Aufspüren illegaler Anbohrungen an Pipelines

Illegale Anbohrungen und Produktdiebstahl sind ein Problem für Pipelinebetreiber auf der ganzen Welt. Da Kriminelle eine Vielzahl unterschiedlicher Apparaturen nutzen und in vielen Fällen in der Lage sind, ihre Methoden des Anzapfens und Diebstahls an die Gegebenheiten der Pipeline anzupassen, wurde von der GOTTSBERG Leak Detections GmbH & Co. KG zusammen mit einem weiteren Dienstleistungsunternehmen und zwei Pipelinebetreibern ein Forschungsprojekt gestartet, um die Detektierbarkeit und Lokalisierung dieser Problemstellen zu untersuchen. Ziel war es, verschiedene Möglichkeiten der illegalen Entnahme von Produktmengen entlang einer Leitung zu simulieren und anschließend durch einen Molchlauf zu detektieren.

Illegale Angriffe auf das Pipelinenetz

Einige dieser Aufbauten waren echten Diebstählen nachempfunden, die in der Vergangenheit an realen Rohrleitungen entdeckt wurden. Alle waren unterschiedlich aufgebaut. Das Inspektionspersonal bekam während der Versuche keinerlei Information, wo und welche Art von Lecks eingebaut wurden. Da in vielen Fällen Schläuche an der illegalen Produktentnahmestelle angebracht sind, wurden sie bei einigen der vorbereiteten Lecks ebenfalls verbaut. Es wurden unterschiedliche Schlauchlängen und -durchmesser sowie unterschiedliche Ventile an den Auslässen verwendet. Die Menge des entnommenen Produkts variierte zudem an jeder Leckagestelle.

Dieser Artikel befasst sich mit den Versuchsaufbauten und den Ergebnissen der Lecksuchläufe. Er zeigt die Daten der verschiedenen Lecksignaturen, die sich auf die verschiedenen Testeinstellungen beziehen, und gibt einen Ausblick auf die Fähigkeiten der eingesetzten Technologie.

Weltweit sehen sich Pipelinebetreiber und Ölgesellschaften mit dem Problem illegaler Anzapfungen an ihren Leitungen konfrontiert, bei denen Pipelines angebohrt und Produktmengen gestohlen wird. In einigen Regionen ist dies eine zunehmende Herausforderung und gerade die Corona-Krise hat gezeigt, dass einige Kriminelle nach neuen Möglichkeiten der Geldbeschaffung gesucht haben. Andererseits gehen in Europa die Fälle von Produktdiebstahl zurück, weil die Pipelinebetreiber für diese ernste neue Bedrohung sensibilisiert sind. Sie reagieren umgehend, verstärken die Überwachung, verbessern die

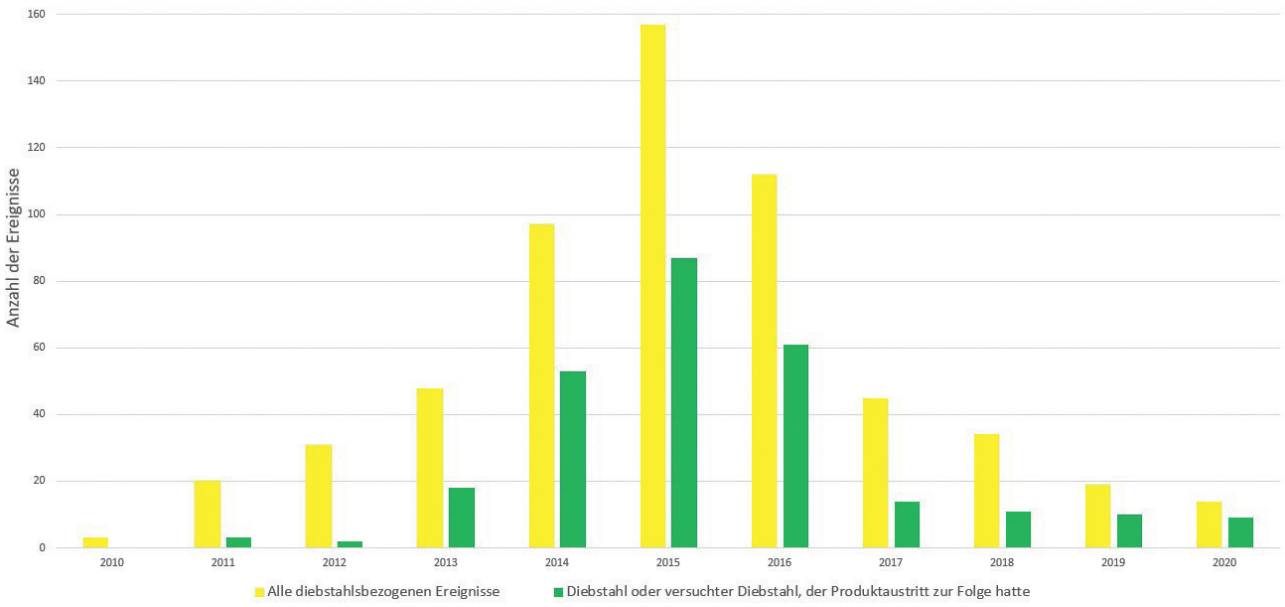


Abb. 1 Daten des Concawe-Berichts

Fähigkeiten der Leckerkennungssysteme und sensibilisieren die eigenen Mitarbeiter, Auftragnehmer und Strafverfolgungsbehörden für das Problem. Daher sind die Zahlen in der EU seit einem Höchststand im Jahr 2015 deutlich zurückgegangen, obwohl das Problem noch lange nicht gelöst und vor allem die Dunkelziffer dieser Verbrechen unbekannt ist (Abb. 1).

Gefahrenerkennung

Das gesamte Pipelinenetz vor illegaler Produktentnahme zu schützen, wird auch in Zukunft kaum möglich sein, jedoch gibt es mittlerweile technische Möglichkeiten, das Problem frühzeitig zu erkennen und dadurch auch eine entsprechende Abschreckungswirkung zu erzielen. Eine davon ist der Einsatz von Lecksuchmolchen, welche die Leitung befahren und in der Lage sind, selbst kleinste Produktverluste durch Auswertung akustischer Daten zu erkennen. Die technologische Speerspitze bilden hier die Leckerkennungsmolche der Firma GOTTSBERG Leak Detection, die in der Lage sind selbst kleinste Fehlstellen im Submillimeterbereich in der Leitung zu erkennen und für das Auffinden und genaue Lokalisieren von Leckagen von wenigen Litern pro Stunde zertifiziert sind. Hiermit ist man in der Lage, die TRFL im Hinblick auf die Detektion von Kleinst- und schleichende Leckagen zu erfüllen, die mit anderen Technologien nicht aufzuspüren sind. Die Geräte befahren die Leitung, angetrieben von dem Produktfluss im Normalbetrieb, und zeichnen alle Geräusche in der Leitung auf. Nach der Verarbeitung der Daten beginnt die Analyse und Leckagen können eindeutig identifiziert und von allen anderen Geräuschen unterschieden werden. Auch eine präzise Ortung mit einer Genauigkeit von +/- 5 m kann bereits mit dem ersten Inspektionslauf und ohne externe Hilfsmittel erfolgen.

Da Kriminelle jedoch schnell auf die unterschiedlichen Bemühungen der Pipelinebetreiber reagieren, müssen auch die Anbieter von technischen Lösungen stets an der Weiterentwicklung ihrer Geräte arbeiten, um hier im Vorteil zu bleiben. Neben einigen anderen Versuchsreihen, die zu diesem Problem bei Kunden und mit verschiedenen Versuchsaufbauten in der betriebseigenen Testpipeline durchgeführt wurden, sollten einige Versuchsläufe in realen Rohrleitungen umgesetzt werden.

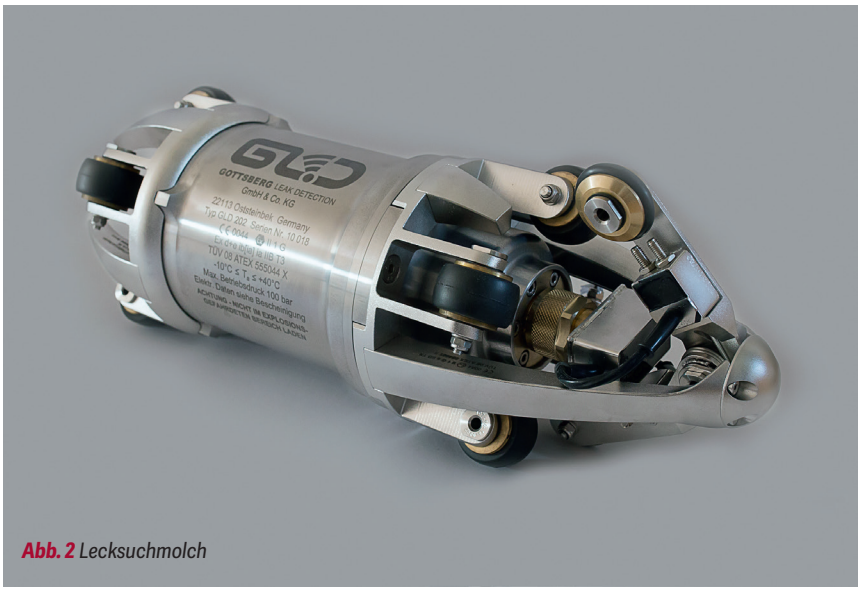


Abb. 2 *Lecksuchmolch*

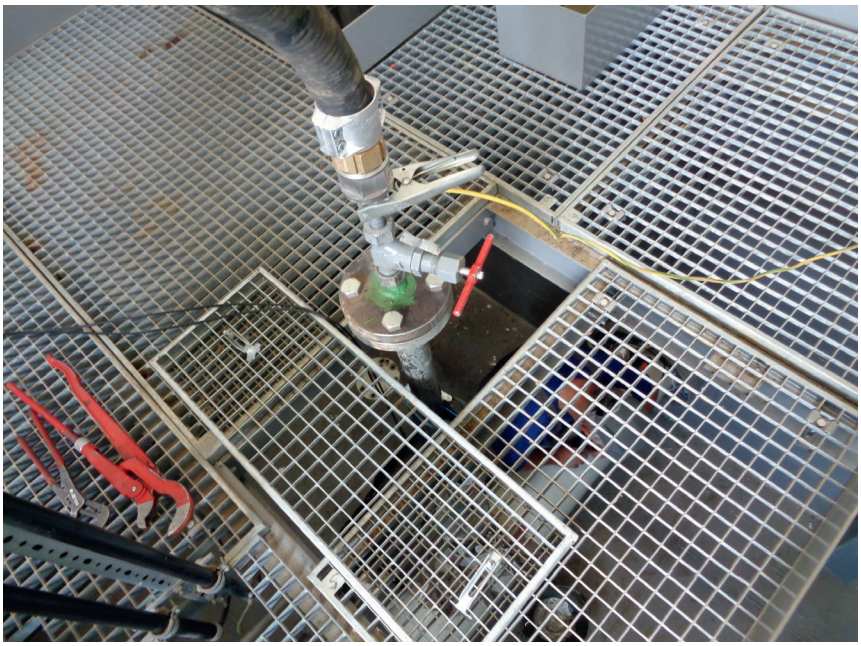


Abb. 3 *Leckage 1*

Lösungskonzept

Zusammen mit der slowakischen Servicefirma Integ konnte man den Pipelinebetreiber Slovnaft dafür gewinnen, eine Leitung und Testaufbauten für die Versuche zur Verfügung zu stellen. Ausgewählt wurde eine 100 km lange Dieselleitung, an der drei Nachbauten verschiedener illegaler Anzapfanlagen angebracht wurden. Alle drei Partner haben bei der Planung und Durchführung eng zusammengearbeitet, jedoch war man als Lösungsanbieter weder über die Anzahl der Installationen noch über den genauen Aufbau oder Standort informiert. Das Ziel bestand darin, die Fähigkeiten der Technologie unter Normalbedingungen in realer

Mit den eingesetzten Filteralgorithmen und Frequenzanalysen ist es möglich, genaue Aussagen über die Herkunft eines während des Laufs aufgezeichneten Geräusches zu treffen.

Umgebung zu testen und zu demonstrieren.

Die drei Leckagen wurden auf unterschiedlichste Weise installiert und waren bereits in der Vergangenheit gefundenen illegalen Diebstahlstellen möglichst genau nachempfunden. In allen Fällen wurden Ventile an der Leitung angebracht und ein Loch in die Rohrwand gebohrt. Dann wurden verschiedene Armaturen verwendet, die aus unterschiedlichen kleineren Rohren und Hähnen bestanden, die nach dem Ventil an der Leitung angebracht waren. An zwei der Versuchsaufbauten war zudem ein Schlauch angebracht. Dies ist eine gängige Methode, um das gestohlene Produkt von der Leitung an einen Ort zu transportieren, an dem es gelagert oder für den Transport verladen werden kann. Auf diese Weise können sich die Kriminellen weit weg von der Leitung verstecken, um die Möglichkeit der Produktentnahme so lange wie möglich zu nutzen und dabei möglichst unentdeckt zu bleiben. GLD hat in der Vergangenheit illegale Anzapfungen mit bis zu 600 m langen Schläuchen aufgespürt, die z. B. in ein Waldstück führten, das weit entfernt von der eigentlichen Entnahmestelle an der Leitung lag.

Für die Versuchsreihen wurde ein GLD 202 Lecksuchmolch in Standardkonfiguration eingesetzt (Abb. 2). Die Geräte arbeiten auf akustischer Basis und zeichnen alle Geräusche während des Inspektionslaufes auf. Die Schalldaten werden verarbeitet und mittels einer Frequenzanalyse analysiert, um genaue Aussagen über die Herkunft eines Signals tätigen zu können. Die eigentliche Leckage bzw. der Produktaustritt aus der Leitung erzeugt deutliche Hochfrequenzsignale zwischen 5 und 50 kHz, die durch Kavitation an der Leckstelle entstehen, wenn sich unter Druck stehende Flüssigkeit beim Austritt ausdehnt. Diese Signale enthalten typischerweise keine großen Anteile an Frequenzen in den Bereichen unter 2 kHz und haben außerdem eine sehr einzigartige Signalgeometrie, die bei der Identifikation hilfreich ist. Die Frequenzen können sich aufgrund verschiedener Faktoren wie Leckgeometrie, Druck, Medium oder auch dem Aufbau der Installation hinter dem eigentlichen Auslass an der Leitung leicht verändern.

Während des Laufs wurden die Geräte mittels eines akustischen Senders verfolgt, um gewährleisten zu können, dass die künstlichen Leckstellen zum Zeitpunkt der Molchpassage geöffnet waren. Das Fahrgestell GLD 303, welches die eigentliche Sensorelektronik GLD 202 trägt, wurde leicht modifiziert und speziell auf die Rohrleitung angepasst, um eine sichere und ruhige Fortbewegung für beste Inspektionsergebnisse zu gewährleisten.

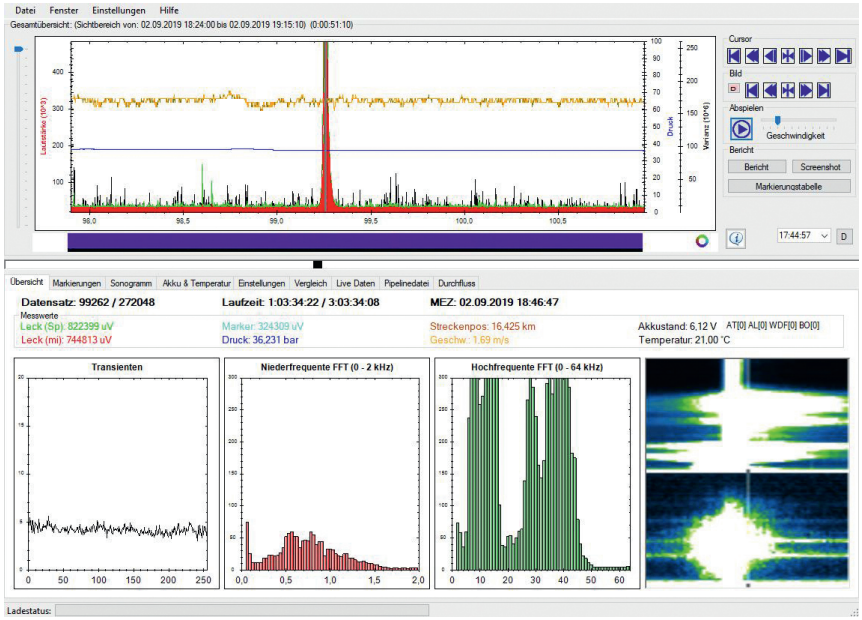


Abb. 4 *Datenanalyse Leckage 1*



Abb. 5 *Leckage 2*

Versuchsaufbau

Die Produktentnahme fand durch einen vollständig geöffneten Kugelhahn DN80, der an einem angeschweißten Stutzen DN80 montiert war, statt (Abb. 3). Des Weiteren wurde ein 2 m langes Rohr DN50 an dem Kugelhahn angebracht. Dieses wiederum war mit einem DN15-Ventil am anderen Ende versehen, über das der Leckagestrom kontrolliert wurde. Die Austrittsmenge betrug dabei 1,38 m^3/Std oder 16,7 l/min.

Die Leckage wurde innerhalb des Laufs eindeutig identifiziert (Abb. 4). Wie zu erwarten, war die Leckage in dieser Größenordnung klar zu erkennen und gab ein sehr deutliches Lecksignal ab, dass bereits im Vorbericht, unmittelbar nach dem Lauf, leicht zu detektieren war. Mit kumulierten Frequenzen um 10, 30 und 40 kHz und einer ebenfalls sehr deutlichen Signalgeometrie sowie den zu erwartenden Frequenzbereichen konnte das Leck verifiziert werden. Auch die Gesamtlautstärke und das deutliche Signal-Rausch-Verhältnis führten zum Leckalarm. Die Ortungsgenauigkeit lag bei ca. minus 5 m.

Das Leck wurde über einen neu angeschweißten Abzweig DN25 mit einem anschließenden Kugelhahn DN25 simuliert. Die eigentliche Leckage wurde mit einem 6-mm-Bohrer in die Hauptrohrleitung gebohrt, bis ein erstes Geräusch zu hören war, die Rohrwand aber noch nicht komplett durchdrungen war. Ziel war es, eine möglichst kleine Anbohrung in der Rohrleitung zu simulieren. Zusätzlich war ein ca. 25 m langer Druckschlauch an dem Kugelhahn angebracht. Die Leckstromreduzierung erfolgte über einen teilweise geöffneten Kugelhahn DN25 am Ende des Schlauches. Die Austrittsmenge betrug: 0,57 m³/h oder 9,5 l/min (Abb. 5).

In den aufgezeichneten Laufdaten war ein deutliches Lecksignal zu erkennen (Abb. 6), das gleich nach dem Lauf im Rahmen der ersten Datenauswertung vor Ort detektiert und lokalisiert werden konnte. Auch hier konnte das Leck anhand der Schallfrequenzen verifiziert werden, die sich im Vergleich zu Leck 1 etwas zu niedrigeren Frequenzen um 10 bis 20 kHz verschoben hatten. Eine zusätzliche Überprüfung konnte durch die Signalgeometrie erfolgen. Die Standortgenauigkeit betrug einige Meter, wobei die Baugrube direkt vor der im GIS angezeigten Station ausgehoben wurde.

Die Simulation der Leckage fand über einen neu angeschweißten Abzweig DN25 mit anschließend angebrachtem Kugelhahn DN 25 und einer 6 mm Bohrung durch die Rohrwand statt. Zusätzlich wurde ein ca. 20 m langer Druckschlauch DN 25 angebracht und durch ein 2 m langes Rohr DN 50 und einen abschließenden Kugelhahn zur Regulierung des Leckstroms ergänzt. Der Leckagestrom betrug 1,38 m³/Std oder 23 l/min (Abb. 7).

Im Vergleich zu den beiden anderen Installationen war diese Leckage nicht so eindeutig zu detektieren. Sie konnte bei der ersten Datenauswertung vor Ort nicht erkannt werden und es bedurfte einer tieferen Datenanalyse für die einwandfreie Detektion und Ortung im Abschlussbericht.

Die Gesamtlautstärke des Signals war wesentlich geringer, was auf den viel niedrigeren Druck von nur 9 bar im Vergleich zu 23 und 36 bar bei den anderen Installationen zurückzuführen ist. Dennoch war es möglich, das Geräusch als ein Leck zu identifizieren, das auch mit hoher Genauigkeit an der richtigen Stelle lokalisiert wurde. Auch

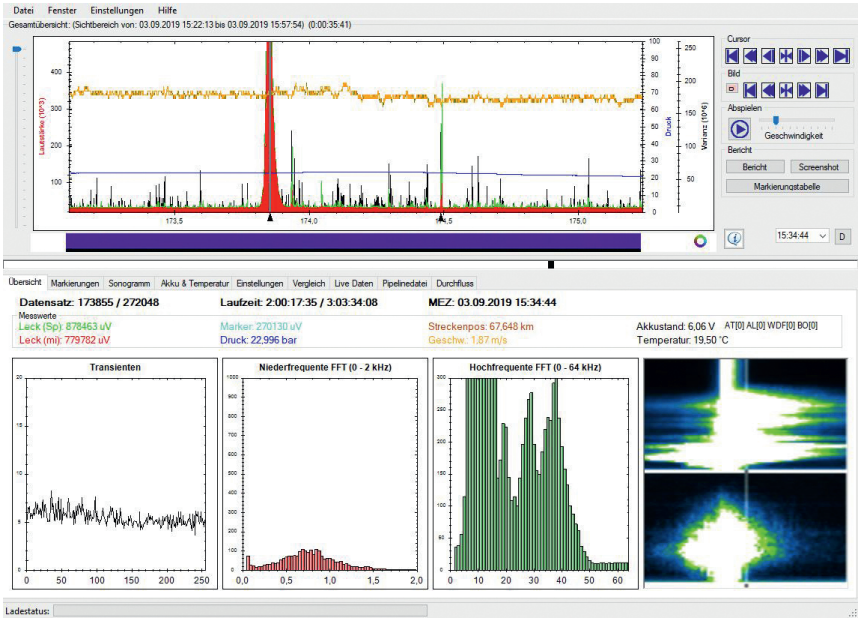


Abb. 6 *Datenanalyse Leckage 2*



Abb. 7 *Leckage 3*

hier gab es eine Verschiebung der Frequenzen zu niedrigeren Pegeln um 10 kHz mit nur einem größeren Anteil bei 25 kHz. Das Fehlen größerer Rauschanteile in anderen Frequenzbereichen und die klare Signalgeometrie des Schalls ermöglichten es dennoch, hier einwandfrei ein Leck festzustellen und andere Schallemittenten auszuschließen (Abb. 8).

Alle drei Leckagen konnten mit den Leckortungstools eindeutig geortet werden und wir hatten eine Ortungsgenauigkeit von etwa +/- 5 m innerhalb des ersten Inspektionslaufes und ohne zusätzliche Hilfsmittel wie elektronischer Marker oder Molchmelder.

Mit den eingesetzten Filteralgorithmen und Frequenzanalysen ist es möglich, genaue Aussagen über die Herkunft eines während des Laufs aufgezeichneten Geräusches zu tätigen. Nicht nur Fehlalarme können so zuverlässig vermieden werden, zudem erhält man auch einen Überblick über alle anderen Geräuschquellen rund um die Pipeline. In den vorliegenden Fällen waren alle Anzapfungen eindeutig als Produkt-

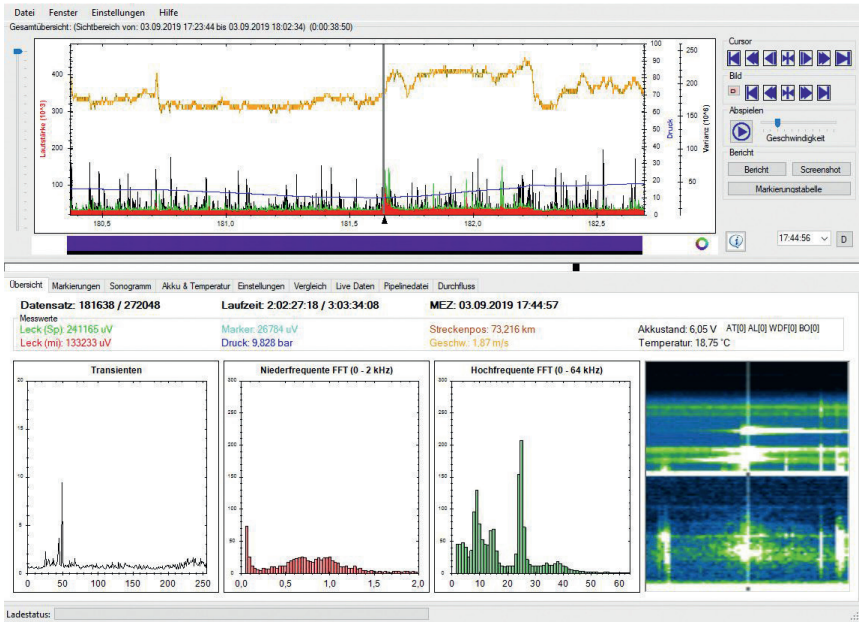


Abb. 8 *Datenanalyse Leckage 3*

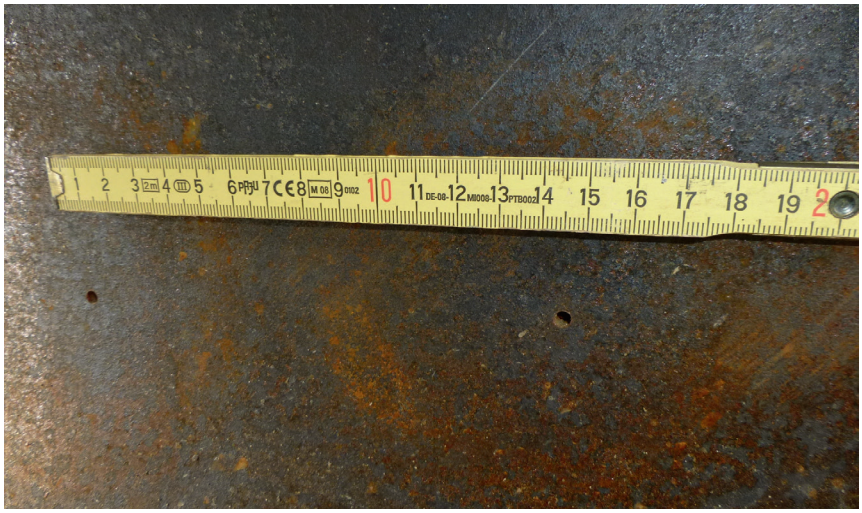


Abb. 9 *Anbohrungen*

austritt aus der Pipeline identifiziert worden. Der einzige Unterschied zwischen den einzelnen Anlagen bestand darin, dass je nach Installation und der Art der turbulenten Strömung an der Entnahmestelle unterschiedliche Frequenzen erzeugt wurden. Auch die Signalgeometrie änderte sich mit den verschiedenen Armaturen. Trotzdem handelte es sich bei allen um eindeutige Lecksignale, die sich leicht von anderen Geräuschen in der Leitung unterscheiden ließen. In der Vergangenheit hat GLD bereits in vielen Ländern illegale Anbohrungen gefunden, an denen Kriminelle Produkt gestohlen haben. In vielen Fällen wurden Schläuche und kleine Rohrleitungen verwendet und sogar vergraben, um keine Aufmerksamkeit zu erregen. Dies geschah in vielen Fällen mit hochmodernen Mitteln wie Horizontalbohrern, um Straßen und kleinere Flüsse zu unterqueren.

Auch die Anbohrungen der Rohrwand können sehr unterschiedlich ausgeführt sein. Von großen Löchern von bis zu 2 bis 10 cm bis hin zu vielen kleinen Löchern von weniger als 5 mm (Abb. 9) findet man viele verschiedene Varianten. Dies geschieht in erster Linie, um zu vermeiden, dass man mit intelligenten Molchen entdeckt wird, indem man unterhalb der Detektionsschwelle dieser Geräte bleibt. In einigen Fällen wurden auch verschiedene Löcher mit Schläuchen oder Rohren zu einer einzigen Abzapfung verbunden, um einen ausreichenden Volumenstrom bei gleichzeitig kleinsten Beschädigungen der Rohrwand zu gewährleisten.

Zusammenfassung

Abschließend ist zu erwähnen, dass es nach wie vor nicht die eine Technologie gibt, um illegalen Produktdiebstahl entsprechend entgegenzutreten und alle verschiedenen Operationsmodi und Möglichkeiten der Anzapfung abzudecken. Mittlerweile haben sich die Kriminellen auf viele der unterschiedlichen Maßnahmen zur Früherkennung während des Pipelinebetriebs eingestellt und verfügen zudem teilweise über fundiertes Insiderwissen. Dies wäre zumindest eine Erklärung, warum in der Regel ausschließlich Endprodukte wie z. B. Diesel gestohlen werden, während es bei anderen, in derselben Pipeline verpumpten Produkten, fast nie zu Störfällen kommt.

Das alles macht es nicht einfach, die richtige Lösung für das Problem zu finden. So bieten die Molche der Firma Gottsberg zwar eine Möglichkeit, selbst kleinste Leckagen und Produktdiebstahl zu detektieren, können aber immer nur eine momentane Aussage zur Leckfreiheit während des Einsatzes geben. Im Gegenzug gibt es zuverlässige permanente Leckerkennungssysteme wie das ERTTM basierte System PipePatrol Theft Detection der Firma Krohne, das jedoch nicht an die Detektionsgrenzen der Lecksuchmolche heranreicht.

Letztlich läuft es auf eine Kombination verschiedener Technologien und Ansätze hinaus und natürlich auf die Sensibilisierung des eigenen Personals sowie der Öffentlichkeit, um auf diese Delikte aufmerksam zu machen. Eine sinnvolle Kombination bieten hierbei die beiden vorher genannten Systeme der Firmen GOTTSBERG und Krohne, die im Verbund eine permanente Überwachung mit der zusätzlichen Detektion auf Kleinstleckagen garantieren und sämtliche Anforderungen an die Erkennung und Lokalisierung von Produktdiebstahl erfüllen. Gerne unterstützen die GOTTSBERG-Experten bei der Auswahl der richtigen Technologien.

Autoren

Rene Landstorfer
Joachim Klein
GOTTSBERG Leak Detection GmbH & Co. KG
Am Knick 20
22113 Oststeinbek
Tel.: +49 (0) 4071 486699
landstorfer@leak-detection.de
www.leak-detection.de

1/1 Anz.