

# Der Wirkungsnachweis des KKS

Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse des DVGW-Forschungsvorhabens „Neue Methoden zur Erfassung des Korrosionsschutzes“ (NEMEK) vorgestellt. **NEMEK umfasste Messungen an einer Modellrohrleitung, Feldversuche an den Rohrleitungen der Projektpartner sowie die abschließende Bewertung der Verfahren. Das Forschungsvorhaben zeigt die Möglichkeiten von neuen Messverfahren in Bezug auf den Wirkungsnachweis des kathodischen Korrosionsschutzes auf. Die Ergebnisse und die Möglichkeiten für zukünftige Entwicklungen werden dargelegt.**

von: Dr. Markus Büchler (SGK Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz)

**E**rdverlegte Rohrleitungen werden mit einem Außenkorrosionsschutz, bestehend aus einer Kombination von Außenumhüllung mit einem kathodischen Korrosionsschutz (KKS), vor integritätsrelevanten Wandstärkenminderungen geschützt. Die Wirksamkeit dieses KKS ist basierend auf den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblatts GW 10, des DVGW-Arbeitsblatts G 466-1 mit intensiven KKS-Messtechniken sowie anderen Verfahren des DVGW-Arbeitsblatts GW 27 nachzuweisen. Im Vordergrund steht dabei der Nachweis des IR-freien Potentials ( $E_{IR-frei}$ ). Zusätzlich sind die Vorgaben der DVGW-Arbeitsblätter GW 21, GW 28 sowie des DVGW-Beiblatts GW 28-B1 einzuhalten.

Die Problematik besteht nun darin, dass die Erfassung des  $E_{IR-frei}$  auf modernen Rohrleitungen aufgrund der hochwertigen Umhüllungsqualität schwierig ist. In der Folge kann der Nachweis der Einhaltung der normativen und gesetzlichen Vorgaben komplex sein. Daher wird für den Wirkungsnachweis oft eine intensive Fehlstellenortung (IFO) basierend auf Spannungstrichtermessung durchgeführt. Durch Freilegung und Nachumhüllung wird ein direkter Nachweis des Korrosionszustands und die Wiederherstellung der lokalen Fehlstellenfreiheit erreicht. Dabei stellt man fest, dass in wenigen Fällen eine Freilegung aus betrieblicher Sicht tatsächlich erforderlich war. In vielen Fällen war der KKS in der Fehlstelle wirksam. Die Möglichkeit der Intensivmessung (IM) [1], der Reduktionsmethode (RM), der

Korrelationsmessung (KM) sowie der Current Magnetometry Inspection (CMI) wurden im vorliegenden Projekt untersucht.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollten Erkenntnisse über die Möglichkeit zur Nutzung von CMI für die Detektion von Umhüllungsfehlstellen und das Erfassen von Bewertungsparametern für die Beurteilung der Wirksamkeit des KKS gewonnen werden. Der im Rahmen dieses Vorhabens identifizierte Untersuchungsbedarf leitete sich aus der konservativen Möglichkeit der Bewertung von Umhüllungsfehlstellen mit bisheriger Bewertungslogik nach DVGW-Arbeitsblatt GW 10 (basierend auf DIN EN ISO 15589-1) und der angewendeten Methoden ab.

## Methoden und Verfahren

### Vorgehensweise

Die Anwendbarkeit der Intensivmessung, der Reduktionsmethode, der Korrelationsmessung sowie der Current Magnetometry Inspection wurde im vorliegenden Projekt untersucht, welches sich in drei Stufen gliederte:

- Es wurde eine simulierte Rohrleitung erstellt. Dabei wurden oberflächennah Messproben mit definierter Fläche, Bettung und Korrosionszustand verlegt, welche die Fehlstellen simulierten. Diese wurden durch ein Kabel verbunden, welches die Rohrleitung selbst simulierte. Diese Vorgehensweise erlaubte eine kosteneffiziente Quantifizierung der

Möglichkeiten der verschiedenen Messverfahren, der Optimierung der Auswertung sowie das Aufzeigen der messtechnischen Grenzen.

- Es wurden ausgewählte Leitungen der Projektpartner mit den verschiedenen Verfahren inspiziert, um Umhüllungsfehlstellen zu lokalisieren und die Wirksamkeit des KKS zu bewerten. Messungen und Ergebnisse wurden soweit möglich mit bestehenden Verfahren nach DVGW-Arbeitsblatt GW 27 abgeglichen und mit Freilegungen belegt. Dabei wurden die Verfahren hinsichtlich der Bestimmung des  $E_{IR-frei}$  sowie der Frequenzabhängigkeit der Ausbreitungswiderstände der Umhüllungsfehlstelle beurteilt.
- Die Ergebnisse der Ermittlung des  $E_{IR-frei}$  aus den Simulations- und den Feldmessungen von Stufe 1 und 2 wurden verglichen und mit der bei den Freilegungen festgestellten Korrosionssituation belegt. Zudem wurde die Möglichkeit zur Bewertung von nicht-molchbaren Leitungen auf Basis der Deckschichtbildung (DS) an Fehlstellen evaluiert.

Die Kombination der drei Projektstufen ermöglichte es, die physikalisch-chemischen Grundlagen für den Wirkungsnachweis zu beurteilen, die Übertragbarkeit der Messungen auf reale Anwendungen zu prüfen sowie das Potenzial der Verfahren für die zukünftige Regelsetzung zu verifizieren.

### Die Messverfahren

Im Rahmen des Projekts wurden in erster Linie vier Verfahren untersucht: die

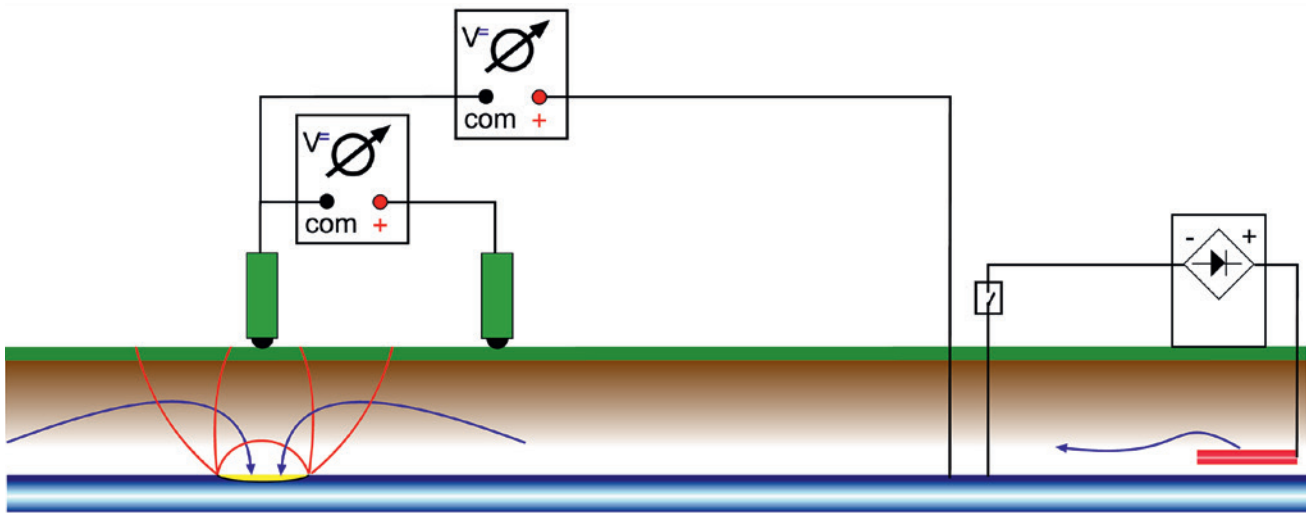


Abb. 1: Fehlstellenortung und Wirkungsachweis mit IM basierend auf gleichzeitiger Potenzial- und Spannungstrichtermessung bei getaktetem Schutzstrom

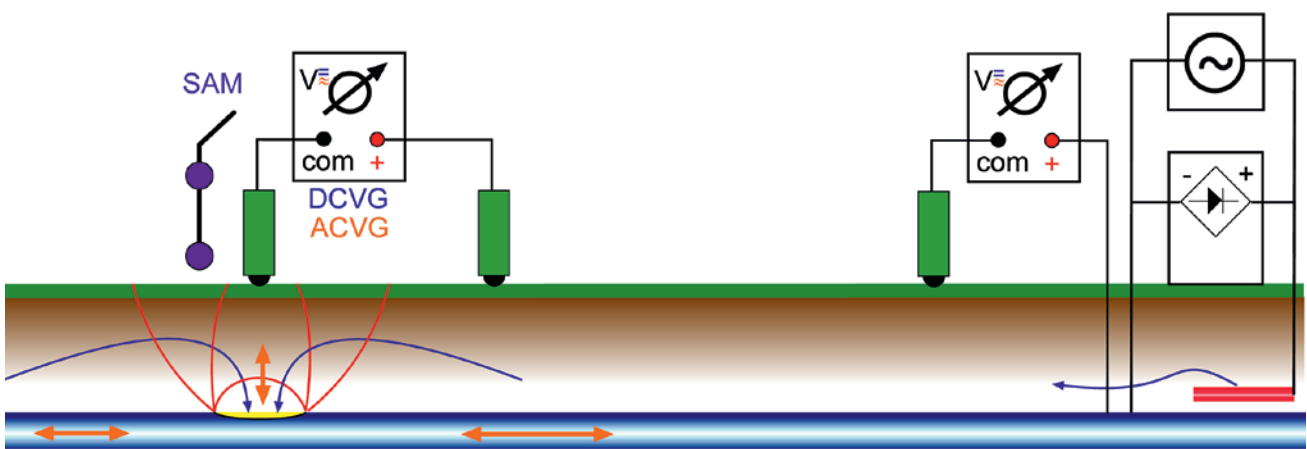


Abb. 2: Fehlstellenortung und Wirkungsachweis mit CMI bei konstantem Schutzstrom

Quelle (beide): S&K

Intensivmessung, die Reduktionsmethode, die Korrelationsmessung und die Current Magnetometry Inspection. Die IM ist das konventionelle Verfahren für die Ermittlung des  $E_{IR-frei}$  gemäß **Abbildung 1** und damit den Wirkungsnachweis von KKS-Systemen.

Die RM ermöglicht den Wirkungsnachweis basierend auf der Methodik der IM bei Rohrleitungen, welche keine Messung des  $E_{off}$  zulassen. Die KM bewertet den Korrosionsschutz über Strom-Spannung-Korrelation, erfordert aber aktuell noch den Einsatz von Probeblechen. CMI kombiniert mehr-

frequente Wechselstromsignale mit Magnetfeldmessungen, der sogenannten Wechselstromabschwächungsmessung (SAM), mit Wechsel- (AC-) und Gleichstromspannungstrichtermessung (DCVG) gemäß **Abbildung 2**. Die Kombination der drei unabhängigen Methoden ermöglicht den Wirkungsnachweis basierend auf dem  $E_{IR-frei}$  gemäß DIN EN ISO 15589-1. Zusätzlich kann über die Frequenzabhängigkeit des Ausbreitungswiderstands eine mögliche Deckschichtbildung auf Umhüllungsfehlstellen beurteilt werden. Das Vorhandensein einer Deckschichtbildung kann als Indikator für wirksa-

men Korrosionsschutz dienen. Als weiteres Verfahren ist es gemäß DVGW GW 27 möglich, die Wirksamkeit des KKS basierend auf dem Referenzpotential nachzuweisen. Im Rahmen der Feldmessungen wurden auch die Möglichkeiten dieses Verfahrens basierend auf dem Einschaltpotential ( $E_{on}$ ) geprüft.

### Messungen an simulierter Rohrleitung

#### Experimentelle Durchführung

Der gesamte Messaufbau bestand aus einer simulierten Rohrleitung mit ▶



Attraktive Werbeartikel  
shop.wvgw.de

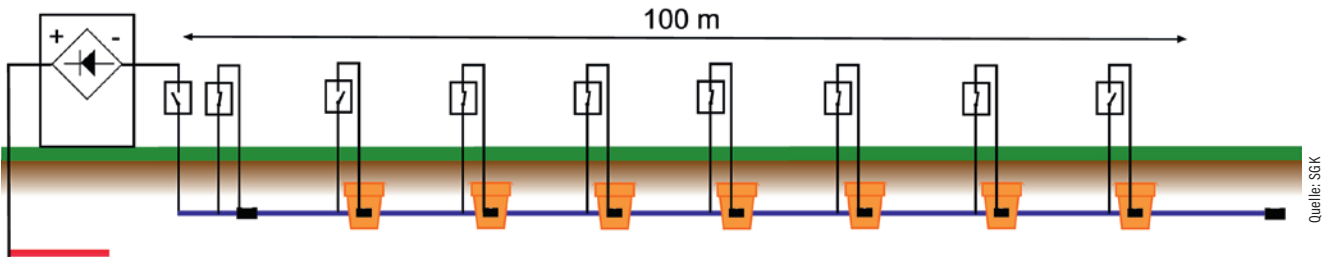


Abb. 3: Schematische Darstellung der simulierten Rohrleitung

einer Länge von 100 m mit acht Standorten mit je drei individuell zuschaltbaren Fehlstellen mit je 1, 10 und 100 cm<sup>2</sup>. An einem Standort wurden die Probebleche in den Originalboden eingebaut. An den verbleibenden sieben Standorten wurden sie in Tontöpfen eingebracht. Diese Töpfe wurden mit jeweils definierten Böden gefüllt. In **Abbildung 3** ist der Aufbau sämtlicher Fehlstellen sowie die Position des Schutzstromgeräts dargestellt. Weiterführende Informationen in Bezug auf den Versuchsaufbau finden sich in [2]. In gewissen Messkonfigurationen wurden an einzelnen Standorten keine Probebleche mit der Rohrleitung verbunden, was in **Abbildung 3** mit offenen Schaltern dargestellt ist. Durch Öffnen dieser Schalter war es möglich, das  $E_{IR-frei}$  der einzelnen Probebleche mithilfe dieser Unterbrechermessung (UM) zu ermitteln.

Der Abstand zwischen den einzelnen Probeblechen betrug ca. 12 m bei einer Verlegetiefe von 0,5 m. Das Schutzstromgerät wurde an einem Endpunkt der simulierten Rohrleitung installiert. Am anderen Ende der Rohrleitung wurden in 10 m Abstand von den letzten Probeblechen Fehlstellen mit

einer Gesamtfläche von 200 cm<sup>2</sup> eingebaut. Diese simulieren den weiterführenden Verlauf der Rohrleitung.

Diese Vorgehensweise ermöglichte es, effizient und objektiv die Möglichkeiten der verschiedenen Messverfahren zu quantifizieren, die Auswertung zu optimieren sowie die messtechnischen Grenzen aufzuzeigen.

### Resultate und Diskussion

Die Korrelation der mit IM, CMI, RM und KM berechneten  $E_{IR-frei}$  mit den mit der Unterbrechungsmethode (UM) gemessenen Werte sind in **Abbildung 4** dargestellt. Im Falle einer perfekten Übereinstimmung zwischen den mit verschiedenen Methoden gemessenen Werten würden alle Punkte auf der Bildidiagonale liegen (durchgezogene Diagonale). Die Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Die mittels IM, KM und CMI ermittelten Werte korrelieren generell mit den mittels UM erfassten  $E_{IR-frei}$ .
- Sämtliche Probebleche, welche das  $E_p$  von  $-0,95 V_{CSE}$  erfüllen, wurden mittels IM, KM und CMI ebenfalls korrekt als wirksam korrosionsschutz beurteilt.
- Die mittels der RM ermittelten Werte zeigen starke Abweichungen und führen zu Fehlbewertungen. Es zeigte sich, dass die RM korrekte Werte für das  $E_{off}$  (instantane Ausschaltpotenzialmessungen IA), nicht aber das  $E_{IR-frei}$  liefert.

Die Richtigkeit der Berechnungsgrundlage für die RM wird bestätigt. Weiter zeigt sich jedoch, dass diese nicht für die Bewertung des Korrosionsschutzes herangezogen werden darf, da unabhängig vom  $E_{IR-frei}$  der Fehlstellen das  $E_{off}$  in den verschiedenen Messungen meist negativer als  $-0,85 V_{CSE}$  ist. Diese Beobachtung bestätigt die Richtigkeit der DIN EN 13509, wonach ein Wirkungsnachweis des KKS basierend auf Ausschaltpotenzialmessungen nicht zulässig ist.

Basierend auf diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass der Wirkungsnachweis des KKS an Umhüllungsfehlstellen von Rohrleitungen mithilfe des  $E_p$  sowohl mit der IM als auch CMI möglich ist. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen zum Teil größere Abweichungen zwischen den einzelnen Messverfahren. Es wurde daher eine Fehlerberechnung durchgeführt. Die Abhängigkeit des Fehlers als Funktion vom Spannungstrichter  $\Delta U_{DC}$  ist in **Abbildung 5** dargestellt. Es zeigte sich im Rahmen dieser Versuche, dass mit CMI eine höhere Zuverlässigkeit in Bezug auf das  $E_{IR-frei}$  erreicht wird.

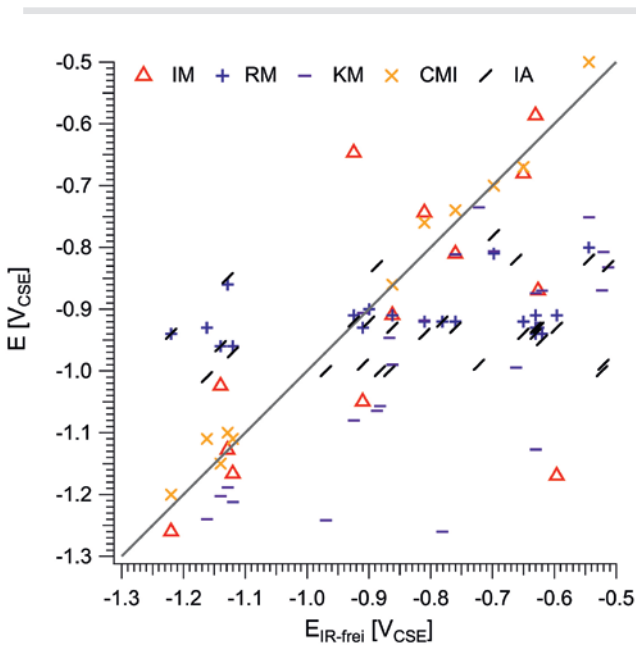


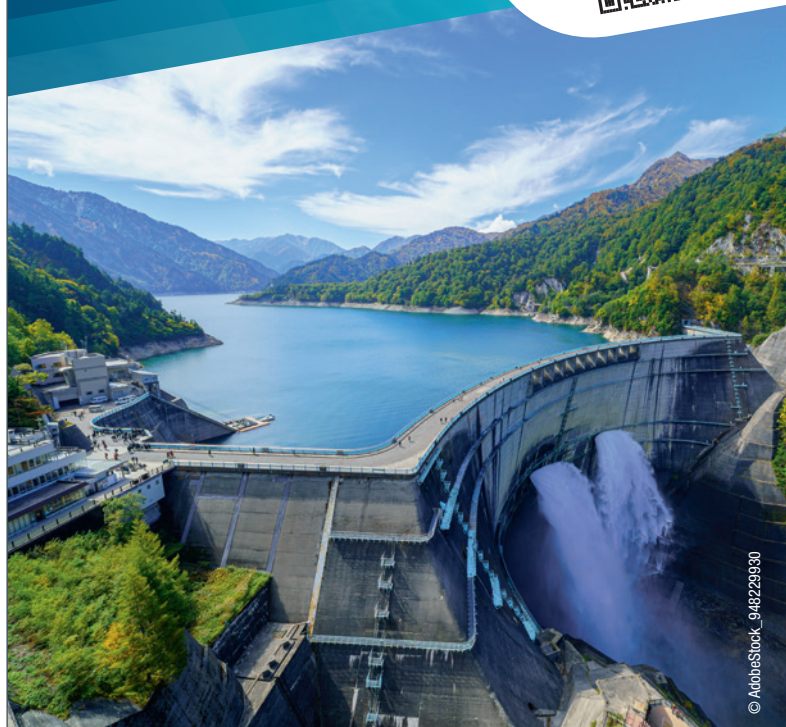
Abb. 4: Korrelation der mit unterschiedlichen Verfahren ermittelten  $E_{IR-frei}$  (vertikale Achse) mit den durch Trennen der Probebleche von der Rohrleitung ermittelten Werten (horizontale Achse). Zusätzlich sind die instantanen Ausschaltpotenziale (IA) der Probebleche aufgeführt.

Quelle: SGK

# Risiko- und Krisenmanagement in der Wasserversorgung

19. Mai 2026, online

Jetzt informieren!



© AdobeStock\_948229930

## Themen

- Resilienzstrategien in der Wasserwirtschaft
- Risikoanalyse & rechtliche Grundlagen
- Krisenmanagement & Kommunikation
- Digitalisierung & Cybersicherheit in der Wasserwirtschaft

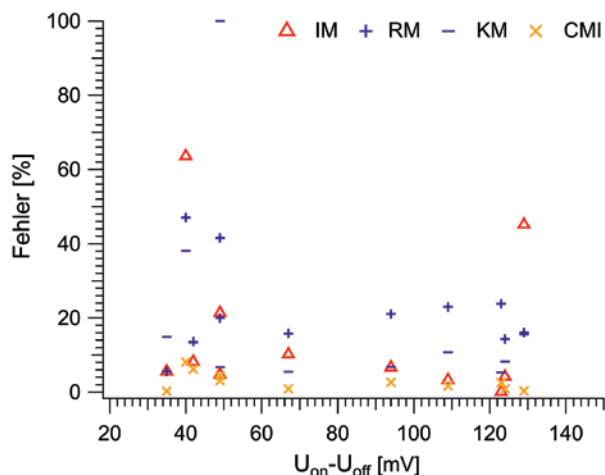


Abb. 5: Fehlerberechnung für die mit verschiedenen Verfahren ermittelten Werte für das  $E_{IR-frei}$  als Funktion von  $\Delta U_{DC}$ .

Quelle: SGK

## Feldmessungen

### Vorgehensweise

Die Untersuchungen an der simulierten Rohrleitung haben wesentliche Erkenntnisse zu den Möglichkeiten der verschiedenen Verfahren ergeben. Durch Inspektionen an Leitungen der Projektpartner wurde die Übertragbarkeit der Methoden auf Rohrleitungssysteme unter realen Betriebsbedingungen überprüft. Die tatsächliche Korrosionssituation wurde anschließend mit Freilegungen verifiziert (Abb. 6).

### Bewertung der Freilegungen

Insbesondere potenziell kritische Umhüllungsfehlstellen wurden im Rahmen der Feldmessungen freigelegt, was ▶



Quelle: SGK

Abb. 6: Freigelegte Rohrleitung

eine direkte Bewertung der Wirksamkeit des KKS und eine Verifikation der Ergebnisse der verschiedenen Inspektionsverfahren ermöglichte. Insgesamt wurden 37 Freilegungen durchgeführt und bewertet. Die zugrunde gelegten Werte für die Beurteilung mittels  $E_p$  wurden basierend auf den berichteten Bodenwiderständen und den Vorgaben der DIN EN ISO 15589-1 ermittelt. Die Ergebnisse sind in **Abbildung 7** und **Tabelle 1** zusammengestellt, wobei eine positive Bewertung die Wirksamkeit des KKS zeigt, während eine fehlende Wirksamkeit als negative Bewertung bezeichnet wird. Sowohl die posi-

tive als auch die negative Bewertung kann richtig oder falsch sein, wenn die Freilegung den Befund bestätigt respektive widerlegt. Basierend auf DVGW GW 27 ist es zudem möglich, die Wirksamkeit des KKS mithilfe des Referenzpotenzials nachzuweisen. Die Erfassung des  $E_{on}$  entlang der Rohrleitung wird oft als Close Interval Potential Survey (CIPS) bezeichnet. Dabei wird basierend auf DIN EN 14505 jeweils ein Minimalwert für das  $E_{ref}$  von  $-1,2 V_{CSE}$  angesetzt.

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen die prinzipielle Richtigkeit

der Bewertung der Wirksamkeit des KKS basierend auf dem  $E_{IR-frei}$ . Bei korrekter Ermittlung der Bodenbelüftung und des spezifischen Bodenwiderstands kann das relevante  $E_p$  gemäß DIN EN ISO 15589-1 bestimmt werden. Unter dieser Voraussetzung wird stets eine konservative Bewertung der Wirksamkeit des KKS vorgenommen. Freilegungen ergaben, dass der Anteil an richtig-positiven Bewertungen basierend ebenfalls auf dem  $E_{IR-frei}$  im Falle von CMI mit 90,9 Prozent gegenüber der IM mit 31,6 Prozent deutlich erhöht ist. Die Gründe für diesen Unterschied sind nicht eindeutig. Eine mögliche Erklärung könnte die deutlich geringere Depolarisation bei der Bestimmung des  $E_{IR-frei}$  im Falle der CMI und der KM sein, was insbesondere an deckschichtbehafteten Fehlstellen in gut belüftetem hochohmigem Boden relevant sein dürfte.

Zusätzlich zur Ermittlung des  $E_{IR-frei}$  ermöglicht CMI die Erfassung der Deckschichtbildung mithilfe der Frequenzabhängigkeit des Ausbreitungswiderstands. Diese konnte bei sämtlichen Umhüllungsfehlstellen erfasst werden und hat in mindestens 78,4 Prozent der Freilegungen eine richtig-positiv und in 8,1 Prozent der Fälle eine richtig-negative Bewertung ergeben. Durch zusätzliche Berücksichtigung des mit CMI ermittelten  $E_{IR-frei}$  haben sich die falsch-negativen Bewertungen gemäß **Abbildung 7** und **Tabelle 1** von 13,5 Prozent (5) der Fälle auf 5,4 Prozent (2) der Fälle reduziert.

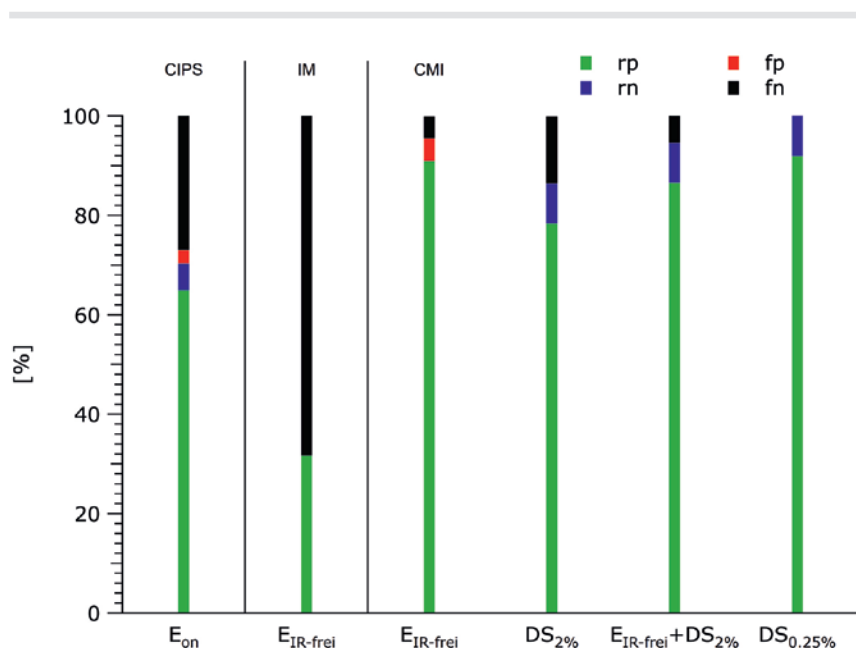


Abb. 7: Bewertung der Freilegungen für CIPS, IM und CMI sowie unterschiedliche Kriterien in Bezug auf richtig-positiv (rp), richtig-negativ (rn), falsch-positiv (fp) und falsch-negativ (fn).

**Tabelle 1: Bewertung der Freilegungen in Bezug auf die verwendeten Methoden und Parameter**

Methode	CPIS	IM	CMI			
Parameter	$E_{on}$	$E_{IR-frei}$	$E_{IR-frei}$	DS 2%	$E_{IR-frei} + DS 2 \%$	DS 0,25 %
Freilegungen	37	24	32	37	37	37
bewertbar	37	19	22	37	37	37
bewertbar [%]	100	79	68,8	100	100	100
richtig-positiv [%]	64,9	31,6	90,9	78,4	86,5	91,9
richtig-negativ [%]	5,4	0	0	8,1	8,1	8,1
falsch-positiv [%]	2,7	0	4,5	0	0	0
falsch-negativ [%]	27,0	68,4	4,5	13,5	5,4	0

### Bewertung der Verfahren

Die prinzipielle Richtigkeit der Bewertung der Wirksamkeit des KKS auf Basis des  $E_{IR-frei}$  gemäß DIN EN ISO 15589-1 wurde durch das Forschungsvorhaben bestätigt. Die Vorgehensweise ermöglichte eine konservative Beurteilung des Korrosionsschutzes mithilfe der IM. Weiter wurde festgestellt, dass die RM vergleichbare Werte wie die IM liefert, wenn zusätzlich der lokal auftretende Spannungstrichter an der Position der Umhüllungsfehlstelle erfasst und bewertet wird. In den Feldversuchen war bei IM und RM auch bei

Berücksichtigung der Bettungsbedingungen und korrekter Wahl von  $E_p$  der Anteil an falsch-negativen Bewertungen, basierend ausschließlich auf der Bewertung des  $E_{IR-frei}$ , mit 68,4 Prozent vergleichsweise hoch.

Die Ermittlung des  $E_{IR-frei}$  ohne Unterbrechen des Schutzstroms während der CMI ermöglichte eine Reduktion des Anteils an falsch-negativen Bewertungen der Wirksamkeit des KKS auf Basis von DIN EN ISO 15589-1 insbesondere in gut belüfteten Böden, was u. a. auf die optimierte Messanordnung, die höhere laterale Messauflösung oder die geringere Depolarisation zurückzuführen sein dürfte. Bei Kenntnis der Bettungseigenschaften und korrekter Wahl von  $E_p$  war der Anteil der falsch-negativen Bewertungen mit CMI lediglich 4,5 Prozent.

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen wurden mögliche Ursachen für die Unterschiede in der Bewertung der Wirksamkeit des KKS der verschiedenen Verfahren diskutiert. Folgende Berücksichtigung und Umsetzung sollte die Möglichkeiten der untersuchten Verfahren weiter erhöhen und somit den Wirkungsnachweis des KKS weiter verbessern:

a. Durch kontrolliertes Aufbringen und Erfassen von Gleich- und Wechselströmen mit definierten Frequenzen und Phasenlage kann jeder Messwert mit einem entsprechenden Anregungssignal in Bezug auf Intensität und Phase korreliert werden.

- b. Durch eine deutlich höhere laterale Auflösung mit weniger als 1 m entlang der Rohrleitung wird die verfügbare Datengrundlage vergrößert und eine numerische Simulation der Spannungstrichter ermöglicht.
- c. Der Abstand zwischen den beiden Bezugselektroden soll möglichst gering gehalten ( $< 2$  m) und die Elektroden sollen in Rohrrichtung über der Rohrleitung angeordnet werden. Durch die Erhöhung der Auflösung der Spannungsmessung kann die Genauigkeit der Verfahren erhöht und der Einfluss der Bodenheterogenität und von Fremdspannungstrichtern vermindert werden [3].
- d. Durch Korrektur des Längsspannungsfalls auf der Rohrleitung kann eine Veränderung des  $E_{on}$  und  $E_{ac}$  entlang der Rohrleitung berücksichtigt werden, was die Genauigkeit der Berechnung des  $E_{IR-frei}$  erhöht.
- e. Durch Kombination von mehreren Messmethoden wie DCVG, ACVG und SAM lassen sich die Messwerte in (a), (b) und (c) durch Korrelation plausibilisieren.
- f. Die zusätzliche Erfassung der Frequenzabhängigkeit des Ausbreitungswiderstands kann die Ermittlung einer allfälligen gebildeten Deckschicht ermöglichen. Dieses ergänzende Kriterium kann die Bewertung der Wirksamkeit des KKS zusätzlich verbessern.
- g. Zudem kann die Berücksichtigung des Referenzpotenzials den Wirkungsnachweis des KKS basierend auf den vorliegenden Ergebnissen weiter plausibilisieren.

Aufgrund der vorliegenden Daten kann durch die Kombination der Aspekte a) bis g) eine Verbesserung des Wirkungsnachweises des KKS erreicht werden.

### Schlussfolgerung

Für die Sicherstellung der Betriebssicherheit von erdverlegten Rohrleitungen ist der Nachweis der Wirksamkeit des KKS von zentraler Bedeutung. Dies trifft insbesondere auf nicht molchbare Leitungen zu, die nicht mit Inline-Inspektion (ILI) bewertet werden können. Derartige Leitungen liegen im Transportnetz, vor allem aber im Verteilnetz in urbaner Umgebung vor. Mithilfe der IM konnte in den letzten Jahrzehnten die Wirksamkeit des KKS basierend auf den Kriterien nach DIN EN ISO 15589-1 ermittelt werden. Diese konservative Vorgehensweise hat aber den Nachteil, dass es zu einer großen Anzahl an Freilegungen kam, welche aus betrieblicher Sicht nicht erforderlich waren. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens bestätigen diese Beobachtungen sowohl für die IM als auch die RM. Weiter zeigen die Resultate in den simulierten Feldversuchen sowie den Messungen und Freilegungen auf Rohrleitungssystemen der Projektpartner, dass CMI neue Möglichkeiten sowohl in Bezug auf die Fehlstellendetektion als auch auf den Wirkungsnachweis des KKS eröffnet, welche die Anzahl an betrieblich nicht erforderlichen Freilegungen reduzieren kann. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen: ▶



### Die Aprilausgabe der „bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie“ (04-2026) enthält ein SPEZIAL zur IFAT, eine Vorschau auf die 21. Pipeline Technology Conference und Fachbeiträge u. a. zu folgenden Themen:

- Instandsetzung von Wasserleitungen mittels Keyhole-Verfahren
- Trinkwasserversorgung Bad Rodach – komplexe Sanierung am Beispiel des Tiefbrunnen I
- Optimierte Trinkwasserversorgung durch „Connect Asset Monitor“ für Druckerhöhungsanlagen

Kostenloses Probeheft unter: [info@wvvgw.de](mailto:info@wvvgw.de)

- Durch die Kombination von SAM, ACVG und DCVG wird mit CMI eine deutlich verbesserte Detektionswahrscheinlichkeit gegenüber den heute üblichen Auflösungen erreicht.
- Die Erfassung des  $E_{IR-frei}$  mithilfe von Wechselspannungen mit KM und CMI erhöht die Genauigkeit der Bewertung der Ergebnisse in Bezug auf den Wirkungsnachweis gemäß DIN EN ISO 15589-1 basierend auf dem  $E_{IR-frei}$ .
- Aufgrund der vorliegenden Daten kann der Nachweis der Deckschichtbildung einen Wirkungsnachweis ermöglichen. Dies erlaubt eine vertiefte Bewertung der Rohrleitungsintegrität über die Möglichkeiten des  $E_{IR-frei}$  hinaus. Damit kann die Anzahl an unnötigen Freilegungen weiter reduziert werden.
- Es besteht die Möglichkeit, durch weiterführende Untersuchungen die anwendbaren Grenzwerte für die Deckschichtbildung und damit die Genauigkeit der Bewertung des Korrosionsschutzes weiter zu erhöhen.

### Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben „Neue Methoden zur Erfassung des Korrosionsschutzes (NEMEK)“ hat verschiedene Verfahren hinsichtlich der Möglichkeiten zur Bewertung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) an erdverlegten Rohrleitungen untersucht. Ausgangspunkt ist die Schwierigkeit, den normativen Nachweis des IR-freien Potentials ( $E_{IR-frei}$ ) gemäß DIN EN ISO 15589-1 bei modernen Rohrleitungen zu erbringen. Dies kann zu kostenintensiven und betrieblich unnötigen Freilegungen führen. Ziel des Projekts war die Prüfung und Validierung bestehender sowie neuer Verfahren, die eine präzisere Ortung von Umhüllungsfehlstellen und eine zuverlässige Bewertung der Wirksamkeit des KKS ermöglichen.

Im Rahmen des Projekts wurden vier Verfahren untersucht: die Intensivmessung (IM), die Reduktionsmethode (RM), die Korrelationsmessung (KM) und die Current Magnetometry Inspec-

tion (CMI). Die IM ist das klassische Verfahren, das Spannungstrichter von typischerweise mehr als 100 mV für einen zuverlässigen Wirkungsnachweis erfordert. Diese treten bei modernen Rohrleitungen selten auf. Die RM ermöglicht den Wirkungsnachweis basierend auf der Methodik der IM bei Rohrleitungen, welche keine Messung des  $E_{off}$  zulassen. Die KM bewertet den Korrosionsschutz über Strom-Spannungs-Korrelation, erfordert aber aktuell noch den Einsatz von Probesteichen. CMI kombiniert mehrfrequente Wechselstromsignale mit Magnetfeldmessungen, der sogenannten Wechselstromabschwächungsmessung (SAM), mit Wechsel-(AC-) und mit Gleichstromspannungstrichtermessung (DCVG). Die Kombination der unabhängigen Methoden ermöglicht, vergleichbar mit der IM, den Wirkungsnachweis basierend auf dem  $E_{IR-frei}$  gemäß DIN EN ISO 15589-1. Zusätzlich kann über die Frequenzabhängigkeit des Ausbreitungswiderstands eine Deckschichtbildung auf Umhüllungsfehlstellen erfasst werden, welche als Indikator für wirksamen KKS dienen kann.

Das Projekt wurde in drei Stufen durchgeführt: Zunächst erfolgten Messungen mit einer simulierten Rohrleitung, um die Verfahren unter kontrollierten Bedingungen zu vergleichen. Danach wurden Feldmessungen und Freilegungen an realen Leitungen durchgeführt, gefolgt von einer Bewertung der Verfahren. Die Ergebnisse zeigen, dass mit KKS generell wirksamer Korrosionsschutz erreicht wird. So wurde an den 6.672 detektierten Umhüllungsfehlstellen bei den Freilegungen lediglich in drei Fällen aktive Korrosion festgestellt, was einer Zuverlässigkeit des Verfahrens von 99,96 Prozent entspricht. Weiter wurde herausgefunden, dass die Bewertung der Wirksamkeit des KKS basierend auf dem  $E_{IR-frei}$  ermittelt mit IM, RM, KM und CMI konservativ, aber generell korrekt ist. Darüber hinaus eröffnet CMI neue Möglichkeiten in Bezug auf die Fehlstellendetektion und den Wirkungsnachweis des KKS. Durch die Kombination von SAM, ACVG und DCVG, sowie die Ermittlung des  $E_{IR-frei}$

mithilfe von Wechselspannungen kann mit einer Reduktion der Anzahl an betrieblich nicht erforderlichen Freilegungen gerechnet werden. So wird mit CMI eine deutlich verbesserte Detektionswahrscheinlichkeit von Umhüllungsfehlstellen erreicht. Weiterhin legen die vorliegenden Daten nahe, dass der zusätzliche Nachweis einer Deckschichtbildung eine vertiefte Bewertung der Rohrleitungsintegrität ermöglicht.

Es besteht die Möglichkeit, durch weiterführende Untersuchungen die anwendbaren Grenzwerte für die Analyse von Deckschichtbildungen und damit die Genauigkeit der Bewertung des Korrosionsschutzes weiter zu erhöhen.

### Danksagung

Diese Arbeit war nur möglich dank der Unterstützung durch den DVGW, EMPIT GmbH, GASCADE Gastransport GmbH, ONTRAS Gastransport GmbH, Open Grid Europe GmbH, Westnetz GmbH, Swissgas AG und Thyssengas GmbH. ■

#### Literatur

- [1] Baeckmann, W. v., Schwenk, W.: Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes, Wiley-VCH, Weinheim, 1999.
- [2] Büchler, M.: Der Wirkungsnachweis des KKS: Neue Erkenntnisse und Methoden, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 12/2024, S. 72-83.
- [3] Büchler, M.: Die Ermittlung des IR-freien Potentials an Umhüllungsfehlstellen von Rohrleitungen: Über Grundlagen, neue Verfahren, Messtechnik und erforderliche Randbedingungen, in: 3R, 2025, S. 6 ff.

### Der Autor

**Dr. Markus Büchler** ist Geschäftsführer der SGK Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz.

#### Kontakt:

Dr. Markus Büchler  
 SGK Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz  
 Technoparkstr. 1  
 8005 Zürich (Schweiz)  
 Tel.: (+41) 44 213-1595  
 E-Mail: markus.buechler@sgk.ch  
 Internet: www.sgk.ch

# Besuchen Sie uns auf der IFAT!

## 4. – 7. Mai 2026, München

Ticketcode nutzen  
„DWA\_2026“



und Freikarten sichern!

### Social Events

- Neu: DWA-Opening
- Bayerischer Abend

### Innovationsforen

- Erschließung thermischer Potentiale von Oberflächengewässern
- Städte jetzt wasserbewusst (um)bauen
- Regionales Phosphor-Recycling

### Live Podcast Halle B2



### Solution Tours

- Digitalisierung in der Wasserwirtschaft
- EU-Kommunalabwasser-richtlinie (KARL)

### Fachforen

- Digitale Transformation in der Wasserwirtschaft
- Abwärmenutzung / Hydrothermie
- EU-Kommunalabwasser-richtlinie (KARL)
- Wasserbewusste Stadtentwicklung
- Wasserwiederverwendung
- Ressourcenorientierte Sanitärsysteme
- Phosphor-Recycling
- IT-Sicherheit
- Physische Sicherheit

### Networking Area

- Internationale Delegationen
- Berufswettbewerbe
- World University Challenge
- Junge DWA

### WaterStage von DVGW & DWA

- Themen und Vorträge aus der Wasserwirtschaft



### Spotlight Area von DVGW & DWA

- Die wasserbewusste Stadt der Zukunft

### Knowledge Center

- Medienangebot der DWA

### Kanal Royal

- Der Podcast der DWA

### Ansprechpartnerin Programm:

Sabrina Prentzel: +49 2242 872-116 | prentzel@dwa.de

### Ansprechpartner Ausstellung:

Raphael Rindfleisch: +49 2242 872-247 | rindfleisch@dwa.de  
und auf [www.dwa.info/ifat](http://www.dwa.info/ifat)