

Neues Verfahren zur Feststellung von Rohrbewegung, Spannung und Minderdeckung

Mark Glinka, Steffen Päßler und Harry Diegel

Im Beitrag wird ein alternatives Verfahren für die nahtlose, kosteneffiziente und genaue Dokumentation vorgestellt, das Grenzen etablierter Verfahren überwindet und einen neuen Ansatz für die Verifikation von Bestandsdaten erdverlegter Rohrleitungen schafft. Zwei Fallstudien großer deutscher Rohrleitungsbetreiber zeigen mögliche Anwendungsgebiete auf.

Einleitung

Durch behördliche Vorgaben, Regelwerksänderungen und innerbetriebliche Erfordernisse werden Leitungsbetreiber mit ständig neuen Herausforderungen konfrontiert. Insbesondere die Forderung nach einem immer präziseren und aktuelleren Dokumentationsstand für erdverlegte Rohrleitungen ist mit den derzeit konventionell genutzten Techniken und Verfahren nur bedingt umsetzbar.

Eine sich stetig vergrößernde und verändernde Infrastrukturlandschaft, die damit verbundenen baulichen Maßnahmen Dritter sowie die intensive Nutzung landwirtschaftlicher Flächen im Bundesgebiet setzen eine präzise Kenntnis der jeweiligen Leitungslage, -integrität und -überdeckung voraus, um jedweden Anforderungen gerecht zu werden. Folglich bedarf es einer lückenlosen GPS basierten Dokumentation als Datengrundlage für viele weitere Aktivitäten und Maßnahmen während der Nutzungsdauer von Rohrleitungen. Das in diesem Artikel vorgestellte Verfahren der Strom-Magnetometrie hat das Potenzial diese Anforderungen zu erfüllen (**Bild 1**).

Im ersten Teil dieses Artikels werden die derzeit am häufigsten eingesetzten Messverfahren und deren Grenzen beschrieben. Teil zwei stellt ein neues boden- und luftgestütztes Verfahren vor, das Limitationen der etablierten Methoden überwindet und einen deutlichen Fortschritt zum derzeitigen Stand der Technik darstellt. Die im Anschluss vorgestellten Fallstudien zeigen den Drohneinsatz in einem Sperrgebiet für die Detektion von Überdeckung, Boden- und Rohrbewegung (ONTRAS Gastransport GmbH) sowie den Einsatz von CMI für die nahtlose Feststellung von Minderdeckung (terranets bw GmbH).

Grenzen konventioneller Verfahren

Bei Versorgungs- und Vermessungsunternehmen ist die Verwendung von Rohrleitungsortungsgeräten in Kombination mit GPS für die Feststellung und Dokumentation der Rohrposition üblich. Diese eignen sich für die einfache punktuelle Ortung der Rohrleitung, um zum Beispiel Vor-

Ort-Maßnahmen umgehend durchzuführen. Jedoch ist der primäre Einsatzzweck nicht die hochgenaue und flächendeckende Kartierung von Rohrleitungen und Netzwerken. Beispielsweise kann keine Aussage über Bogenwinkel, Rohrlängen oder Bogenradien durch diese Geräte festgestellt und nur ein grobes Abbild des Leitungsverlaufes ermittelt werden. Eine weitere Herausforderung stellt der Einsatz in urbanen oder suburbanen Gebieten dar. Die hohe Dichte an Infrastruktur Dritter im Erdreich führt zu signifikant höheren Messunsicherheiten und teilweise erheblichen Ortungsproblemen. Insbesondere bei parallel laufenden oder kreuzenden Rohrleitungen sowie bei tiefer verlegten Leitungen gelten diese Einschränkungen. Ergänzend dazu hängt die Datenqualität auch von der Qualifikation des Anwenders ab. Lösungen für die teil- oder vollautonome Vermessung und Dokumentation sind bisher nicht in den Verfahren implementiert.

Die Verwendung eines Bodenradars stellt eine weitere Option dar. Die Eignung hängt jedoch von örtlichen Bodenbedingungen ab und setzt eine gute Datenlage über diese vor dem Einsatz zwingend voraus. Die größte Einschränkung des Bodenradars besteht insbesondere im Bereich von Böden mit hoher Leitfähigkeit (z. B. Lehmböden, mit Salz belastete Böden). Die Verfahrensleistung wird auch durch die Signalstreuung in heterogenen Bedingungen eingeschränkt. Heterogenität wird beispielsweise durch felsige Böden, Wurzeln und metallische Fremdkörper verursacht. Bei guten Einsatzbedingungen können hinreichend genaue Aussagen über die Rohrlage und Überdeckung getroffen werden. Ein nahtloses Abrastern beziehungsweise Verfolgen einer Rohrleitung ist mit diesem Verfahren aufgrund der mangelnden Orientierung zum Prüfobjekt hingegen kaum möglich.

Ein weiteres Problem aller landgestützter Vermessungsverfahren ist die Verwendung in Bereichen mit behördlich angeordneten Betretungsverboten, wie beispielsweise in Bergbausenkenungsgebieten oder nach Flutkatastrophen, in denen Menschen durch den unmittelbaren Einsatz vor

Ort gefährdet werden können. Weitere Einschränkungen sind in bebauten und umzäunten Gebieten offenkundig, wo der Grundstückseigentümer nicht ermittelt werden kann oder beispielsweise Viehzucht das Betreten verhindert. Die Einmessung kann nur durch direktes Betreten des jeweiligen Gebietes erfolgen. Ein Einsatz aus der Ferne oder aus der Luft ist technisch nicht mit ausreichender Genauigkeit umsetzbar.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass etablierte Verfahren eine Reihe von Grenzen aufweisen und so durch behördliche Betretungsverbote, lokale Messbedingungen und Bedienfehler zu Einschränkungen und Ungenauigkeiten führen können. Eine über eine punktuelle oder eine kurze Teilstrecke hinausgehende Erfassung erscheint weder effizient möglich noch praktikabel. Diese Einschränkung gilt es durch den Einsatz von neuen Verfahrensgrundlagen, künstlicher Intelligenz und autonomer Messsysteme zu überwinden.

Lösungsansatz

Das im Folgenden vorgestellte Messverfahren basiert auf der Strom-Magnetometrie (CMI) (vgl. 3R 06/2021, Seiten 70ff.). Mittels wechselstromgetriebener Magnetfeldanalyse können Zonen erhöhter Leitungsbeanspruchung, Absolutlage und Überdeckung land- oder luftgestützt bestimmt werden. Das Verfahren macht weder die Außerbetriebsetzung noch ein Freilegen der Leitung erforderlich. Als zertifiziertes Verfahren, das die Detektion der Absolutlage der Leitung mit einer maximalen Messunsicherheit von 4 cm ermöglicht (in Abhängigkeit von der Überdeckung), erreicht eine Tagesproduktivität von bis zu 10 km mit einem Messsystem. Hierbei ermöglicht CMI erstmalig die Aussage über den absoluten Leitungsverlauf unterhalb von Wasserstraßen und in nicht zugänglichen Gebieten. Zusätzlich kann durch die kombinierte Verwendung von Magnetfeld-, LIDAR- und RADAR-Sensoren die Überdeckung der Rohrleitung mit einem Messfehler von maximal 2 % bestimmt werden.

Der Einsatz von CMI zielt auf die Digitalisierung von Rohrinformationen ab. Entsprechend erhalten Anwender mit der Nutzung von CMI mit jeder Leitungsvermessung ein digitales Rohrbuch, das, neben der Absolutlage der Leitung, auch die Überdeckung und Rohrgeometrie nahtlos dokumentiert. Möglich wird dies durch die Erzeugung eines magnetischen Wirbelfeldes durch Stromfluss in einer ferromagnetischen Rohrleitung. Das Einspeisen des Wechselstroms gelingt durch den Einsatz eines sich selbst regelnden Signalgenerators, auch CMI-Basisstation genannt. Durch mit der Rohrleitung galvanisch verbundene Infrastruktur (z.B. KKS-Messsäulen) wird Strom in die Rohrleitung eingespeist. Dieser Inspektionsstrom wird von den CMI-Messsystemen automatisch detektiert. Anwendungsabhängig wird der CMI-Field-Rover (bodengestütztes Messsystem) oder die CMI-Drohne (luftgestütztes Messsystem) eingesetzt.

Intelligente Auswertungsalgorithmen berechnen an jedem Messpunkt die frequenzabhängige Stromeindringtiefe in



Bild 1: Beispiel einer CMI-Inspektionsdrohne bei einem Einsatz

den Werkstoff. Weist eine Rohrleitung eine nur geringe und nicht punktuelle mechanische Spannung auf, so ist die Eindringtiefe in den Werkstoff homogen und ein radiales Wirbelstromfeld bildet sich um die Leitung. Steht ein Rohr aber beispielsweise aufgrund von Bodenbewegungen unter mechanischer Spannung und somit punktueller Belastung, wird die Eindringtiefe des Wirbelstromfeldes inhomogen und eine frequenzabhängige Deformation des Radialfeldes entsteht. Diese physikalischen Prozesse ermöglichen eine Aussage über die relative lokale Spannung in der Rohrwand. Folglich kann festgestellt werden in welchen Abschnitten die Rohrleitungsspannung vom relativen Mittelwert abweicht, wodurch lokale Spannungsmaxima ermittelbar sind.

Die Verwendung von KI-basierten Algorithmen erlaubt nicht nur die vollautonome Steuerung der Messsysteme, sondern auch die sofortige Feststellung der Rohrgeometrie und Überdeckung. So ist die von der EMPIT GmbH entwickelte CMI-Drohne in der Lage dem Verlauf der Rohrleitung automatisch zu folgen, ohne dass eine Steuerung durch Dritte erforderlich ist. Hochdimensionale Filteralgorithmen sorgen für die frühzeitige Erkennung von Geometrieänderungen in der Rohrleitung, beispielsweise horizontale oder vertikale Bögen, oder veränderte Messbedingungen durch kreuzende Kabel oder Rohrleitungen.

Fallstudie 1

In dieser Fallstudie wird ein Feldversuch vorgestellt, in dem mittels der CMI-Drohne eine Gashochdruckleitung in einem Bergbausenkenungsgebiet vermessen und inspiziert wird. Die Messung mit der Drohne wurde ausgewählt, da für das Gebiet durch die Bergbehörde ein Betretungsverbot ausgesprochen wurde und so viele Standardverfahren zur Messung und Inspektion von Anfang an nicht anwendbar waren. Die Messergebnisse zeigen, dass die Leitungslage und die Erdüberdeckung mit einer sehr hohen Genauigkeit und kontinuierlich über die gesamte Länge erfasst werden konnten, was einen deutlichen Fort-

schritt zum derzeitigen Stand der Technik darstellt. Ebenso konnten durch Verzerrungen im Magnetfeld Bereiche mit erhöhten Spannungen identifiziert werden, die sich erwartungsgemäß im Bereich der Flanken und der Mitte des Senkungstrops ausbilden. So können Aufgrabungen, Diagnosen und Entspannungsschnitte an der Rohrleitung genauer geplant werden.



Bild 2: Die FGL 213 im Altbergbaugebiet der Grube Friedenshall



Bild 3: Tagesbruch vom 31.03.2010

Einleitung

Die Ferngasleitung (FGL) Nr. 213 der ONTRAS Gastransport GmbH wurde 1987 in DN 600 DP 63 auf einer Länge von 2.600 m quer über das Gelände des alten Kalibergwerkes Friedenshall verlegt, wo von 1884 bis 1967 Kali- und Steinsalz abgebaut wurde. Ab Mitte der 1960er Jahre begannen starke Senkungserscheinungen von bis zu 20 cm pro Monat. Als Grenzspannungen im Deckgebirge überschritten wurden, brachen 1968, 1969 und 1970 insgesamt drei große Trichter (Tagesbrüche bzw. Erdfälle) zur Tagesoberfläche durch, so dass das Bergwerk 1969 aufgegeben werden musste. **Bild 2** zeigt die Lage der Leitung mit 60 m, 145 m und 150 m entfernten Tagesbrüchen (die vierte Wasserfläche in ca. 160 m Entfernung ist ein Teich, der durch die Senkung entstanden ist).

Am 30.03.2010 wurde in einer Entfernung von 540 m von der Gasleitungstrasse (**Bild 2**) ein neuer Tagesbruch mit einem Durchmesser von 35 m und einer Tiefe von 27 m gemeldet (**Bild 3**).

Nachdem von Seiten der Bergbehörde ein Sperrgebiet verfügt wurde und gleichartige Ereignisse auch im Trassenbereich nicht auszuschließen waren, wurden durch den Betreiber umfangreiche Untersuchungen und Überwachungsmessungen veranlasst.

Erste Untersuchungen

In den kommenden Jahren weitete sich der Tagesbruch auf einen Durchmesser von ca. 45 m aus. Ein in Auftrag gegebenes Gutachten der TU Bergakademie Freiberg wies nach, dass weitere Bruchereignisse auch im Bereich der Leitungstrasse möglich sind. Durch einen Rohrleitungssachverständigen wurde parallel nachgewiesen, dass selbst der in **Bild 3** dargestellte Bruchtrichter zwar zu einer unzulässigen Verformung, jedoch nicht zu einem Bruch der Rohrleitung führen würde. Auf Basis dieses Ergebnisses wurde entschieden, die Leitung in Betrieb zu belassen, sie aber dauerhaft zu überwachen.

Die Analyse des Senkungsgeschehens ergab, dass vor dem Bau der Leitung sich die Erdoberfläche in Trassennähe um ca. 4,0 m gesenkt hatte [1]. Die letztmalig im Jahr 1982 durchgeführten Senkungsmessungen erbrachten Senkungsgeschwindigkeiten von ca. 28 mm/a und eigene Messungen im Jahr 2006 zeigten 4 bis 10 mm/a.

Im Jahre 2012 wurde im Randbereich des Senkungstrops ein Entlastungsschnitt durchgeführt. Im Abstand von 20 m, 30 m und 40 m wurden zusätzliche Suchschlitze angelegt und die Leitung mit Dehnmessstreifen (DMS) versehen. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass sich zwar die Leitung beim Schneiden um 33 cm vertikal bewegte, jedoch die DMS schon in 20 m Entfernung keine Spannungsveränderung messen konnten. Der Grund liegt in der hohen Kohäsion (Schwerwiderstand) des umgebenden Lehmbodens, der das Rohr fest einspannt [2].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Rohrleitung durch signifikante Senkungsbeträge vorbelastet ist und auch Tagesbrüche weiterhin denkbar sind. Dadurch ist unmittelbar nachvollziehbar, dass eine dauerhafte, und

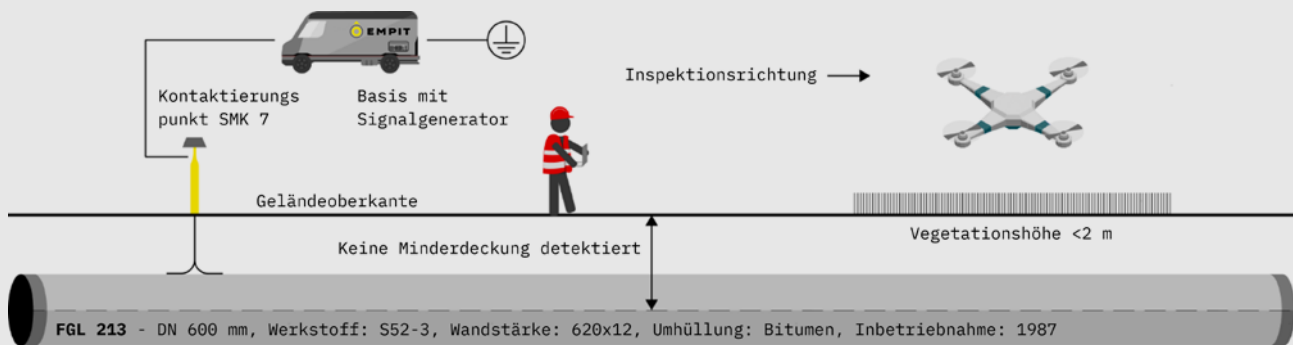


Bild 4: Schematische Darstellung der Prüfung der FGL 213

nicht nur punktförmige Überwachung auch im Sperrgebiet notwendig ist, um die Leitungsintegrität sicherzustellen.

Einsatz der CMI-Drohne

Für die Überwindung des Betretungsverbotes der Bergbehörde war der Einsatz der CMI Inspektionsdrohne notwendig. Dies begründete sich insbesondere durch folgende Punkte:

- » Kontaktlose Fernprüfung der Rohrleitung, ohne die Notwendigkeit das Gebiet direkt zu betreten
- » Nahtlose Kartierung der Erdoberfläche durch LIDAR- und RADAR-Technik auf der Drohne
- » Nahtlose Kartierung der Absolutlage, der Rohrposition und der Rohrgeometrie durch Magnetfeldsensorik und GPS auf der Drohne
- » Feststellung der Rohrüberdeckung durch Kombination der genannten Sensorik

Die Einspeisung des Inspektionsstroms erfolgte durch die KKS-Messsäule SMK 7, die sich außerhalb des Bergbausenkungsbereiches nordöstlich der Inspektionsstrecke befindet (**Bild 4**). Im Zuge der Inspektion wurde sichergestellt, dass der Drohnenfernpilot zu jedem Zeitpunkt Sichtkontakt mit dem Flugobjekt hatte. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der EU-Drohnenverordnung, die zum 31. Dezember 2020 in Kraft getreten ist. Für die Operation der Drohne ist dies eine reine Sicherheitsmaßnahme, da die CMI-Drohne die Rohrleitung und den Rohrscheitel eigenständig detektiert und das Abfliegen der Inspektionsstrecke direkt über dem Rohrscheitel vollautonom erfolgt. Dies ermöglicht für die Datenauswertung ein optimales Signal-Rauschverhältnis und lässt eine hochgenaue 3D-Kartierung des Leitungsverlaufes zu. Die Inspektionsstrecke konnte so problemlos und ohne Betreten der Sperrzone innerhalb eines Arbeitstages vermessen werden.

Ergebnisse

Erstmals nach dem Bau konnten die Absolutlage und die Überdeckung der Leitung nahtlos eingemessen werden. Im Ergebnis konnte keine Minderdeckung im gesamten Senkungsgebiet festgestellt werden. Die minimale Erdüberdeckung wurde in unmittelbarer Nähe zu den Tagesbrüchen mit 1,03 m bemessen und es ist davon auszugehen, dass sich hier Erdreich und Rohr nicht deckungsgleich zueinander gesenkt haben. Durch das Vorhandensein eines vertikalen 1,6°-Bogens an gleicher Stelle, der nicht im Rohrbuch verzeichnet wurde, wird diese Vermutung gestützt. Folglich ist nicht auszuschließen, dass Bewegungen im Erdreich zu vertikalen und horizontalen Bögen führen bzw. geführt haben. Insgesamt konnten durch CMI 25 Bögen $\geq 1^\circ$ detektiert werden, wohingegen die Bestandsdokumentation lediglich fünf Bögen aufwies. Auffällig hierbei ist eine große Anzahl von nicht im Rohrbuch verzeichneten Bögen im Bereich der Tagesbrüche und Flanken des Senkungstrogs (**Bild 5**).

Der in **Bild 6** dargestellte XY-Plot lässt Rückschlüsse auf eine nichthomogene mechanische Werkstoffbelastung



Bild 5: Ausschnitt aus der EMPIT-Pathfinder-App

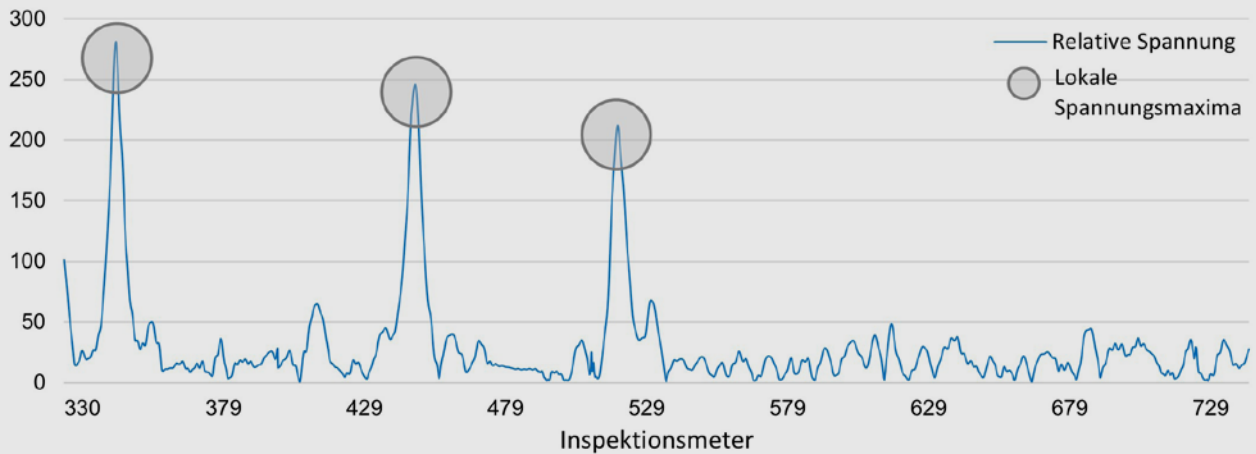


Bild 6: Ausschnitt aus dem erstellten Spannungsprofil

zu. Diese verstärkt sich insbesondere im Bereich der Flanken und der Mitte des Senkungstrogs. Die relativen Spannungen an diesen Stellen liegen teilweise um das zehnfache höher als die mittlere relative Spannung im Inspektionsabschnitt. Zudem wird deutlich, dass lokale Spannungsmaxima eine geringe Ausdehnung haben und Großteile des eingemessenen Abschnitts keinerlei Auffälligkeiten zeigen. Diese Feststellung untermauert die Ergebnisse aus punktuell durchgeführten DMS-Messungen und bestätigt nochmals, dass eine hohe Kohäsion des Bodens zu überwiegend lokalen Spannungsveränderungen führt. Die Aussagekraft der Spannungsveränderungen der Rohrleitung erhöht sich mit jeder weiteren Inspektion des Rohrabschnitts. Durch das nahtlose Aufzeichnen der Rohrspannungen können bei einer wiederkehrenden Prüfung genau die Bereiche lokalisiert werden, an denen sich der Spannungszustand der Rohrleitung über die Zeit verändert hat. Andersherum können auch Aussagen über Bereiche getroffen werden, die ihren Spannungszustand

nicht verändert haben und bei denen eine geringere Versagenswahrscheinlichkeit für die Leitung besteht. Insbesondere nahtlose Informationen über den Spannungszustand der Rohrleitung schaffen einen Mehrwert gegenüber gängigen Verfahren wie beispielsweise DMS und schaffen so eine noch nicht erreichte Datengrundlage. Die durch CMI generierten Daten können für eventuelle Maßnahmen und weiterführende Analysen wie Finite-Elemente-Methoden-basierte Biegespannungsberechnungen durch Rohrleitungssachverständige genutzt werden, um so eine fundiertere Aussage über die Integrität der Leitung treffen zu können.

Fallstudie 2

Einleitung

Die terranets bw verfügt über ein Leitungsnetz mit mehr als 2700 km Länge. Durch die im Gastransportnetz übliche gestreckte Linienführung sind Leitungen meist im

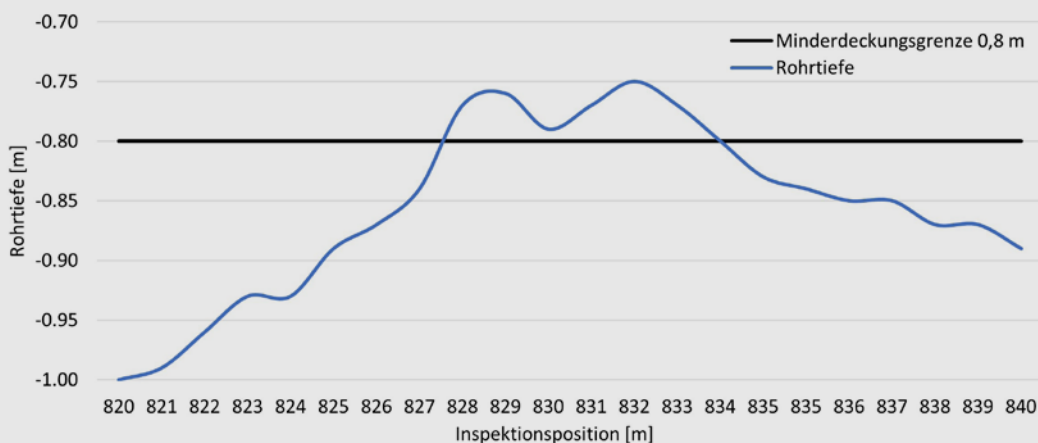


Bild 7: Auszug aus dem Überdeckungsprofil einer Leitung

Bereich von Feldern, Wiesen oder auch Wäldern verlegt. Zum Schutz der Leitungen wird die Leitungsüberdeckung, die für den sicheren Betrieb erforderlich ist, engmaschig kontrolliert. Die erforderliche Mindestüberdeckung regelt das DVGW-Arbeitsblatt G 466-1. Daraus geht hervor, dass für die Zulässigkeitsbeurteilung der Leitungsüberdeckung die technischen Regelungen zum Zeitpunkt der Leitungserrichtung und Angaben aus privatrechtlichen Verträgen maßgeblich sind, sofern aufgrund geänderter Oberflächenutzung oder Umgebungsbedingungen keine sicherheitstechnischen Bedenken bestehen. Um die Sicherheit des Leitungsbetriebes zu gewährleisten und den technischen Regelungen nachzukommen, unternimmt die terranets bw Anstrengungen, die Erdüberdeckung der Leitungen flächendeckend zu ermitteln, auszuwerten und im Bedarfsfall sofortige Maßnahmen zu ergreifen.

Eingesetzte Verfahren

terranets bw arbeitet an einem Überdeckungskataster, das die Überdeckung im gesamten Leitungsnetz zuverlässig, kosteneffizient und nahtlos dokumentiert. Für die Erstellung dieses Katasters wurden zwei Messsysteme verglichen. Neben dem CMI-Verfahren wurde die Einmessung der Überdeckung und Leitungslage mit einem

Rohrleitungsortungsgerät durchgeführt, das am Markt zu erwerben ist und in Deutschland häufig eingesetzt wird. Vergleicht man die Spezifikationen beider Messsysteme fällt auf, dass die Messfehler mit dem CMI-Verfahren in Lage und Überdeckung geringer sind als bei konventionellen Rohrleitungsortungsgeräten. So können die Lage und Rohrtiefe durch Rohrleitungsortungsgeräte in der Regel mit einer Messunsicherheit von 5 % festgestellt werden. CMI ist vom TÜV Süd zertifiziert und weist eine maximale Messunsicherheit von 20 mm bei einer Überdeckung von 2 m auf. Bei einer Rohrleitung mit einer Überdeckung von 2 m ist die Messunsicherheit des Rohrleitungsortungsgerätes um ein Vielfaches größer als bei der Messung mit dem CMI-Verfahren.

Ergebnisse

Im Vergleich zeigt sich, dass die Messergebnisse des Rohrleitungsortungsgerätes grundsätzlich mit den Ergebnissen der Messung mittels CMI-Verfahren übereinstimmen. Hingegen wird deutlich, dass CMI im Gegensatz zu einem Rohrleitungsortungsgerät die nahtlose Detektion der Erdüberdeckung, Leitungslage und -geometrie erlaubt.

Bild 7 zeigt einen Auszug des Überdeckungsprofils einer ca. 1 km langen Rohrleitung der terranets bw, die mit dem

Die Leitveranstaltung der Energie- und Wasserwirtschaft

24. – 25. November 2021, Koelnmesse und online

Themenschwerpunkte live in Köln



- ➔ Wie gestalten wir die nationale Umsetzung der neuen EU-Trinkwasserrichtlinie?
- ➔ Vision und Mission der Wasserwirtschaft von morgen – Müssen wir Wasserwirtschaft insgesamt neu denken?
- ➔ Schutz der Wasserressourcen – sind unsere Anstrengungen erfolgreich?
- ➔ Aktuelle Trends in der Digitalisierung für die Wasserwirtschaft
- ➔ Substanz- und Werterhalt der Versorgungsinfrastruktur
- ➔ Klimawandel und Trockenheit – Ist die Resilienz der Wasserversorgung in Gefahr?



- ➔ Die Auswirkungen von Energie- und Klimapolitik auf die Branche
- ➔ Wasserstoffwirtschaft: Zentrale Bausteine für einen erfolgreichen Markthochlauf
- ➔ Innovative Erzeugungstechnologien für das zukünftige Energiesystem
- ➔ Transport und Verteilung von Wasserstoff
- ➔ Erneuerbare Gase und effiziente Technologien im Wärmemarkt
- ➔ Effizienz und Dekarbonisierung im Strom- und Industriesektor

CMI-Verfahren geprüft wurde. Im Ergebnis konnte durch CMI eine ausreichende Überdeckung bei 99 % der gesamten Leitungslänge festgestellt werden. Eine Überdeckung geringer als 80 cm wurde in einem 6 m langen Abschnitt detektiert. Im Gegensatz zu einer nahtlosen Vermessungstechnik wird mit einem konventionellen Rohrleitungsortungsgerät die Überdeckung in der Regel alle 50 m gemessen und dokumentiert. Eine Verdichtung der Messpunkte an auffälligen Stellen liegt im Ermessen und an der Erfahrung des jeweiligen Bearbeiters.

Bei einer Gegenüberstellung ergibt sich folgender Zusammenhang:

- » Durchschnittliche Messpunktdichte pro 100 m: bei CMI ~ 300; bei Rohrleitungsortungsgerät ~ 2
- » Wahrscheinlichkeit, dass ein 6 m Minderdeckungsabschnitt detektiert wird: Bei CMI 100 %; bei Rohrleitungsortungsgerät 12 %

Um die Kosten für die Verwendung beider Verfahren zu vergleichen, muss zunächst eine Kennzahl für die Bemessungsgrundlage bestimmt werden. Anhand des obigen Beispiels wird deutlich, dass die Erstellung von einem Überdeckungskataster mit dem Ziel den Schutz der Leitungen durch eine zulässige Überdeckung zu gewährleisten, eine engmaschigere Vermessung der Rohrleitung voraussetzt. Dies könnte beim Einsatz des konventionellen Verfahrens nur mit einer Vervielfachung der Messpunktdichte erreicht werden. Daher kann vermutet werden, dass der Kostenvorteil beim Einsatz intelligenter und vollautonomer Messsysteme wie CMI langfristig überwiegt. Zusammenfassend ist zu sagen, dass das erweiterte Einsatzgebiet des CMI-Systems deutliche Vorteile bietet. In schwer zugänglichen Gebieten kann das Verletzungsrisiko von Einsatzpersonal minimiert werden. Ein besonderer Mehrwert dieses Verfahrens liegt neben der nahtlosen Überdeckungsermittlung darin, dass der Leitungsverlauf dreidimensional ermittelt wird. Damit besteht insbesondere bei Rohrleitungen, die vor Jahrzehnten verlegt wurden, die Chance, die vorhandene Leitungsdokumentation zu überprüfen und qualitativ zu verbessern.

Ausblick

Das hier vorgestellte CMI-Verfahren erlaubt die digitale Erfassung von Rohrleitungen im Erdreich. Für Rohrleitungsbetreiber entsteht mit dem Einsatz von CMI eine neue Möglichkeit für eine nahtlose 3D-Lagevermessung sowie die Feststellung von Rohrbewegungen, Spannungen und Minderdeckung von erdverlegten ferromagnetischen Rohrleitungen. In den beschriebenen Fallstudien konnten Überdeckung, Boden- und Rohrbewegung (ONTRAS Gastransport GmbH) sowie Minderdeckung und 3D-Lage (ter-

ranets bw GmbH) lückenlos innerhalb der angegebenen Spezifikationen ermittelt werden.

Unsere Branche braucht dringend eine effiziente Lösung für den Einsatz von Messtechnik unter Extrembedingungen. Nicht nur die Starkregenereignisse in diesem Jahr, die zu einer der schlimmsten Flutkatastrophen in der Geschichte der Bundesrepublik geführt haben, zeigen die Notwendigkeit Rohrlage und mögliche Gefährdungen mit geringstmöglichem Zeitverzug festzustellen. Die EMPIT GmbH sieht ihre Aufgabe in der kontinuierlichen Weiterentwicklung ihrer Messsysteme und leistet bereits heute einen wichtigen Beitrag zur Schadensbegrenzung und zur Risikominimierung Dritter durch Innovation. Derzeit wird mit einem robotergestützten Bodensystem experimentiert. Ziel ist es, die bestehende Produktpalette zu ergänzen und einen vollkommenen witterungs- und personenunabhängigen Einsatz von CMI zu erreichen.

Literatur

- [1] Petzel: Bergschadenkundliche Dokumentation der Schachthanlage Friedenshall, 1973, LAGB Halle
- [2] Ingenieurbüro Veenker: Messbericht Leitungen im Einflussbereich Bergbau, 2012, ONTRAS Gastransport GmbH (unveröffentlicht)

SCHLAGWÖRTER: Vermessung, Rohrbewegung, Spannung, Minderdeckung

AUTOREN



MARK GLINKA

Geschäftsführer EMPIT GmbH, Berlin
Tel. + 49 30 5165 6040
glinka@empit.com



Dr.-Ing. habil. STEFFEN PÄSSLER

Leiter Netzbereich Mitte
ONTRAS Gastransport GmbH, Leipzig
Tel. +49 341 27111-6620
steffen.paessler@ontras.com



HARRY DIEGEL

terranets bw GmbH, Stuttgart
Tel. +49 711 7812 1374
h.diegel@terranets-bw.de