

Impressum: Die Mitteilungen des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. werden vom Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e.V., Sitz Esslingen a. N., Postfach 6004, 73717 Esslingen, Telefon (07 11) 91 99 27 20, Telefax (07 11) 91 99 27 77 herausgegeben und erscheinen vierteljährlich. Der Bezugspreis ist durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten. Für den Inhalt verantwortlich: Hans J. Spieth, Postfach 6050, 73717 Esslingen. Redaktion: Dipl.-Phys. W. v. Baeckmann, Essen, Hans J. Spieth, Esslingen. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge trägt der Verfasser die Verantwortung. Nachdruck mit Quellenangabe und Übersendung von zwei Belegexemplaren erwünscht.

mene Umhüllungsfehlerstelle bei einem Einschaltpotential U_{ein} , $v = \frac{R_i}{R_u}$, $w = \frac{R_A}{R_u}$, $U_i = IR$ -freies Potential der neuen Umhüllungsfehlerstelle und $U'_{aus} =$ Ausschaltpotential des Schutzobjektes mit der neu hinzugekommenen Umhüllungsfehlerstelle.

Vor allem bei Schutzobjekten mit hochwertiger PE-Umhüllung kann davon ausgegangen werden, dass R_u sehr viel grösser als R_A ist. Für diesen Fall kann aus Gleichung (5) folgende Näherung hergeleitet werden:

$$U'_{aus} \approx (U_{aus} \cdot v + U_i) \cdot \frac{1}{v+1} \quad (6)$$

Aus den bisher geschilderten Zusammenhängen ergibt sich, dass zum Nachweis des Auftretens einer neuen, nicht ausreichend kathodisch geschützten Umhüllungsfehlerstelle das Erkennen von Veränderung des Ausschaltpotentials ab einer gewissen Größenordnung entscheidend ist. In Kombination mit den Veränderungen weiterer Messgrößen (z. B. des Schutzstroms) können dann zuverlässige Beurteilungen hinsichtlich des möglichen Auftretens einer weiteren, nicht ausreichend kathodisch geschützten Umhüllungsfehlerstelle durchgeführt werden.

Gleichung 6 macht jedoch auch deutlich, dass ein merklicher Effekt nur dann im Ausschaltpotential erkennbar ist, wenn zum einen der Faktor v nicht zu groß wird (laut GW 10 und GW 16 soll $v_{max} = 15$ sein) und sich zum anderen das Potential U_i deutlich von U_{aus} unterscheidet (laut GW 10 und GW 16 sollen alle Umhüllungsfehlerstellen

stellen mit $U_i \geq U_R - 100$ mV erkannt werden, wobei U_R das mittlere freie Korrosionspotential an den Umhüllungsfehlerstellen des Schutzobjektes darstellt).

Grenzwert für den Umhüllungs-widerstand R_u

Unter der Annahme, dass die neu hinzugekommene Umhüllungsfehlerstelle kreisförmig ist (schlechtestmöglicher Fall), kann R_i wie folgt berechnet werden:

$$R_i = \frac{J_i \cdot \pi \cdot \rho^2}{(U_i - U_{ein}) \cdot 16} \quad (7)$$

mit $J_i =$ Schutzstromdichte der neuen Umhüllungsfehlerstelle und $\rho =$ spezifischer Bodenwiderstand direkt an der neuen Umhüllungsfehlerstelle.

Die Messgrößen J_i und U_i können im Normalfall nicht ermittelt werden. Sie können jedoch wie folgt abgeschätzt werden:

→ Es sollen nicht vollständig kathodisch geschützte Umhüllungsfehlerstellen ab einem Grenzpotential $U_i = U_R - 100$ mV und positiver erkannt werden. Die Korrosionsgeschwindigkeit in niederohmigen aeroben Böden liegt bei diesem Grenzpotential etwa zwischen 25 und 45 $\mu\text{m}/\text{Jahr}$ (bei Schutzstromdichten von 100 bis 300 mA/m^2).

→ Ausgehend von dem im vorigen Punkt definierten Grenzpotential ergibt sich aus der Stromdichte-Potential-Kurve für Stahl in neutralen Medien $J_i \approx \frac{4}{5} \cdot J_s$, wobei J_s die größte Stromdichte zur Polarisation auf das Schutzpotential U_s nach DIN 30676 bzw. EN 12954 darstellt.

Gleichung 7 kann dann folgendermaßen geschrieben werden:

$$R_i \approx \frac{J_s \cdot \pi \cdot \rho^2}{(U_R - 100 \text{ mV} - U_{ein}) \cdot 20} \quad (8)$$

Über den Faktor v ist durch die Bestimmung von R_i auch gleichzeitig R_u determiniert. Aus dem Zusammenhang zwischen R_i und R_u lässt sich dann sofort folgern, dass der resultierende Wert für R_u eine Untergrenze $R_{u_{min}}$ darstellt, die der Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes nicht unter-

schreiten darf. Mit $v = v_{max}$ ergibt sich dann folgender Zusammenhang:

$$R_{u_{min}} \approx \frac{J_s \cdot \pi \cdot \rho^2}{(U_R - 100 \text{ mV} - U_{ein}) \cdot 300} \leq R_u \quad (9)$$

Die Anforderung an den Umhüllungs-widerstand der Rohrleitung R_u , einen Grenzwert $R_{u_{min}}$ nicht zu unterschreiten, ist ein weiteres wichtiges Kriterium, das sich direkt aus der Definition für den Faktor v und der Berechnung des Ausbreitungswiderstands für eine neue kreisförmige Umhüllungsfehlerstelle R_i ergibt.

Kategorie 3

Kategorie 3 ist nur in GW 16, nicht jedoch in GW 10 definiert. Sie stellt im eigentlichen Sinne keine eigene Kategorie dar, sondern dient lediglich der Ergänzung der Kategorien 1 oder 2 für den Fall, dass das Schutzobjekt streustrombeeinflusst ist. In der Praxis sind folgende Fälle möglich:

- Kategorie 1 Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 1 an einem nicht streustrombeeinflussten Schutzobjekt.
- Kategorie 2 Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 2 an einem nicht streustrombeeinflussten Schutzobjekt.
- Kategorie 3 Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 1 an einem streustrombeeinflussten Schutzobjekt oder Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 2 an einem streustrombeeinflussten Schutzobjekt.

Aus der Definition der Kategorie 3 erkennt man sofort, dass es in der Praxis nicht ausreicht, die Fernüberwachung des KKS eines Schutzobjektes nach dieser Kategorie zu betreiben, da bei Kategorie 3 ausschließlich Anforderungen, die sich aus der Streustrombeeinflussung ergeben, definiert sind. Es muss deshalb darüber hinaus immer auch noch entschieden werden, ob vom KKS-Fernüberwachungssystem die Anforderungen nach Kategorie 1 oder Kategorie 2 erfüllt werden sollen.

Fortsetzung in Folge 45

AfK-Empfehlung Nr. 1

Fachvortrag, gehalten von Herrn Dipl.-Ing. Klaus Riegel, VNG AG Leipzig, auf der Jahreshauptversammlung 2001 des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. in Dresden. Fortsetzung aus Folge 43

Die neue AfK 10 verweist auf Vergleichsmessungen, die Polarisationsstrommessung und die Umhüllungsfehlerstellenvergleichsmessung.

Auf die Polarisationsstrommessung zur Ermittlung des I^* kann der Meßtechniker vor Ort nur zurückgreifen, wenn die Werte für

- das im späteren Betriebszustand anliegende U_{EIN} bekannt sind
- den im Durchdrückbereich anliegenden höchsten spez. Erd-bodenwiderstand $\rho_{spez.}$ analog den Bodenwiderständen der näheren Umgebung angenommen werden können.
- die höchste im Durchdrückbereich erforderliche Schutzstromdichte J_s definiert ist.

um nach der Formel

$$I^* = \frac{16 \cdot (U_{EIN} - U_s)^2}{\rho^2 \cdot \pi \cdot J_s}$$

den theoretisch benötigten Schutzstrom zu berechnen, der anschließend mit dem tatsächlich aufzubringenden zu vergleichen ist. Oder den eingespeisten Schutzstrom dahin abprüfen, bei welchem U_{EIN} dieser Schutzstrom realisiert werden kann.

Die Umhüllungsfehlerstellenvergleichsmessung, wie sie in der AfK 10 unter Punkt 2.4.2 beschrieben ist bietet:

- die Möglichkeit zur annähernden Aussage über die Gesamtfläche der Fehlerstellen auf der durchpressten Leitung
- die wichtige Aussage, ob diese ordnungsgemäß polarisierbar ist bzw. sind.

Diese ergänzende Kontrollmessung ist objektiver und realitätsnäher, setzt aber auch voraus, dass die Fehlerstelle in annähernd gleiche Bodenverhältnisse eingebracht wird was nicht immer einfach sein dürfte. Wenn diese Umhüllungsfehlerstellenvergleichsmessung durch einen Datenlogger aufgezeichnet wird, ist sie auch jederzeit objektiv reproduzierbar.

Zur Qualitätskontrolle der Umhüllung werden während der Bauphase in Anlehnung an die AfK 1-Messung Polarisationsmessungen durchgeführt. Für diese Kontrollmessung bietet sich diese Umhüllungsfehlerstellenvergleichsmessung als Zusatzmessung für eine erste Bewertung an.

5. Besonderheiten

Die nach der ersten Ergebnisvariante getroffene anscheinend eindeutige Aussage zur Fehlerstellenfreiheit der Umhüllung kann mit Unsicherheiten behaftet sein.

In Abhängigkeit des Durchmessers der für den Vortrieb aufgeschweißten Schneidkrone entsteht ein größerer freier Bohrungsquerschnitt, als der des Produktenrohres.

Da die Messung unmittelbar nach dem Pressvorgang erfolgt, gab es noch keine Setzungserscheinungen. Bei bindigen Böden liegt demzufolge eine Erdfähigkeit nur etwa von der Vier- bis zur Siebenuhrposition vor. Damit kann dieser Sachverhalt zu Fehlinterpretationen führen.

Bild 6 zeigt ein Beispiel, wo vor Durchführung der Messung nach AfK 1 durch anschließende Baumaßnahmen

am durchpressten Leitungsabschnitt, dieser soviel Spannung erhält, dass die Erdfähigkeit im unteren Rohrbereich nicht gewährleistet ist (Bild 7).

6. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend entsteht die Frage: „Entspricht die Messung nach dem geltenden Regelwerk der AfK-Empfehlung Nr.1 noch den modernen

Bild 1: Prinzipieller Aufbau eines KKS-Fernüberwachungssystems

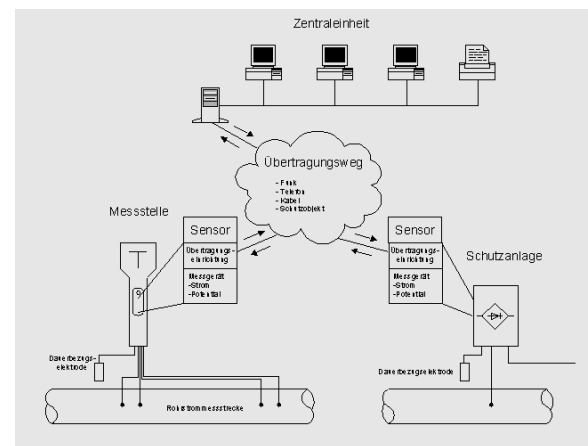


Bild 6



Bild 7



Anforderungen aus technischer und juristischer Sicht?“

Zu beachten sind u. a.:

- Trotz eindeutiger Messergebnisse zum Zeitpunkt der Kontrollmessung ist nicht auszuschließen, dass nach erfolgter kompletter Erdfähigkeit eine Fehlstelle wirksam wird, die nach AfK 1 zum Zeitpunkt der Messung nicht erkennbar war.
- Das Regelwerk stellt alle Leistungsverhältnisse auf die gleiche Bewertungsebene. Differenzierungen sollten in Erwägung gezogen werden.
- Abstand der Anode zum Prüfobjekt, wenn dieses eine längere Ausdehnung besitzt.
- Objektive, datentechnisch verarbeitbare Erstellung der Dokumentation sollte vorgegeben werden.
- Aussagen zu Pflichten des Rohrleitungsbetriebes zur Sicherung der Begehrbarkeit der Baustelle und der Durchführung der Messung.
- Festlegungen / Empfehlungen zum Verhältnis des Außendurchmes-

sers des vorgetriebenen Rohres zum Durchmesser des Schneidvorsatzes.

- Für jede Bewertung, die zum Erreichen eines relevanten Ausschaltpotenzials nicht das Einbringen einer künstlichen Fehlstelle erforderte, ist eine Umhüllungsfehlstellenvergleichsmessung vorzusehen.
- Hinweise des Betreibers, wie mögliche Wechselspannungsbeeinflussung, Entfernung zur nächsten Schutzstromanlage und dergleichen, sollten Berücksichtigung finden.

In einigen Konzernnormen wurden diese Fragen bereits berücksichtigt und beantwortet.

Dieser Beitrag soll eine Anregung sein, zu prüfen, ob eine Überarbeitung der derzeitigen Fassung der AfK-Empfehlung Nr. 1 erforderlich ist.

Klaus Riegel
Mitauteur: Dipl.-Ing. (FH) Hans-Jürgen Grundschock, Ingenieurbüro Grundschock & Winkler

Literaturhinweise:

1. AfK-Empfehlung Nr. 1
2. AfK-Empfehlung Nr. 10
3. Bewertung der Umhüllung und Auswirkungen der Umhüllungsverletzungen auf den kathodischen Korrosionsschutz für mit Hilfe des HDD-Verfahrens eingelegte Düker der Erdgasleitung Steinitz-Bernau
4. Schwenk, W.: Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegter Anlagen durch Potentialmessungen Kommentar zu DIN 50925. 3R international, Heft 4/95, S. 164-169
5. VN 717-730: Durchführung von Korrosionsschuttmessungen zum Nachweis der kathodischen Schützbarkeit bei grabenlos verlegten Produktenrohren
6. Messprotokolle und Messplots des Ingenieurbüros Grundschock & Winkler

folgender Störungen des KKS gefordert:

- Ausfall von Schutzanlagen,
- Schutzstromunterbrechungen im Bereich des zu überwachenden Schutzbereiches,
- großräumig wirksame Fremdkontakte mit einem Fehlerwiderstand $R_f \leq 2 \cdot R_u$ (R_u = Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes).

Hierzu reicht i. d. R. die Ermittlung des Einschaltpotentials und des Schutzstroms an KKS-Anlagen und Messstellen mit elektrischen Überbrückungen, des Ableitstroms und des Einschaltpotentials an Streustromschutzanlagen und des Einschaltpotentials an den Endpunkten des Schutzbereiches aus.

Werden vom KKS-Fernüberwachungssystem die Anforderungen nach Kategorie 1 erfüllt, so können die Funktionskontrollen von KKS-Anlagen (GW 10 Abschnitt 7.1) und die Überprüfung der Einschaltpotentiale an ausgewählten Messstellen (GW 10 Abschnitt 7.2.2.1) entfallen. Die Überprüfung der Ein- und Ausschaltpotentiale an allen nach GW 12 erforderlichen Messstellen (GW 10 Abschnitt 7.2.2.2) erfolgt weiterhin mindestens alle 3 Jahre.

Kategorie 2

Allgemeine Definition

Bei einer Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 2 soll über das Erkennen der in Kategorie 1 beschriebenen Störungen des KKS hinaus innerhalb bestimmter Randbedingungen auch das Auftreten einer neuen, nicht vollständig kathodisch geschützten Umhüllungsfehlstelle erkannt werden. Die Randbedingungen sind dabei wie folgt definiert:

- Das Verhältnis v zwischen dem Ausbreitungswiderstand einer neuen, nicht vollständig kathodisch geschützten Umhüllungsfehlstelle R_f und dem Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes R_u darf den Wert 15 nicht überschreiten.
- Der Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes R_u darf einen

Grenzwert $R_{u\min}$ nicht unterschreiten.

- Es müssen uneingeschränkt aussagefähige Referenzwerte, die nach GW 10 Abschnitt 5 ermittelt wurden, vorliegen.
- Das Ausschaltpotential sollte einen Wert um -1000 mV aufweisen. Ein Überschutz ist in diesem Zusammenhang zu vermeiden.

Werden vom KKS-Fernüberwachungssystem die Anforderungen nach Kategorie 2 erfüllt, so können die Funktionskontrollen von KKS-Anlagen (GW 10 Abschnitt 7.1) und die Überprüfung der Einschaltpotentiale an ausgewählten Messstellen (GW 10 Abschnitt 7.2.2.1) entfallen. Weiterhin kann der Zeitraum für die Überprüfung der Ein- und Ausschaltpotentiale an allen nach GW 12 erforderlichen Messstellen (GW 10 Abschnitt 7.2.2.2) von 3 auf 6 Jahre gestreckt werden.

Die Grundkonzeption von Kategorie 2

Die im Rahmen der Entwicklung der theoretischen Grundlagen für Kategorie 2 definierten Grundvoraussetzungen können wie folgt zusammengefasst werden.

- Die IR-freien Potentiale an allen vorhandenen Umhüllungsfehlstellen müssen zum einen das Schutzpotentialkriterium erfüllen und zum anderen auf der Stromdichte-Potential-Kurve in dem Bereich liegen, in dem sich die Stromdichte bei Potentialänderungen nur unwesentlich verändert. Um dies sicherzustellen, soll das Ausschaltpotential nicht negativer als -1000 mV sein.
- Spannungsabfälle des Schutzstroms entlang des Schutzobjektes sollen vernachlässigt werden. Weiterhin soll davon ausgegangen werden, dass sich die Ausgangsspannung am Schutzstromgerät und das IR-freie Potential der Anodenanlage durch Veränderung des Schutzstroms nicht ändern.

Beim Erscheinen einer neuen Umhüllungsfehlstelle wird auf jeden Fall der Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes kleiner, das Einschalt-

potential positiver und der Schutzstrom erhöht sich. Die Auswirkungen auf das Ausschaltpotential hängen sowohl vom Ausbreitungswiderstand als auch vom IR-freien Potential der neuen Umhüllungsfehlstelle ab. Mathematisch lässt sich das eben gesagte folgendermaßen ausdrücken:

Umhüllungs-widerstand:

$$R'_u = \frac{1}{\frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_f}} \quad (1)$$

mit R_u = Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes vor dem Auftreten der neuen Umhüllungsfehlstelle, R_f = Ausbreitungswiderstand der neu hinzugekommenen Umhüllungsfehlstelle und R'_u = Umhüllungs-widerstand des Schutzobjektes mit der neu hinzugekommenen Umhüllungsfehlstelle.

Einschaltpotential:

$$U'_{ein} = U_{ein} + I_f \cdot R_A \quad (2)$$

mit U_{ein} = Einschaltpotential des Schutzobjektes vor Auftreten der neuen Umhüllungsfehlstelle, I_f = Fehlerstrom über die neu hinzugekommene Umhüllungsfehlstelle, R_A = Ausbreitungswiderstand der Anodenanlage und U'_{ein} = Einschaltpotential des Schutzobjektes mit der neu hinzugekommenen Umhüllungsfehlstelle.

Schutzstrom:

$$I'_s = I_s + I_f \quad (3)$$

mit I_s = Schutzstrom des Schutzobjektes vor Auftreten der neuen Umhüllungsfehlstelle und I'_s = Schutzstrom des Schutzobjektes mit der neu hinzugekommenen Umhüllungsfehlstelle.

Ausschaltpotential:

$$U'_{aus} = \left(\frac{U_{aus} + I_f \cdot R_A + U_f}{R_u} + \frac{U_f}{R_f} \right) \cdot R'_u \quad (4)$$

Mit $I_f = \frac{(U_f - U'_{ein})}{R_f}$ ergibt sich nach einigen Umstellungen aus (4) folgende Gleichung:

$$U'_{aus} = (U_{aus} \cdot v + U_f + [U_f - U'_{ein}] \cdot v) \cdot \frac{1}{v + 1} \quad (5)$$

mit U_{aus} = Ausschaltpotential des Schutzobjektes ohne die neu hinzugekom-

Das Konzept der KKS-Fernüberwachung nach GW 16

Fachvortrag, gehalten von Herrn Dipl.-Phys. Rainer Deiss, Rohrnetzberatung Stuttgart GmbH der NWS AG, Stuttgart, auf der Jahreshauptversammlung 2002 des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. in Heidelberg

Inhalt:

- 1 Das Konzept der Kategorisierung
 - 1.1 Kategorie 1
 - 1.2 Kategorie 2
 - 1.2.1 Allgemeine Definition
 - 1.2.2 Die Grundkonzeption von Kategorie
 - 1.2.3 Grenzwert für den Umhüllungs-widerstand R_u
 - 1.3 Kategorie 3
- 2 Prinzipieller Aufbau eines KKS-Fernüberwachungssystems
- 3 Anforderungen
- 4 Planung, Bauausführung und Inbetriebnahme
- 5 Erste Praxiserfahrungen
- 6 Schlussbemerkungen

1 Das Konzept der Kategorisierung

Das Konzept der Kategorisierung, das im DVGW-Arbeitsblatt GW 10 „Kathodischer Korrosionsschutz erdverlegter Lagerbehälter und Stahlrohrleitungen; Inbetriebnahme und Überwachung“ und in dem auf den dort definierten Vorgaben aufbauenden DVGW-Merkblatt GW 16 „Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutz“ definiert ist, wurde als Antwort auf die Tatsache formuliert, dass zum einen der Zustand der zur Fernüberwachung vorgesehenen Schutzobjekte deutlich variiert und zum anderen die Ziele, die mit einer KKS-Fernüberwachung erreicht werden sollen, sich erheblich unterscheiden können.

Im Rahmen des Kategorisierungskonzeptes werden unterschiedliche Kategorien, die jeweils eine spezifische KKS-Fernüberwachungsphilosophie verkörpern, definiert. Daraus ergeben sich wiederum unterschiedlich strenge Anforderungen an das KKS-Fernüberwachungssystem (bestehend aus dem Schutzobjekt und der Fernwirktechnik). In Abhängigkeit davon können dann die manuellen Messungen vor Ort in mehr oder weniger großem Umfang reduziert werden.

Kategorie 1

Bei einer Fernüberwachung des KKS nach Kategorie 1 wird das Erkennen