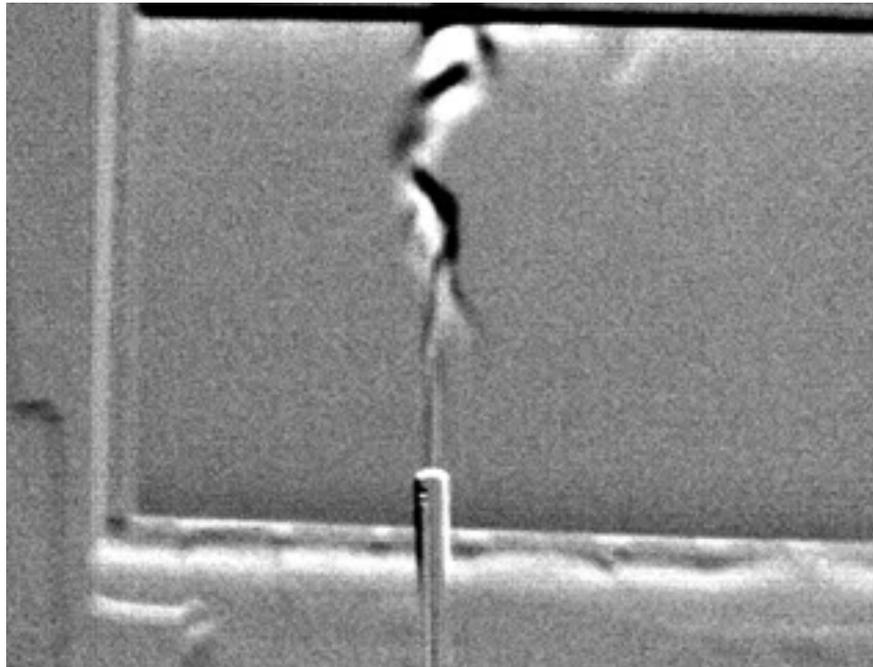
Vorteil: wetterunabhängig !!!

Das heißt aber nicht, dass es im Messgebiet keine Luftverwirbelungen gibt.

Wichtig: richtige Aufnahmeposition, ruhiger Hintergrund, Temperaturdifferenz zwischen Gas und Hintergrund muss vorhanden sein.



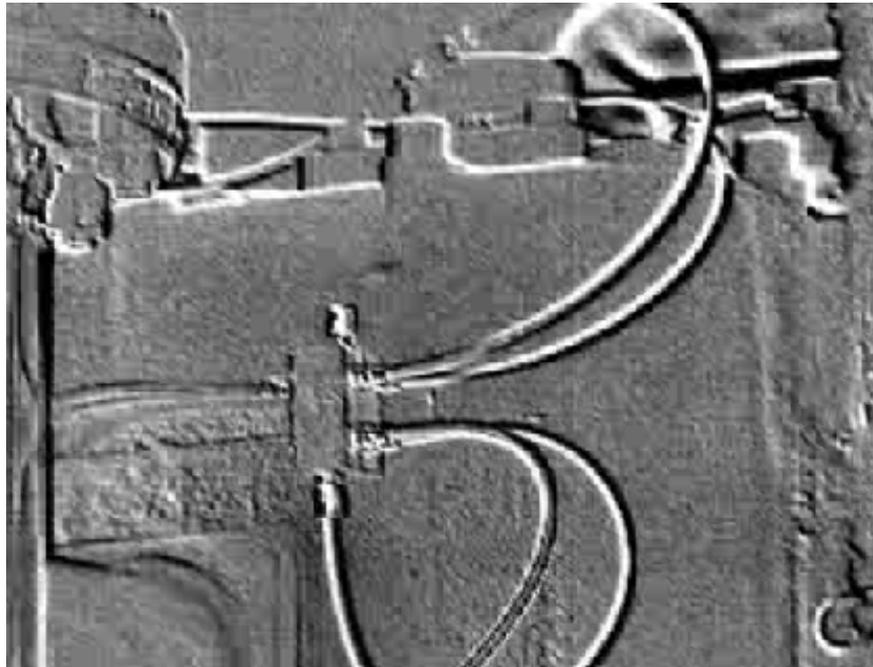
Wärme sehen · Gase visualisieren



Was ist das?



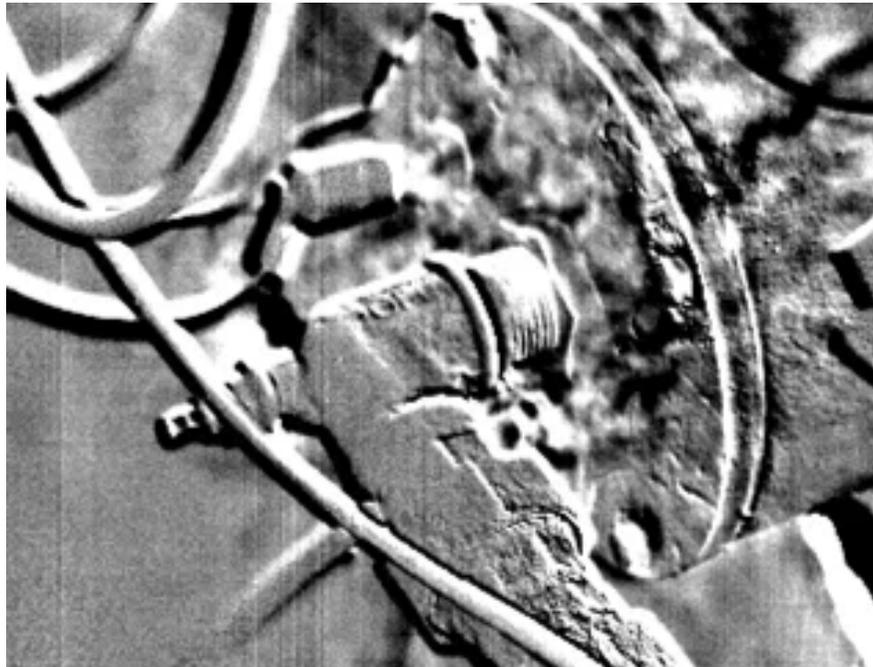
Wärme sehen · Gase visualisieren



Kleinstleckage



Wärme sehen · Gase visualisieren



Brennerflansch



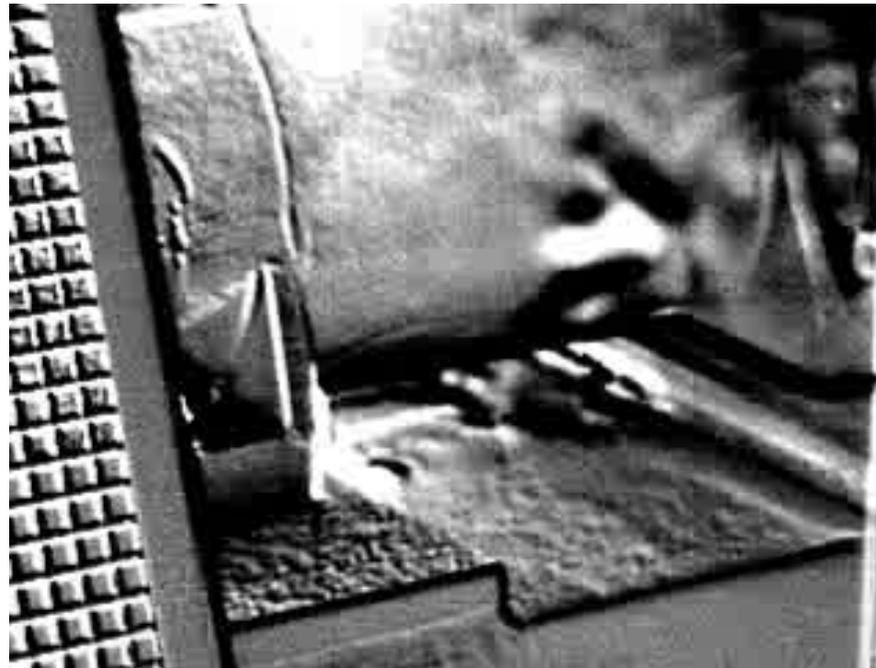
Wärme sehen · Gase visualisieren



Gasturbine



Wärme sehen · Gase visualisieren



Gasverdichter



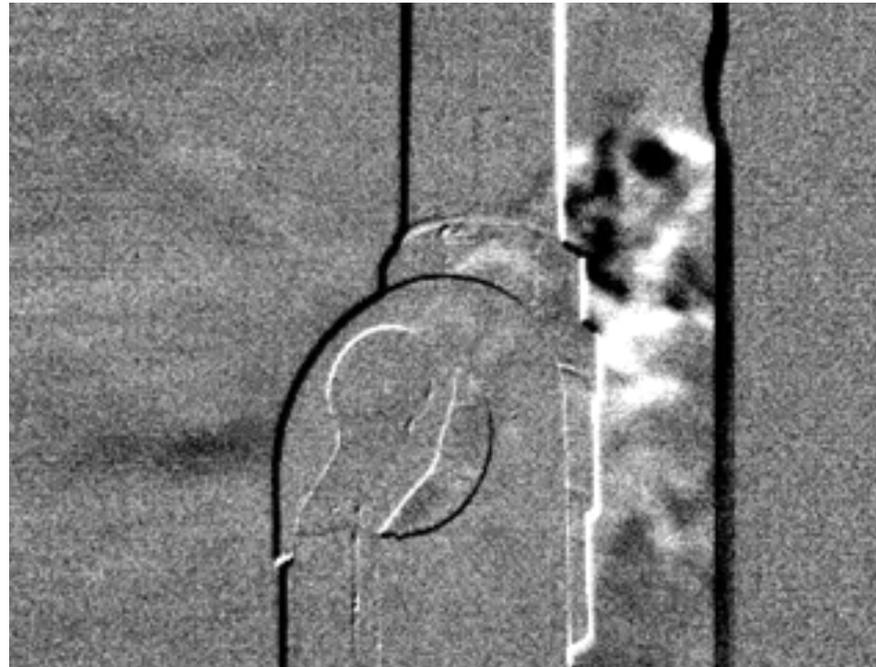
Wärme sehen · Gase visualisieren



Verschraubung



Wärme sehen · Gase visualisieren



Kugelhahn



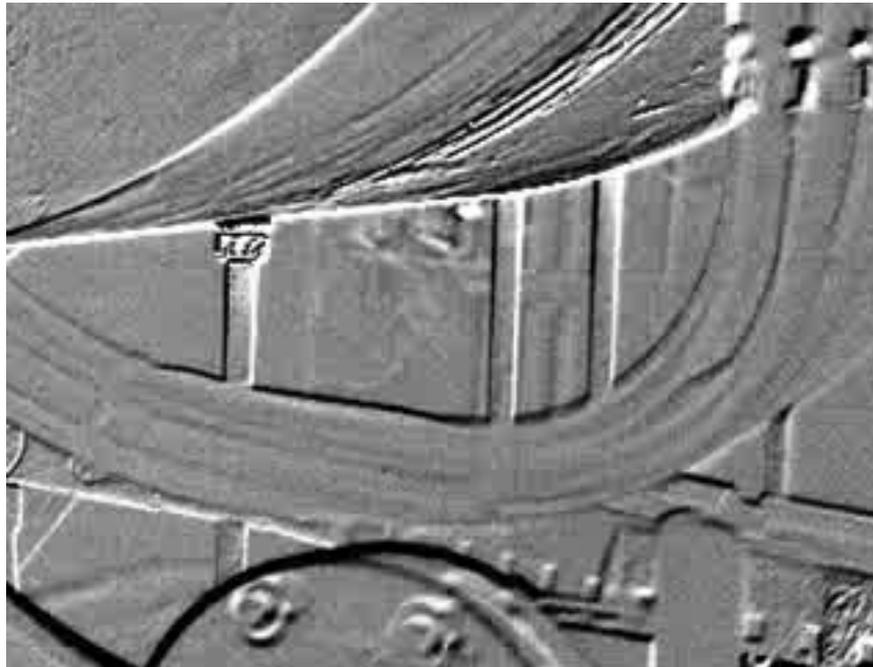
Wärme sehen · Gase visualisieren



Gasregelventil



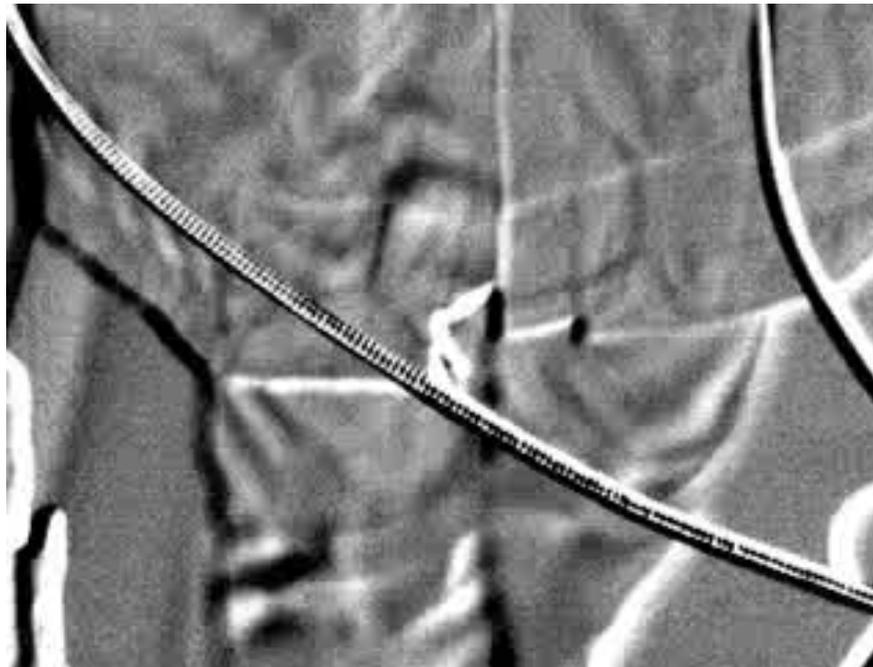
Wärme sehen · Gase visualisieren



Gassteuerleitung einer Turbine



Wärme sehen · Gase visualisieren



Kabelleerrohr, Spiralausfertigung



Wärme sehen · Gase visualisieren



Schlauchbruch



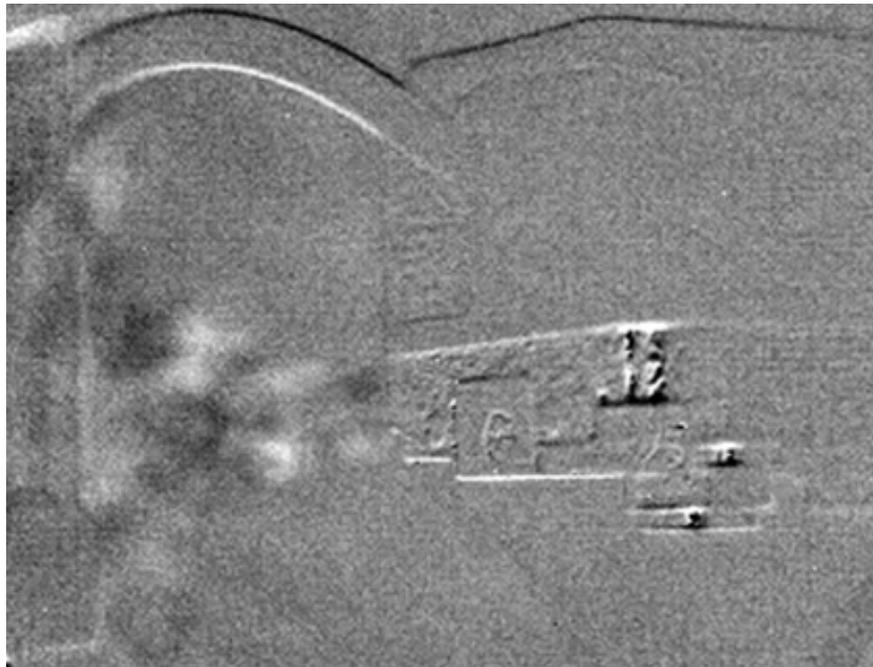
Wärme sehen · Gase visualisieren



fehlende Messnippelschraube



Wärme sehen · Gase visualisieren



Reglergehäuse



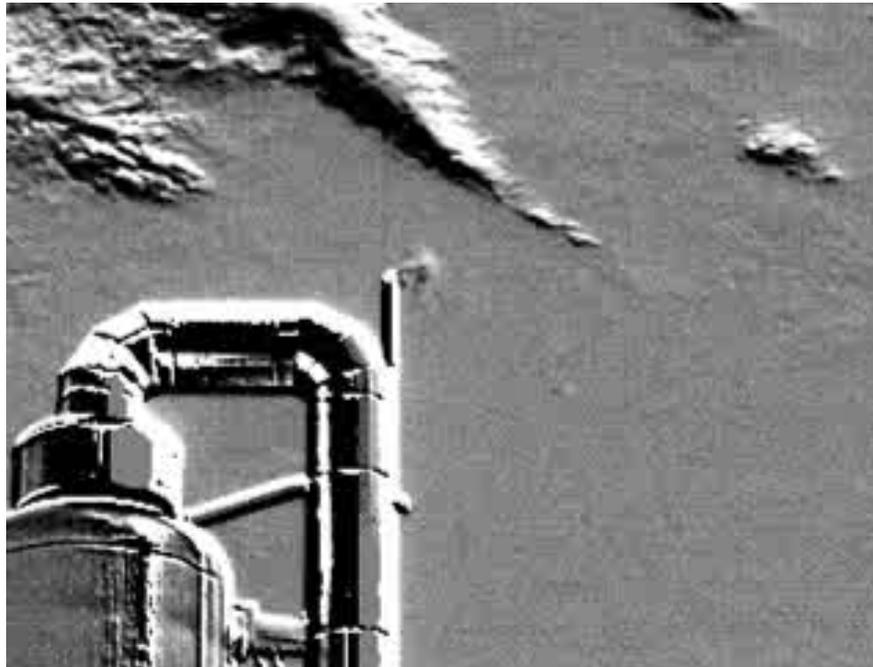
Wärme sehen · Gase visualisieren

Outdoor - Anwendungen der Gaskamera

trotz Wind und Wetter ...



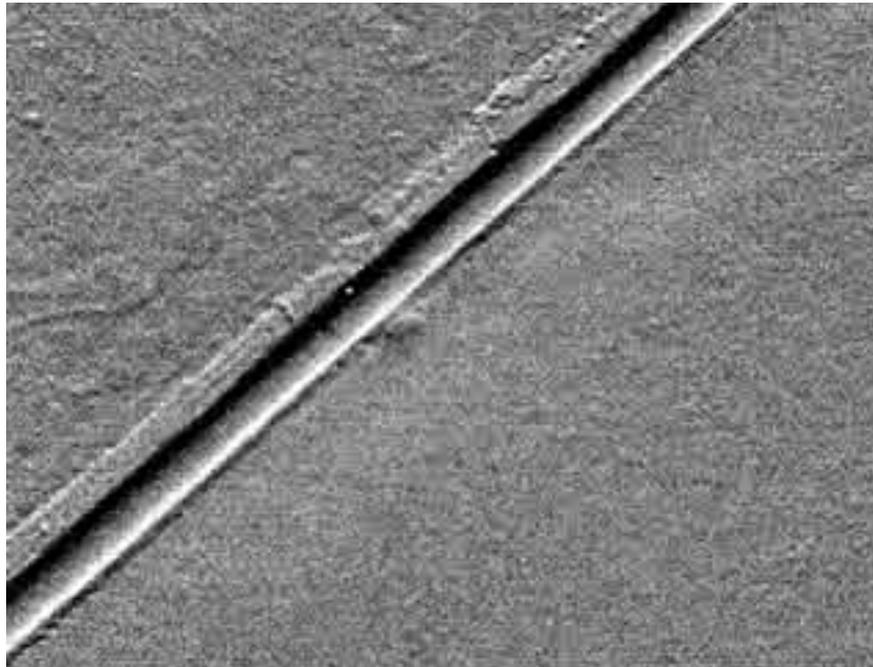
Wärme sehen · Gase visualisieren



Ausbläser



Wärme sehen · Gase visualisieren



Pore in Betondecke Biogasfermenter



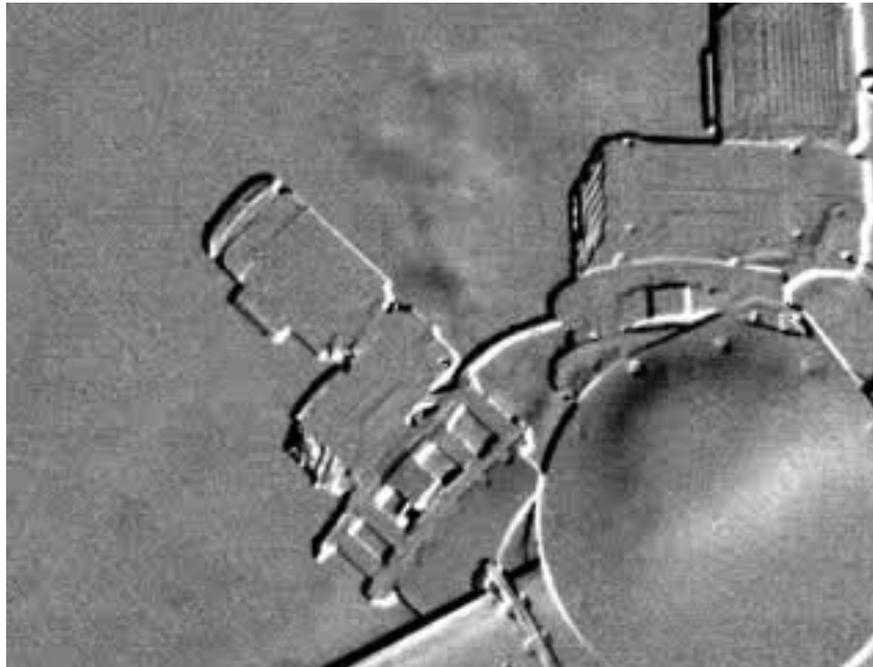
Wärme sehen · Gase visualisieren



Leck in einfacher Biogasabdichtung



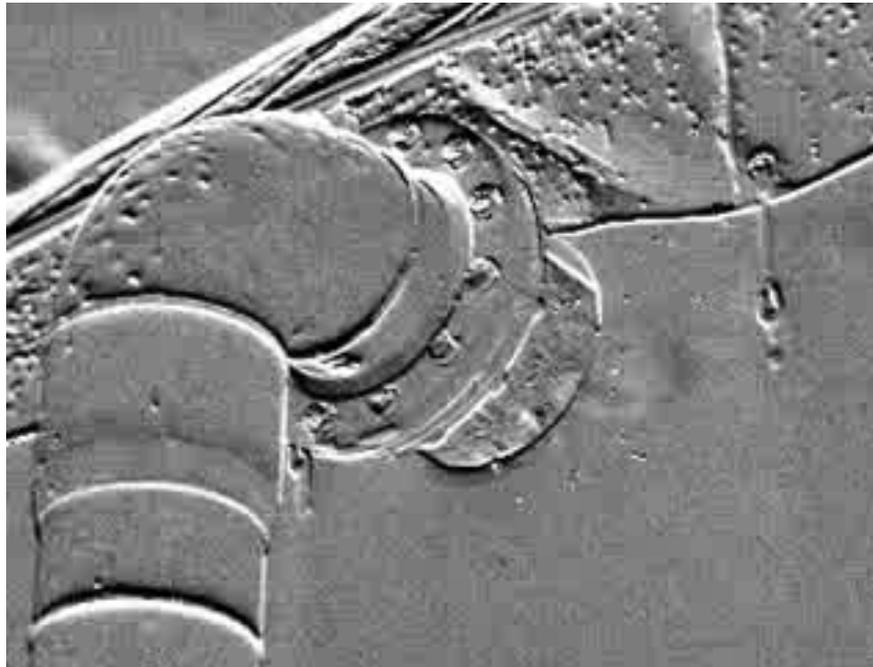
Wärme sehen · Gase visualisieren



versehentlich unter Gasdruck geratene
Fütterungsschnecke zweier Fermenter



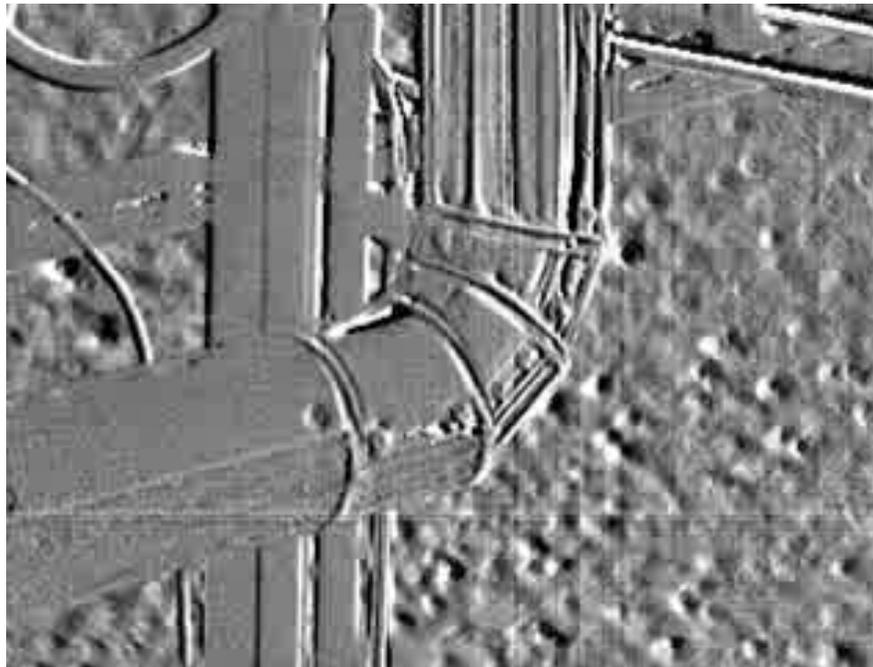
Wärme sehen · Gase visualisieren



undichte Rohrleitungsdurchführung



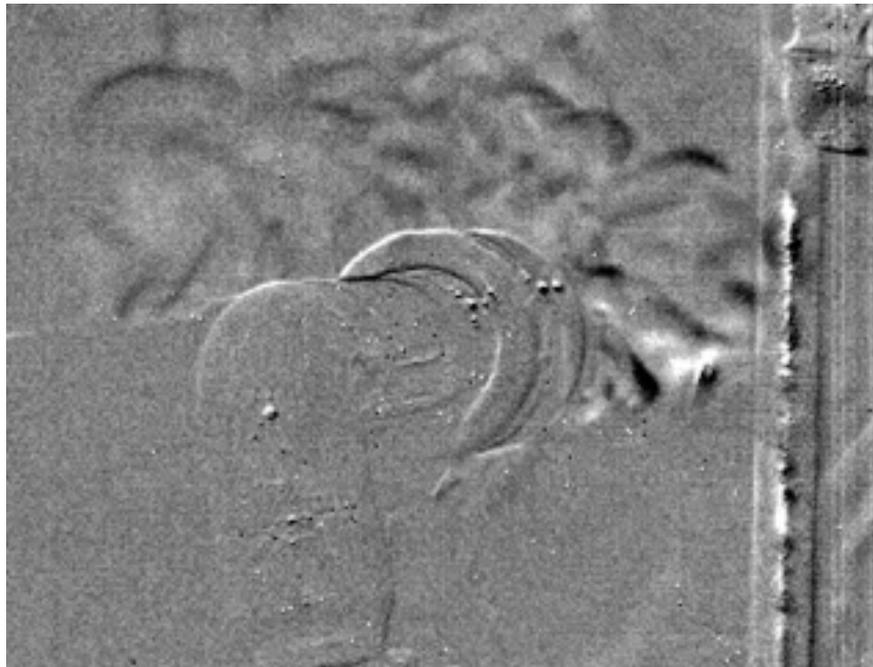
Wärme sehen · Gase visualisieren



isolierte Erdgassteuerleitung



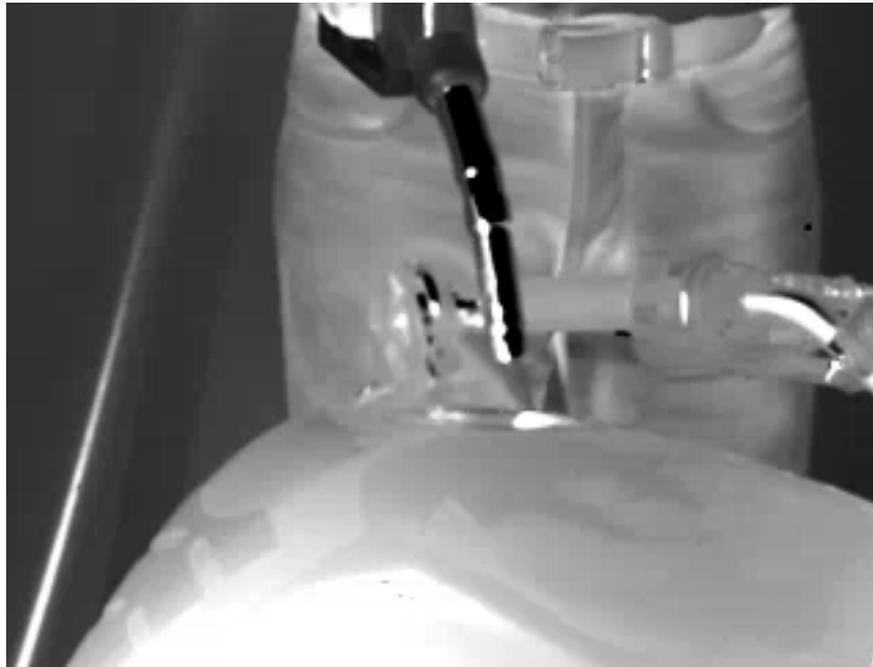
Wärme sehen · Gase visualisieren



undichte Kondensatleitung unter Gasdruck



Wärme sehen · Gase visualisieren



Betankung Motorrad



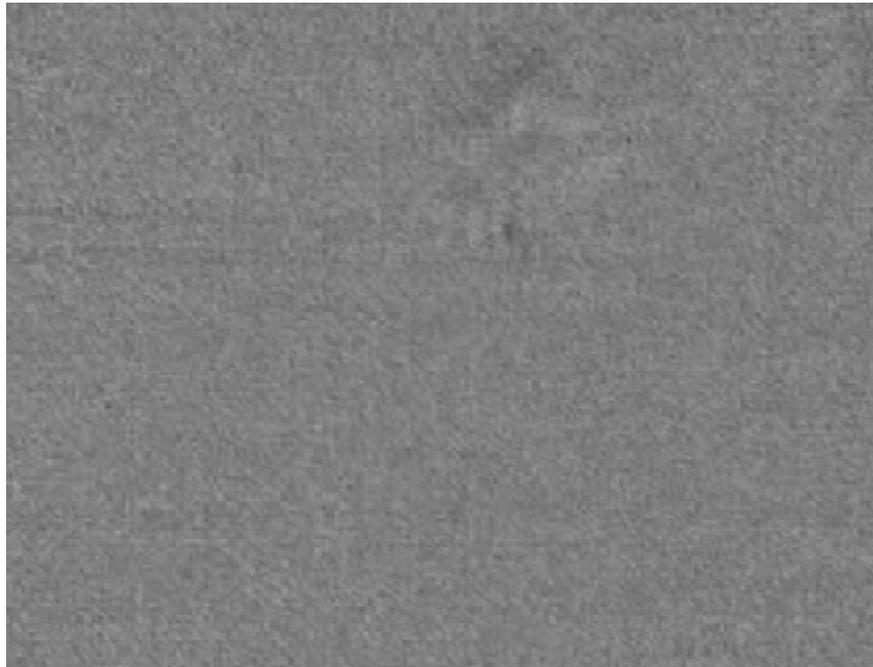
Wärme sehen · Gase visualisieren



undichte Randbefestigung



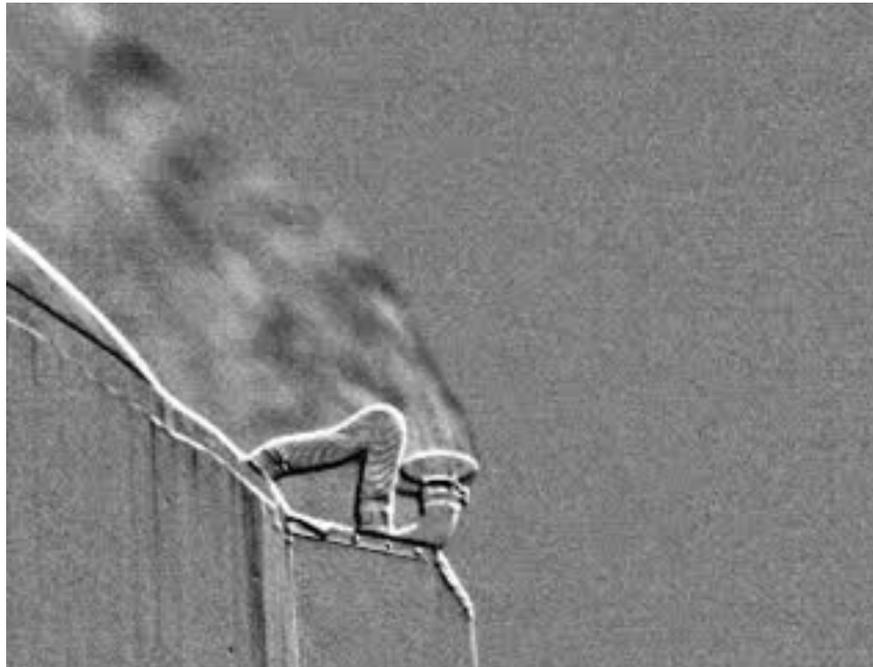
Wärme sehen · Gase visualisieren



undichte Seilzugdurchführung Rührwerk Fermenter



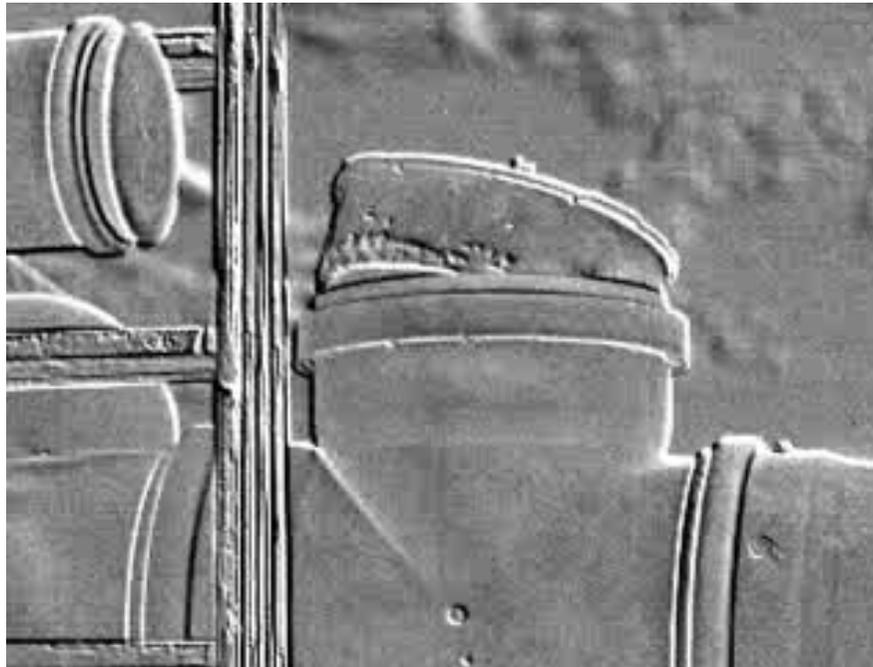
Wärme sehen · Gase visualisieren



Großleck untere Biogasmembran



Wärme sehen · Gase visualisieren



Substratleitung zwischen 2 Fermentern



Wärme sehen · Gase visualisieren



Versuch mit Hüttengas (nur 6 % Methan)



Wärme sehen · Gase visualisieren

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!