

# Das DVGW-Forschungsprojekt zur KKS-Online-Überwachung

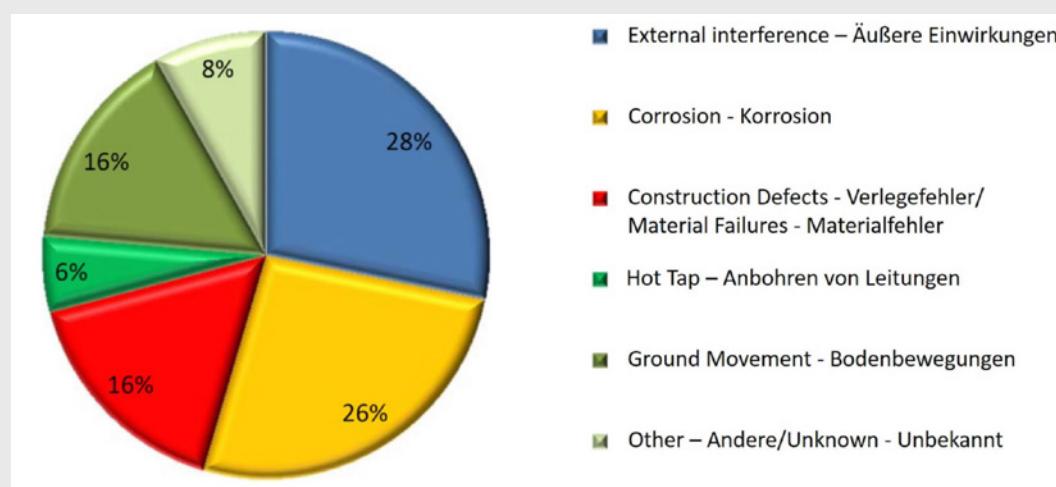
Von Hans-Jürgen Kocks

Mit der Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1 „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung“ wurde im Regelwerk für den Netzbetrieb die Möglichkeit der Zustandsbewertung von Rohrleitungen durch den kathodischen Korrosionsschutz berücksichtigt [1]. Jüngere Entwicklungen in der Auswertung von Daten des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) lassen erwarten, dass Rohrleitungen aktiv hinsichtlich Einwirkungen Dritter überwacht werden können. Da diese Möglichkeit bereits mehrfach publiziert ist und sich dadurch ein neuer „Stand der Technik“ abzeichnet [2, 3], wurde durch das, mit der Überarbeitung des G 466-1 betraute DVGW-TK Gastransport eine systematische Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten KKS-gestützter Überwachungssysteme gegenüber Einwirkungen Dritter initiiert. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen dieser Messverfahren einzuordnen und ggf. in einem Regelwerk allgemeingültige Anforderungen an ein solches Überwachungssystem festzulegen.

## Einleitung

Die Auswertung der in den letzten Jahren in zunehmendem Maße erstellten und veröffentlichten Schadenstatistiken zeigt, dass die meisten Schäden an Rohrleitungen durch Fremdeinwirkungen entstehen. Beispielhaft sei hierzu auf die im Internet veröffentlichten Schadenstatistiken der EGIG (European Gas Pipeline Incident Data Group) verwiesen (**Bild 1**) [4]. Laut dieser hier beispielhaft genannten, aus 2015 stammenden Statistik sind 28 % der Schadensfälle auf äußere Einwirkungen zurückzuführen, die unmittelbar Leckagen zur Folge haben. Im Falle der Korrosion als Schadensursache ist zu berücksichtigen, dass auch hier Fremdeinwirkungen eine wesentliche Rolle spielen, da Korrosionsschäden in der Regel auf beschädigte Umhüllungen der Rohrleitungen zurückzu-

führen sind. Genau genommen ist die Korrosion in diesen Fällen eine durch Fremdeinwirkungen initiierte Schadensart und nicht die Ursache der Schäden [5]. Merkmal dieser Schadensart ist, dass die Undichtigkeiten gegenüber der eigentlichen Initiierung des Schadens zeitversetzt auftreten. Da in dieser Statistik kathodisch geschützte Rohrleitungen bewertet werden, können solche Schäden nur auftreten, wenn der KKS fehlt oder in seiner Wirkung beeinträchtigt ist. Die Zahl der Beschädigungen durch Fremdeinwirkungen, die geschützt durch den KKS gar nicht in Erscheinung treten, dürfte wesentlich größer sein. Unabhängig von dieser „Dunkelziffer“ sind damit in den Schadenstatistiken über die Hälfte der dort registrierten Schadensfälle maßgeblich auf Fremdeinwirkungen zurückzuführen.



**Bild 1:** Verteilung der Schadensursachen an Gaspipelines (9th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970-2013) [4]



**Bild 2:** Baggerzahnangriff  
– Schadensbild einer  
Stahlrohrleitung

Angesichts dieser Erkenntnis werden in den letzten Jahren vermehrt Möglichkeiten beschrieben, solche Fremdeinwirkungen mit unterschiedlichsten Verfahren zeitnah zu detektieren [6]. Beispielhaft sei dazu auf die akustische Überwachung oder den Einsatz von glasfaseroptischen Verfahren verwiesen, mit denen auch Bodenbewegungen im Bereich einer Rohrleitung erfasst werden können [7, 8]. Bei akustischen oder faseroptischen Systemen ist die Anzahl der Fehlalarme hoch, da nicht zwischen kritischen oder betriebsbedingten bzw. kontrollierten Arbeiten im Bereich der Rohrleitung unterschieden werden kann. Darüber hinaus sind diese Systeme im Falle der vorhandenen Leitungsinfrastruktur nur schwer nachträglich zu installieren und erfordern spezielles Know-how für den Systembetrieb und die Bewertung der Messergebnisse.

Die Auswertung satellitengestützter Radar- und Bildaufnahmen, mit deren Hilfe Aktivitäten im Trassenbereich von Rohrleitungen erfasst werden, wird ebenfalls als Lösung zur Vermeidung von Fremdeinwirkungen auf Rohrleitungen diskutiert [9]. Auch hier fehlt die Differenzierbarkeit, da nicht zwangsläufig jede registrierte Baustelle eine Gefährdung für die Rohrleitung darstellt. Bei all diesen Verfahren handelt es sich daher um eine risikobasierte Bewertung von Aktivitäten im Trassenbereich.

Die eher zustandsorientierte Onlineüberwachung mit Hilfe KKS-basierter Messverfahren bietet in gleich mehrerer Hinsicht deutliche Vorteile. Fehlalarme sind weitgehend ausgeschlossen, da ein KKS-basiertes Mess- und Überwachungsverfahren nur dann ein Ereignis erkennt, wenn auch die Rohrumbüllung beschädigt wird. Diese Form der Onlineüberwachung mit den Messmethoden des KKS entspricht einer permanent durchgeführten Zustandsbewertung der Rohrleitung und ist somit eine Erweiterung und Weiterentwicklung der inzwischen in den Regelwerken etablierten KKS-basierten Bewertung der Leitungsintegrität. Die Systematik der Messungen, der Betrieb der Messeinrichtungen und die Bewertung der Ergebnisse sind somit für den Fachmann im Bereich des kathodischen Korrosionsschutzes kein Neuland. Darüber hinaus handelt es sich um Verfahren, die problemlos in den bestehenden KKS der Rohrleitungen integriert werden können. Zur Einordnung der hier betrachteten Themenstellung bietet sich ein Blick auf die Bedeutung des KKS für den Betrieb der Rohrleitungen und die Entwicklung der Messverfahren für deren Zustandsbewertung geradezu an.

## Hintergründe und Motivation

Laut Gashochdruckleitungsverordnung hat der Betreiber einer Gashochdruckleitung sicherzustellen, dass diese in ordnungsgemäßem Zustand erhalten sowie überwacht und überprüft wird [10]. Für den Betrieb der Gashochdruckleitungen wird hier auf das DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 verwiesen. Die im Mai 2018 veröffentlichte Revision des Arbeitsblattes G 466-1 wurde ursprünglich für Gasleitungen ab 5 bar angewendet und ist mit der aktuellen Fassung dem Anwendungsbereich der Gashochdruckleitungsverordnung für Gasleitungen ab 16 bar Betriebsdruck angepasst worden [1]. Im DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 sind entsprechend der Gashochdruckleitungsverordnung bei Überwachung und Prüfung der Rohrleitungen die Sicherungsmaßnahmen gegenüber den Bauteilinspektionen abzugrenzen.

Im Rahmen der Sicherungsmaßnahmen wird der Trassenbereich durch das Befahren, Befliegen oder Begehen kontrolliert, um mögliche Aktivitäten im Bereich der Rohrleitungen oder gar Leckagen in den Leitungen zu erfassen. Gern werden diese Maßnahmen bereits als zustandsorientierte Instandhaltung eingestuft. Da hier eine Schadenswahrscheinlichkeit im Falle der Bewertung von Aktivitäten im Trassenbereich oder bereits vorhandene Ausfälle zur Bewertung herangezogen werden, ist dies nach Regelwerk eher eine ausfallorientierte, maximal aber eine präventive Form der Instandhaltung. Ziel einer zustandsorientierten Instandhaltung hingegen ist es, Betriebsmittel messtechnisch so zu überwachen, dass Ausfälle vermieden werden. Aus diesem Grunde ist eine Kombination aus Stahlrohren und dem kathodischen Korrosionsschutz in den Regelwerken und Verordnungen verankert.

Im Gegensatz zu den Sicherungsmaßnahmen ist im Rahmen der Inspektionen konkret der Bauteilzustand zu erfassen. Hier ist die Inspektionsmolchung zu nennen, mit der u. a. die Restwanddicke der Rohrleitungen bestimmt werden kann. Neu aufgenommen ist die intensive KKS-Messtechnik, mit deren Hilfe die Integrität des Korrosionsschutzes und damit der Zustand der Rohrumbüllung erfasst werden kann. Laut DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 sind diese Inspektionen üblicherweise in Abständen von zehn bis 25 Jahren vorgesehen.

Eine zeitlich wesentlich enger gesteckte Inspektionsmaßnahme ist die ergänzend vorgesehene jährliche Funktionsprüfung des KKS. Mit dieser Funktionsprüfung ist sichergestellt, dass die Korrosion im Bereich einer Umhüllungsbeschädigung auf ein technisch vertretbares Maß

**Tabelle 1:** Typische Materialzähigkeiten heutiger Stahlsorten

Werkstoff	Normforderung (ISO 3183) [12]	Typische Zähigkeiten im Grundwerkstoff
L 235	27 J (0 °C)	130 – 200 J (-20 °C)
L 360	27 J (0 °C)	100 – 220 J (-20 °C)
L 480	27 J (0 °C)	130 – 280 J (-20 °C)

reduziert wird (**Bild 2**). Hiermit werden zwangsläufig auch die zahlenmäßig nicht unbedeutenden Vorschädigungen durch Fremdeinwirkungen erfasst, die nicht unmittelbar zu einer Leckage führen, sondern die Integrität einer Leitung beeinträchtigen.

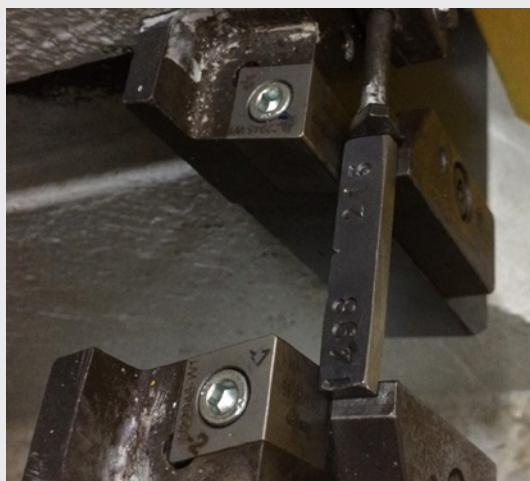
Durch diese Funktionsprüfung des KKS und die damit verbundene Reduktion der Korrosionsgeschwindigkeit auf ein technisch vertretbares Maß werden die Anforderungen auf dem Niveau einer Betriebssicherheitsverordnung (siehe Abschnitt 4 der BetrSichV „Druckanlagen“) erfüllt [11]. Laut BetrSichV sind im Betriebsdruckbereich der früheren Fassung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1 mit den Leitungen ab 5 bar Betriebsdruck über eine einfache ausfallorientierte Lecksuche hinaus Inspektionsverfahren und Prüfungen gefordert, die gewährleisten, dass eine Leitung zwischen zwei Inspektionen sicher betrieben werden kann. Dieser Forderung kann durch die Kombination von Stahlrohrleitung und KKS auch im Falle von Beschädigungen durch Fremdeinwirkungen entsprochen werden. Diese Interaktion aus Stahlleitungsrohr mit dem kathodischen Korrosionsschutz ist der wesentliche Unterschied zu einem Leitungsbetrieb mit anderen Rohrmaterialien. Eine derartige Kontrolle über die aus Beschädigungen resultierenden Veränderungen der Bauteilintegrität ist bei anderen Rohrmaterialien nicht realisierbar und damit ein störungsfreier Betrieb im Sinne der in den Verordnungen geforderten Betriebssicherheit auch nicht zu gewährleisten.

Der Stahlrohrhersteller leistet hier seinen Beitrag, wenn

mit steigenden Materialfestigkeiten Stähle angeboten werden, die über Materialzähigkeiten verfügen, Fremdeinwirkungen einen entsprechenden Widerstand entgegenzusetzen (**Tabelle 1**, **Bild 3** und **Bild 4**). Ziel ist es, im Falle einer Fremdeinwirkungen Leckagen durch ein Versagen des Grundmaterials zu unterbinden und möglichst auf dem Niveau einer durch den KKS kontrollierten Beschädigung zu verbleiben.

Mit der Aufnahme der intensiven KKS-Messtechnik zur Zustandsbewertung in die aktuelle Fassung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1 ist der mögliche Informationsgehalt der Messungen rund um den KKS für den Netzbetrieb über die reine Funktionsprüfung hinaus deutlich erweitert worden. Die Messergebnisse werden nunmehr auch direkt zur Bewertung der Integrität einer Leitung oder eines Leitungsnetzes herangezogen. Die Nutzung der Messmethoden des KKS zur Bewertung der Integrität einer Leitung oder eines Leitungsnetzes mag für den KKS-Fachmann Normalität sein. Für den übrigen Netzbetrieb ist dieses Thema zumindest in den Regelwerken rund um die Instandhaltung von Leitungsnetzen vergleichsweise neu. Dazu ein Rückblick:

Noch vor der Jahrtausendwende wurde der KKS eher als eine kostspielige Notwendigkeit einer Stahlrohrleitung wahrgenommen, die im Bewusstsein des Netzbetriebes aufgrund möglicher Beschädigungen der Beschichtung oder Umhüllung immer einer Korrosionsgefährdung unterliegt. Eine Werkstoffdiskussion ist dabei wenig hilfreich, da gern übersehen wird, dass prinzipiell jeder Werkstoff seine eigene Form der Korrosion kennt. So ist beispielsweise bei Rohrwerkstoffen die Schwefelsäurekorrosion im Falle zementbasierter Materialien oder die Versprödung von Kunststoffen zu berücksichtigen. Insbesondere die Versprödung von Kunststoffen führt im Falle äußerer Einwirkungen wie Punktlasten oder anderen zusätzlichen Spannungen zur Rissbildung, die nicht nur im Falle der Rohre, sondern ggf. auch bei Rohrumhüllungen zu



**Bild 3** und **Bild 4:** Ermittlung der Kerbschlagzähigkeit des Rohrmaterials



**Bild 5 und Bild 6:** Rissbildung von PE-Umhüllungen durch Materialversprödung

berücksichtigen ist (**Bild 5** und **Bild 6**), siehe DVGW-Arbeitsblatt GW 19-1, Anhang B [13].

Bei Eisenwerkstoffen ist die Korrosion ein elektrochemischer Prozess und bietet die Möglichkeit einer Minimierung der Korrosionsgeschwindigkeit durch den kathodischen Korrosionsschutz, unabhängig von der Frage, ob der Korrosionsschutz nun alterungsbedingt oder durch äußere Einwirkungen versagt. So wurde die in den Bildern 5 und 6 gezeigte Rissbildung der Umhüllung nicht nur mit Hilfe der Messmethoden des KKS gefunden, sondern auch ohne Außerbetriebnahme der Leitungen wieder repariert. Die Korrosion der Stahlrohroberfläche im beschädigten Bereich der Umhüllung wird aufgrund des kathodischen Korrosionsschutzes auf ein technisch vertretbares Niveau reduziert und ist in der Regel nach dem Entfernen der Umhüllung auch nicht erkennbar.

Für den Nichtfachmann erschien der kathodische Korrosionsschutz lange als ein eher problembehaftetes Verfahren, da in Fachbeiträgen primär Fragestellungen rund um die Anwendung publiziert sind. Hier sind z. B. Themen wie die Wechselstromkorrosion oder Streustrombeeinflussung zu nennen, die eine Funktion des kathodischen Korrosionsschutzes beeinträchtigen können. Die wesentlichen Vorteile und damit auch die oben genannte Aufgabenstellung, die der kathodische Korrosionsschutz in Bezug auf die Betriebsicherheit im Sinne der Verordnungen erfüllt oder gar für eine Zustandsbewertung leistet, bleiben bei der Behandlung solcher Themenstellungen weitgehend im Hintergrund.

Mit dem Erscheinen des DVGW-Merkblattes GW 16 „Fernüberwachung“ im Jahr 2002, heute Bestandteil des DVGW-Arbeitsblattes GW 10, ändert sich diese Situation grundlegend [14, 15]. In diesem Regelwerk sind verschiedene Kategorien einer Fernüberwachung des KKS und der Rohrleitungen beschrieben. Neben den Informationen, die den Betrieb des KKS betreffen (Kategorie 1a, 1b und 2b), werden in den Kategorien 2a und 2c mit der Erfassung von kritischen Zuständen an Mantelrohren, möglichen Beeinflussungen in kritischen Schutzbereichen oder gar dem Nachweis neu auftretender Fehlstellen Aspekte erfasst, die über den Zustand von Leitungsabschnitten informieren und damit auch für den Netzbetrieb von Bedeutung sind (**Tabelle 2**).

So wurde dem KKS in den Folgejahren bei der Erarbeitung der Regelwerke für die Rehabilitationsplanung und Instand-

haltung auch ein entsprechender Stellenwert eingeräumt. Die für den Netzbetreiber durch die Messmethoden des KKS bereitgestellten Informationen können direkt in die Planung von Bau- bzw. Rehabilitationsmaßnahmen einfließen.

Bei diesen Regelwerken handelt es sich um die Arbeits- oder Merkblätter:

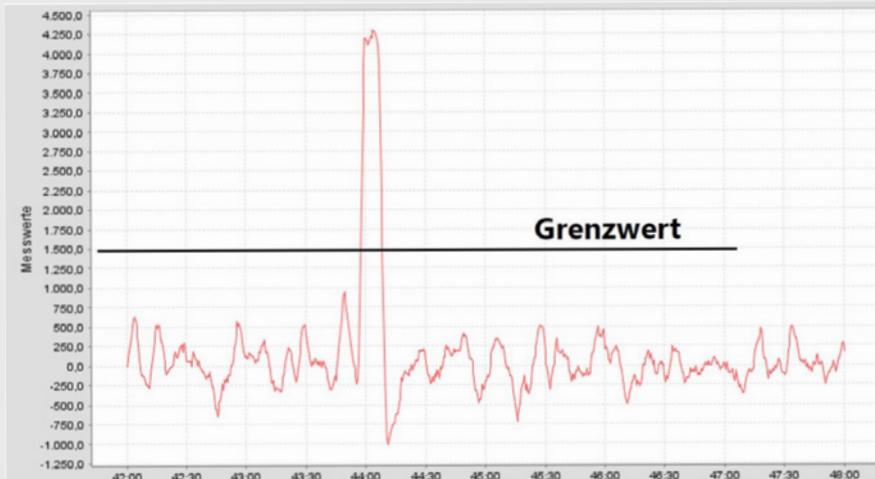
- » DVGW-Arbeitsblatt G 402 „Netz und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“ [16]
- » DVGW-Arbeitsblatt G 403 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Gasverteilungsnetzen“ [17]
- » DVGW-Arbeitsblatt W 402 „Netz und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen“ [18]
- » DVGW-Merkblatt W 403 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen“ [19].

Es folgten in diesem Zusammenhang weitere Regelwerke, in denen die Vorgehensweise zur Zustandsbewertung metallischer Rohrleitungen aus Guss und Stahl beschrieben sind:

- » DVGW-Merkblatt GW 18 „Zustandsbewertung von kathodisch geschützten Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ [20]
- » DVGW-Merkblatt GW 19-1 „Erfassung von Zustandsdaten von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Teil 1: Einzelerfassung, -bewertung und Handlungsempfehlungen“ [13]

**Tabelle 2:** Kategorien der Fernüberwachung im Regelwerk (DVGW-Arbeitsblatt GW 10) [14]

Kategorie	Informationsgehalt des Verfahrens zur Fernüberwachung
1a	Ausfall der Schutzanlage
1b	Schutzstromunterbrechungen und niederohmige Fehler
2a	kritische Zustände an Mantelrohren, unzulässige Beeinflussungen und Überwachung kritischer Schutzbereiche
2b	Nachweis der Wirksamkeit für das gesamte Schutzobjekt
2c	Nachweis neu auftretender Fehlstellen



**Bild 7:** Erfassung von Änderungen des Schutzstromes [2]

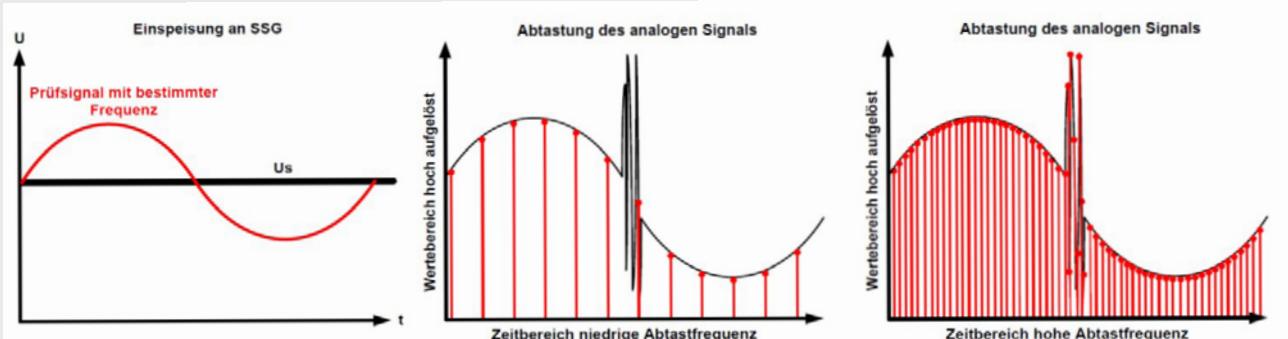
- » DVGW-Merkblatt GW 19-2 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallenen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Teil 2: Systematische Bewertung“ [21]
- » DVGW Gas/Wasser-Information Nr. 22 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Technische und konstruktive Informationen“ [22]

Hier sind neben den Bewertungsverfahren bei nicht kathodisch geschützten Rohrleitungen mit dem DVGW-Merkblatt GW 18 auch die Vorgehensweisen bei kathodisch geschützten Rohrleitungen erfasst. Die Aufnahme der intensiven KKS-Messtechnik zur Zustandsbewertung von Rohrleitungen im aktuellen DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 als Alternative zur Inspektionsmolchung steht somit am derzeitigen Ende dieser Entwicklung. Das Projekt zur Onlineüberwachung durch die Messmethoden des kathodischen Korrosionsschutzes ist die logische Folge dieser Aktivitäten und entspricht prinzipiell einer mit hoher Abtastrate durchgeführten Zustandsbewertung der Rohrleitung.

### Das Projekt „Onlineüberwachung“

Initiator des Projektes zur Onlineüberwachung von Rohrleitungen ist das DVGW-TK Gastransportleitungen als verantwortliches Gremium für die Bearbeitung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1. Da im Anwendungsbereich der Gashochdruckleitungsverordnung der „Stand der Technik“ zu berücksichtigen ist, war es naheliegend, angesichts der Erkenntnisse zur möglichen Onlineüberwachung von Stahlleitungen durch die Messmethoden des KKS, diese im Rahmen eines Forschungsprojektes zu bewerten. Dazu sind in einer abgestimmten Vorgehensweise die Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen solcher Verfahren zu ermitteln. Die fachliche Begleitung dieser Untersuchungen obliegt dem DVGW-TK Außenkorrosion, der die Abwicklung auf einen Projektkreis bestehend aus den Projektbeteiligten seitens der Leitungsbetreiber und den Anbietern von Überwachungssystemen übertragen hat.

Die Beschränkung der Onlineüberwachung auf die KKS-basierten Verfahren ergibt sich aus der sehr wesentlichen Anforderung, dass die Überwachungsverfahren auf vorhandene Infrastrukturen angewendet werden soll.



**Bild 8:** Erfassung der Änderungen eines dem Schutzstrom überlagerten Prüfsignals [23]

So sind seit den 1950er Jahren alle Transportleitungen aus Stahl mit dem KKS ausgerüstet. Für die Anwendung wird keine zusätzliche Sensorik an den Leitungen selbst angebracht. Es werden lediglich Rohrstrommessstellen und/oder KKS-Einspeisungen entsprechend nachgerüstet. Die Überwachung kann mit dem in den Unternehmen vorhandenen Know-how durch den KKS-Betrieb genutzt und koordiniert werden.

Die im Rahmen des Projektes eingesetzten Überwachungsverfahren basieren aktuell auf zwei unterschiedlichen Konzepten. So werden zum einen Änderungen des für den KKS erforderlichen Schutzstroms zur Erfassung möglicher Einwirkungen auf die Rohrleitungen ausgewertet (**Bild 7**).

Zum anderen wird dem Schutzstrom ein in seiner Frequenz veränderliches Prüfsignal überlagert und überwacht (**Bild 8**) [23].

In beiden Fällen ergeben sich bei einem Kontakt des Baugerätes mit dem Stahlgrundmaterial signifikante Messwertänderungen. Die Rohrleitung wird kurzzeitig über das Baugerät geerdet. Die lokale Änderung des Widerstandes zwischen Boden und Rohr spiegelt sich im Signalverlauf und ermöglicht letztlich den Nachweis der Einwirkung auf die Rohrleitung.

Die Empfindlichkeit der Messwertaufnahme und die Abtastfrequenz sind entscheidende Größen für die Möglichkeit einer Erfassung von Schadensereignissen. Der relativ kurze Zeitraum einer Einwirkung spiegelt sich in der erforderlichen Abtastfrequenz der Messeinrichtungen, während das Verhältnis der elektrischen Widerstände zwischen Rohrleitung und Erdreich sowie einwirkendem Baugerät und Erdboden die erforderliche Empfindlichkeit der Messwertaufnahme bestimmt. Dabei sind auch noch andere betriebliche Störeinflüsse zu berücksichtigen, die das sich aus dem kurzzeitigen Erdschluss ergebende Signal im Falle eines Baugerätekontakts gegebenenfalls überlagern können. Dazu zählen z. B. auch die Wechselstromeinflüsse durch Bahn oder Stromtrassen.

Im Rahmen dieses Projektes sind Leitungen in verschiedenen Regionen, mit unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen (Leitungsart, Umhüllungsqualität, Streustrom- und/oder Wechselstromeinflüsse, unterschiedlichen betrieblichen Konzeptionen des KKS usw.) ausgewählt worden, um die Einsatzmöglichkeiten, Einsatzgrenzen und ggf. auch die betrieblichen Voraussetzungen für den Einsatz dieser Verfahren zu untersuchen. Dazu wird eine sogenannte Baddersimulationsbox eingesetzt, die sowohl zur Einrichtung der Überwachungssysteme als auch zum eigentlichen Test an verschiedenen Positionen der Rohrleitung zugeschaltet wird. Durch die Baddersimulationsbox wird die Rohrleitung in definierten Abständen, mit unterschiedlichen Schaltzeiten und über verschiedene Widerstände entsprechend der Wirkung eines Baugerätes geerdet (**Tabelle 3**).

Mit steigendem Widerstand wächst die Anforderung an die Empfindlichkeit des Überwachungsverfahrens. Die gewählten Widerstände zur Simulation eines Bagger-

**Tabelle 3:** Schaltvorgabe der Baddersimulationsbox

Widerstandskaskade	Schaltzeiten
20...50...100...150...200 $\Omega$	3x je 1 s, 3 s und 30 s

**Tabelle 4:** Ausbreitungswiderstände verschiedener Baustellenfahrzeuge [2]

Baufahrzeug	Ausbreitungswiderstand
Bagger 20 t mit Gummireifen	60 – 80 $\Omega$
Minibagger mit Gummireifen	ca. 200 $\Omega$
Bagger 22 t mit Stahlketten	30 – 60 $\Omega$
Grabenfräse	30 – 40 $\Omega$
Tiefenbohrgerät	ca. 80 $\Omega$

angriffs ergeben sich aus einer Untersuchung der Ausbreitungswiderstände typischer Gerätschaften, die an den Baustellen im Einsatz sind (**Tabelle 4**) [2].

Diese Widerstände werden mit Blick auf die Rahmenbedingungen der Praxis beispielsweise im Falle des Baggers mit eingegrabener Schaufel, also bei aktivem Baugerät und damit größtmöglichen elektrischen Kontakt zum Erdreich ermittelt. Die Messergebnisse unterliegen nur geringen jahreszeitlich bedingten Schwankungen und werden maßgeblich von den Bodenverhältnissen beeinflusst.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen an den verschiedenen Leitungsabschnitten sind bilateral zwischen den am Projektkreis beteiligten Leitungsbetreiber und dem Anbieter des Überwachungsverfahrens abgewickelt worden. Die Bearbeitung des Projektes erfolgte in zwei Etappen (Messblöcke), wobei sich die Anbieter der Überwachungssysteme bei den Messungen an den jeweiligen Leitungen abwechseln.

## Arbeitsstand und Ausblick

Die Untersuchungen der verschiedenen Leitungsabschnitte sind im Rahmen dieses Projektes bilateral zwischen den am Projektkreis beteiligten Leitungsbetreibern und den Anbietern der Überwachungsverfahren abgewickelt worden. Die Projektergebnisse haben gezeigt, dass mit Hilfe der Messverfahren des KKS grundsätzlich eine lückenlose Überwachung von Rohrleitungen realisiert werden kann. Systembedingt sind Fehlalarme unwahrscheinlich, da Fremdeinwirkungen erst im Falle eines Kontaktes zum Stahlgrundmaterial auftreten können. Anzeigen aus induzierten Spannungen können von den Signalen, die bei einer Fremdeinwirkung entstehen, unterschieden werden. Dazu zählen auch witterungsbedingte Einflüsse wie die Blitzeinwirkung, Wechselstrom- oder auch betriebliche Einflüsse, wenn beispielsweise die Taktung einer KKS-

Anlage in einer parallel laufenden Leitung Schwankungen des Schutzstromes oder des Schutzeigenschaften verursachen. Derartige Effekte konnten aufgrund der hier durchgeföhrten Messungen an realen Leitungsabschnitten entsprechend bewertet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die eingesetzten Überwachungssysteme nicht nur auf die vorhandenen Leitungsgesgebenheiten, sondern auch entsprechend dem angestrebten Überwachungsziel angepasst werden können. Von besonderer Bedeutung bei der Planung sind damit die Festlegung der Rohrleitungsabschnitte, Überwachungsbereiche und die Positionierung der Sensoren in Abhängigkeit von der für den Betrieb angestrebten Genauigkeit einer Lokalisierung von Fremdeinwirkungen. Dabei sind letztlich Aufwand und Nutzen gegeneinander entsprechend abzuwägen.

Zielsetzung in diesem Projekt ist es, mit dem zukünftigen DVGW-Merkblatt GW 31 einen systemunabhängigen Anforderungskatalog für Onlineüberwachungsverfahren zu erarbeiten. In Bezug auf die Genauigkeit der Lokalisierung oder Empfindlichkeit ergeben sich verschiedene Kategorien, denen die Überwachungsverfahren in ihrer Wirksamkeit zuzuordnen sind.

Die Leistungsfähigkeit der Überwachungssysteme hängt von der Art der Fremdeinwirkung ab. Die Art der Fremdeinwirkung wird entsprechend den Ausbreitungswiderständen der Tabelle 4 in drei Typen A, B und C unterteilt.

- » Typ A: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 60 Ohm (z. B. Bagger mit Stahlketten, Grabenfräse)
  - » Typ B: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 100 Ohm (z. B. Bagger mit Gummireifen, Tiefenbohrgerät)
  - » Typ C: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 200 Ohm (z. B. Minibagger).

Der Leistungsumfang und damit die Staffelung der Überwachungsziele in den verschiedenen Kategorien richtet sich nach der Genauigkeit der Lokalisierung und Empfindlichkeit des eingesetzten Verfahrens.

- » Kategorie 1, geringere Genauigkeit: Erkennen der Fremdeinwirkungen von Baugerätetypen A, B oder C in einem festgelegten Rohrleitungsabschnitt (abgegrenzt durch Isoliertrennstellen), der nicht in einzelnen Überwachungsabschnitte eingeteilt wurde. Es erfolgt keine genaue Lokalisierung innerhalb des Rohrleitungsabschnittes, sondern nur eine Meldung, ob ein Angriff stattgefunden hat.
  - » Kategorie 2, mittlere Genauigkeit: Erkennen der Fremdeinwirkungen von Baugerätetypen A, B oder C im einem festgelegten Rohrleitungsabschnitt, der in mehrere Überwachungsbereiche eingeteilt wurde. Beschränkte Lokalisierung des Angriffs über Zuordnung des Angriffs

auf den jeweiligen Überwachungsbereich. Diese Kategorie ermöglicht die Beantwortung der Frage, in welchem Überwachungsbereich der Angriff stattgefunden hat.

- » Kategorie 3, höchste Genauigkeit: Genaue Lokalisierung bzw. Ortsangabe (Koordinaten oder km-Angabe) der Fremdeinwirkung von Baugerätetypen A, B oder C innerhalb eines Überwachungsbereiches.

Neben dieser bei der Planung zu berücksichtigenden Kategorisierung der Überwachungssysteme und den damit verbundenen Überwachungszielen werden in dem Regelwerk auch die Aspekte rund um Einrichtung und Betrieb behandelt. Die Bearbeitung des Regelwerkes wird nach aktueller Zeitplanung im Laufe des Jahres 2020 abgeschlossen. Darüber hinaus werden die hier vorgestellten Projektergebnisse in der DVGW Information Gas/Wasser Nr. 25 zusammengefasst.

## Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung“ (2018)
  - [2] Theilmeier-Aldehoff, H. W.: „Chancen und Möglichkeiten mit einer Potentialfernüberwachung“; Rohrleitungen - Für eine sich wandelnde Gesellschaft. 20. Oldenburger Rohrleitungsforum, 09./10.02.2006, S. 588-596
  - [3] Deiss, R.; Müller, M.: „Smart KKS - Erkennen geringfügiger Beschädigungen der Umhüllung erdverlegter kathodisch geschützter Rohrleitungen“, ewp (2015) Nr. 5, S. 20-25
  - [4] 9th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2013), Link: <https://www.egig.eu/reports>
  - [5] Deiss R., Gaugler H., Kocks H.-J.: „Werkstoffbezogene Begriffe der Instandhaltung und ihre Bedeutung für die Instandhaltungsplanung von Rohrleitungen“; ewp (2014) Nr. 2, S. 12-21
  - [6] Geiger, G.; Werner, T.; Matko, D.; „Leak Detection and Locating - A Survey“; Pipeline Simulation Interest Group, Annual Meeting 15.-17. Okt. 2003
  - [7] Re, G.; Colombo, A.: „TPI Detection on pipeline route by using existing fibre optic cables“; International Gas Research Conference, Vancouver, Nov. 2004, Link: <http://www.gerg.eu/publications/conference-papers-2004>
  - [8] Romanet, T.; „Performance of the ThreatScan™ system in different operational and environmental conditions“, 8th Pipeline Technology Conference Hannover, März 2013, Link: <https://www.pipeline-conference.com/abstracts/performance-threatscan%E2%84%A2-system-different-operational-and-environmental-conditions>
  - [9] Smith, A.: „Gas pipeline monitoring in Europe by satellite SAR“, Proceedings of SPIE (Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers), Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology II, Vol. 4886, S. 257-268 (März 2003); <https://doi.org/10.1117/12.462349>
  - [10] Verordnung über Gashochdruckleitungen (Gashochdruckleitungsverordnung - GasHDRLtgV) „Gashochdruckleitungsverordnung vom 18. Mai 2011 (BGBl. I S. 928), die zuletzt durch Artikel 100 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist“
  - [11] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) „Betriebssicherheitsverordnung vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch

- Artikel 5 Absatz 7 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist“
- [12] DIN EN ISO 3183 „Erdöl- und Erdgasindustrie - Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme“ (2018-09)
- [13] DVGW-Merkblatt GW 19-1 „Erfassung von Zustandsdaten von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Teil 1: Einzelerfassung, -bewertung und Handlungsempfehlungen“ (2015)
- [14] DVGW-Merkblatt GW 16 „Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutzes“ (2002)
- [15] DVGW-Arbeitsblatt GW 10 „Kathodischer Korrosionsschutz erdüberdeckter Rohrleitungen“ (2018)
- [16] DVGW-Arbeitsblatt G 402 „Netz und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“ (2011)
- [17] DVGW-Merkblatt G 403 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Gasverteilungsnetzen“ (2013)
- [18] DVGW-Arbeitsblatt W 402 „Netz und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen“ (2010)
- [19] DVGW-Merkblatt W 403 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen“ (2010)
- [20] DVGW-Merkblatt GW 18 „Zustandsbewertung von kathodisch geschützten Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ (2013)
- [21] DVGW-Merkblatt GW 19-2 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallenen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Teil 2: Systematische Bewertung“ (2017)
- [22] DVGW-Gas/Wasser-Information Nr. 22 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; Technische und konstruktive Informationen“ (2017)
- [23] Deiss, R.; Müller, M.: „Erhöhung der Sicherheit von Gashochdruckleitungen durch KKS-Online-Überwachungssysteme“, 3R (2018) Nr. 1-2, S. 74-78

⌚ **SCHLAGWÖRTER:** Kathodischer Korrosionsschutz, Onlineüberwachung, Zustandsorientierte Instandhaltung, Zustandsbewertung, Rohrleitungsinspektion, Fremdeinwirkungen

## AUTOR



Dr. HANS-JÜRGEN KOCKS  
Mannesmann Line Pipe GmbH, Siegen  
Tel. +49 271 691 170  
Hans-Juergen.Kocks@mannesmann.com

## SMARTKKS

# SmartKKS – Das KKS-Online-Überwachungssystem

Schützt und überwacht erdverlegte Rohrleitungen

Das SmartKKS System bietet den Betreibern von erdverlegten Stahlrohrleitungen

- Kathodischen Korrosionsschutz
- Online-Fernüberwachung
- Vollautomatisierten KKS-Betrieb
- Erkennung von Fremdkontakten wie Baggerangriffe
- Datenanalyse für zustandsorientierte und vorausschauende Instandhaltung

Tel. 0711 289-46520  
info@smartkks.de  
www.smartkks.de

