

Gut geschützt

Aktiver und passiver Korrosionsschutz von Rohrleitungen wird immer effizienter.

Erdverlegte Gashochdruckleitungen sind durch Außenkorrosion gefährdet. Sie kann durch Belüftungs- und Kontaktelemente oder Streu- und Wechselströme unter Mitwirkung mechanischer Spannungen verursacht werden. Maßnahmen des aktiven und passiven Korrosionsschutzes sollen in erster Linie die betriebliche Sicherheit der Leitungen erhöhen.

Sie tragen aber auch zur Werterhaltung der Anlagen bei. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse über Ursachen und Verlauf der Korrosion, die Entwicklung hochwertiger Kunststoffe für die Umhüllung sowie die Verfügbarkeit rechnergestützter Meßgeräte und -methoden machen die Korrosionstechnik zunehmend wirksamer und effizienter. Diese Möglichkeiten werden im Ruhrgas-Transportsystem genutzt.

Die heute gebräuchliche Korrosionsschutztechnik wird im DVGW-Regelwerk beschrieben. Sie beinhaltet die Auswahl geeigneter Werkstoffe, den Betrieb innerhalb der Auslegungsgrenzen der Rohrleitungen sowie die Auswahl und Aufbringung der Umhüllungen. Außerdem gehören der kathodische Korrosionsschutz der Rohrleitung und seine Überwachung dazu.

Wichtigste Grundlage ist seit Jahrzehnten die Kombination einer Leitungsumhüllung (passiver Korrosionsschutz) mit dem kathodischen Korrosionsschutz (KKS). Je besser die Umhüllung, umso geringer ist die Gefahr der Korrosion an Fehlstellen. In den zwanziger bis sechziger Jahren wurden erdverlegte Rohrleitungen vorwiegend mit Teer-Asphalt oder Bitumen umhüllt. Bei solchen Leitungen können – beispielsweise durch Erdbewegungen oder Steineindrücke – pro Kilometer zahlreiche Fehlstellen in der Umhüllung auftreten. Entsprechend aufwendig ist der aktive Korrosionsschutz: Alle 5 bis 10 km ist eine Korrosionsschutzanlage erforderlich.

Haltbare Hülle

Inzwischen sind die Rohrleitungsumhüllungen umfassend weiterentwickelt worden. Die derzeit letzte Entwicklungsstufe führte zu Drei-Schicht-Systemen, deren Hauptkomponente in der Regel Polyethylen ist. Diese Systeme zeichnen sich vor allem durch hohe mechanische Festigkeit, ausgezeichnete Haftung auf der Stahloberfläche, Alterungsbeständigkeit sowie gute Schlag-, Eindruck- und Abriebfestigkeit aus. In Sonderfällen – zum Beispiel bei Leitungen, die im Horizontal-Drilling-Verfahren verlegt werden – ist eine extrem hohe mechanische Beständigkeit erforderlich. Dafür wurden Polypropylen-Umhüllungen entwickelt, bei denen durch spezielle Kleber Schälwiderstände erreicht werden, die ein Abschieben während des Einziehvorganges sicher verhindern.

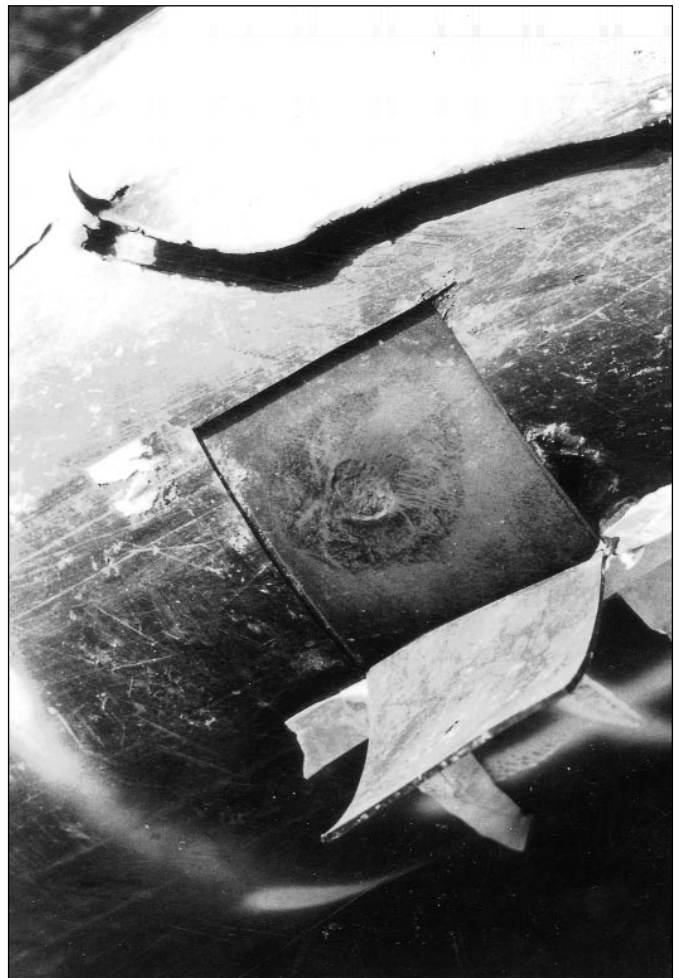
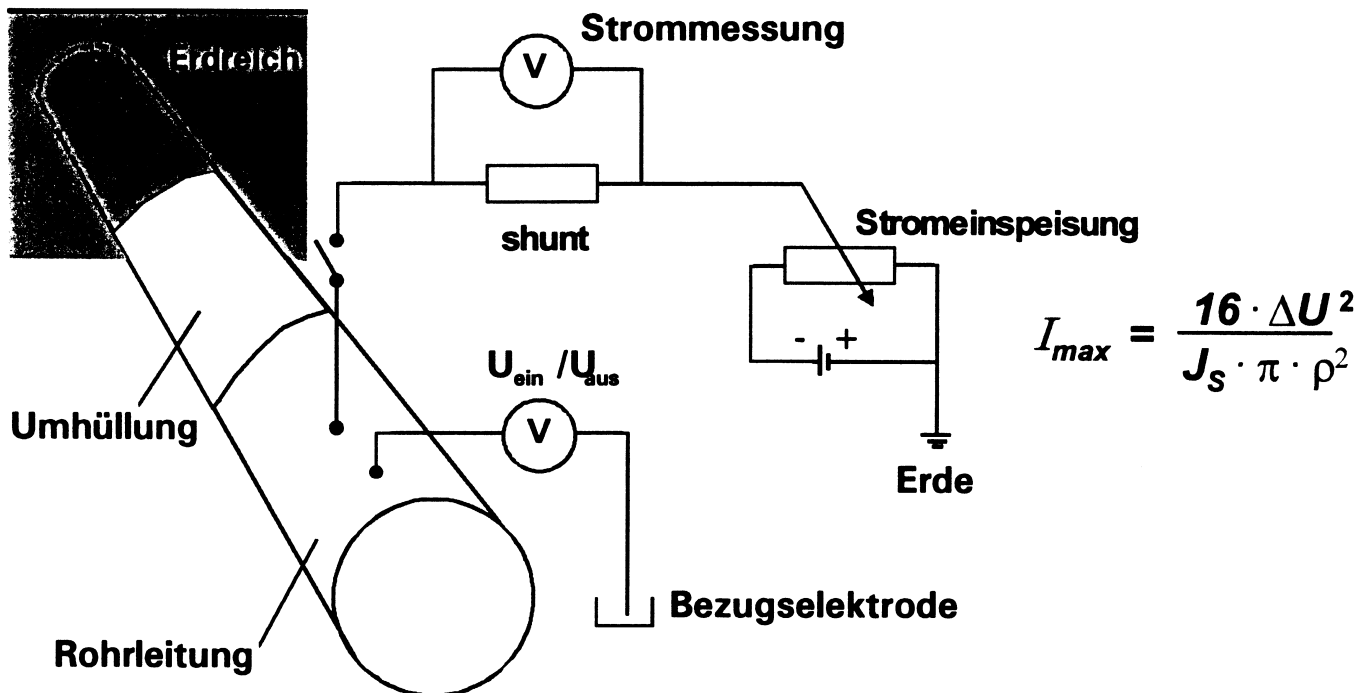


Bild 1: Durch die systematische Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes können Fehlstellen an Rohrleitungen gezielt aufgespürt und beseitigt werden.

Der Korrosionsschutz einer Rohrleitung ist so gut wie die Umhüllung der Leitungsabschnitte, die unter Baustellenbedingungen beschichtet werden müssen – also Schweißnähte, Bögen oder Paßstücke. Das haben die Betriebs Erfahrungen aus mehr als fünf Jahrzehnten gezeigt. Den Anforderungen bei der Leitungsverlegung in offener Bauweise genügen moderne Korrosionsschutzbinden auf der Basis von Butylkautschuk und Polyethylen. Sind extrem hohe mechanische Beanspruchungen zu erwarten (beispielsweise beim Horizontal-Drilling-Verfahren), bieten sich Systeme auf der Basis von Flüssigepoxidharzen und einer Armierung aus Glas- und Kunststoffgewebe an.



- ΔU : Differenz zwischen Einschaltpotential und Schutzpotentialkriterium in Volt
 J_s : für den Korrosionsschutz mindestens erforderlich Schutzstromdichte in mA/m²
 ρ : spezifischer Bodenwiderstand in $\Omega \text{ m}$
 I_{max} : maximal zugelassener Strom für einen Rohrleitungsabschnitt in mA

$J_s = 30$ bis 300 mA/m^2 ; mittlerer Wert 100 mA/m^2 $U_s = -0,85$ bzw. $-0,95 \text{ V (Cu/CuSO}_4)$

Bild 2: Schema der Polarisationsstrommessung

Mit diesen Umhüllungssystemen hat sich die Fehlstellenhäufigkeit auf weniger als eine Stelle pro Kilometer Rohrleitung reduziert. Deshalb kann heute eine Korrosionsschutzanlage mehr als 100 km Rohrleitung schützen. Außerdem besteht bei den modernen Umhüllungen nach heutigem Kenntnisstand keine Gefährdung durch die gefürchtete Spannungsrißkorrosion.

Langlebige Anoden

Die Korrosionsschutzanlage ist das Herzstück der Sicherheitsmaßnahmen für erdverlegte Rohrleitungen. Sie stellt den Strom zur Verfügung, der zur Reduktion des Sauerstoffs im Boden erforderlich ist. Ihre wesentlichen Komponenten sind Gleichrichter und Anode. Letztere speist den Schutzstrom in den Boden ein, der an den Fehlstellen der Rohrumhüllung benötigt wird.

Sorgfältige Materialauswahl, korrosionsschutzgerechte Konstruktion und fachgerechter Einbau tragen zu einer möglichst hohen Lebensdauer der Anode bei. Mit den metalloxydbeschichteten Ventilmaterialien stehen heute Materialien zur Verfügung, die einen Abtrag von nur ca. 1 Milligramm Metalloxyd pro Ampere und Jahr aufweisen. Ruhrgas setzt solche Anoden seit 1985 erfolgreich ein. Als Metalloxyd, mit dem das Trägermaterial Titan (=Ventilmaterial) beschichtet wird, dient beispielsweise Lithiumferrit.

Um eine Betriebszeit von 20 Jahren und mehr zu erzielen, ist in der Regel ein Materialeinsatz des Mischoxids von nur wenigen Gramm erforderlich. Die Anoden sind deshalb sehr

leicht und lassen sich einfach einbauen. Der Einbau der Anode in ein Koksbedden kann den Materialabtrag noch weiter vermindern. Theoretisch kann so eine Lebensdauer von 50 Jahren und mehr erreicht werden.



Bild 3: Meßwertaufnahme vor Ort

Gewährleistung gesichert

Auch die Leitungsverlegung und ihre Kontrolle spielen eine wichtige Rolle für den Korrosionsschutz. Selbst bei sehr sorgfältiger Verlegung kommt es immer wieder zu Beschädigungen der Umhüllung. Sie müssen nachgewiesen werden, um Gewährleistungs- und Haftungsansprüche zu sichern.

In der Vergangenheit wurde die Qualität der Umhüllung nach etwa ein bis drei Jahren durch eine Intensivmessung überprüft. Waren Fehlstellen nicht kathodisch schützbare, mußten sie freigelegt und repariert werden. Dies führte in der Regel zu komplizierten Verhandlungen über die Gewährleistung.

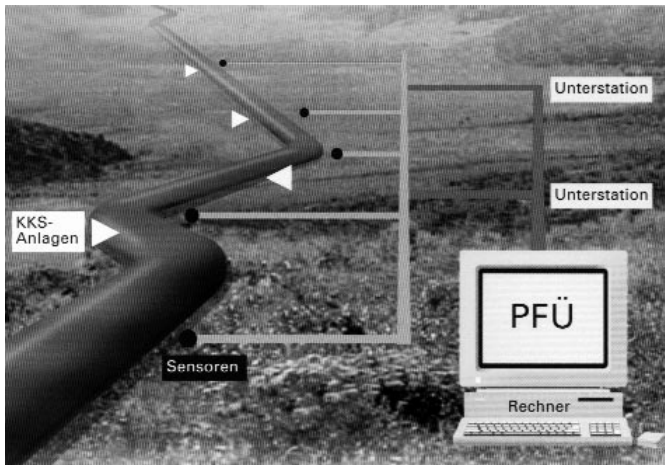


Bild 4: Schematische Darstellung der Potentialfernüberwachung (PFÜ)

Die Messung der Stromaufnahme unter kontrollierten Bedingungen (Polarisationsstrommessung) macht es heute möglich, die Umhüllung von Rohrleitungsabschnitten bis zu 5 km Länge noch vor Abschluß der Bauarbeiten zu überprüfen. Wird ein bestimmter Grenzwert unterschritten, gilt die Rohrleitung als nahezu fehlerfrei verlegt. Andernfalls überprüft man den entsprechenden Leitungsabschnitt durch eine intensive Fehlstellenortung (IFO). Geortete Fehlstellen werden so lange ausgebessert, bis der Grenzwert unterschritten wird. Da dies noch während der Bauphase geschieht, können Gewährleistungsansprüche zeitnah geltend gemacht werden. Damit entfallen die früher oft langwierigen Verhandlungen.

In Bild 2 wird die Polarisationsstrommessung schematisch dargestellt.

Automatische Überwachung

Die einwandfreie Funktion des kathodischen Korrosionsschutzes muß nach den technischen Vorschriften in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Dazu installiert man entlang der Rohrleitungen – beispielsweise in Schilderpfählen – Meßstellen, an denen Kennwerte für die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes ermittelt werden können (Bild 3).

Für die Aufnahme und Verarbeitung der Meßwerte werden heute moderne Technologien der Informationsverarbeitung genutzt. An jeder Meßstelle nimmt ein kompaktes Datenerfassungssystem automatisch alle relevanten Meßwerte auf. Daten über Art und Typ der jeweiligen Meßstelle sind in dem System bereits hinterlegt. Durch seine Multifunktionalität löst das Kompaktsystem eine Vielzahl von einzelnen Meßgeräten ab, mit denen die Messungen früher durchgeführt wurden. Auf diese Weise ist das Handling vereinfacht und die Meßzeit erheblich reduziert worden. Alle Informationen werden zusammen mit einigen allgemeinen Daten (z.B. Zeitpunkt der Messung) gespeichert und nach einer kompletten Nachmessung auf einen Personal-Computer übertragen, der wiederum an ein Netzwerk angeschlossen ist.

Auf einem zentralen Server laufen die Meßdaten für alle überwachten Leitungen zusammen. Dort sind sie auch für spä-

tere Recherchen archiviert. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe spezieller Rechenprogramme. Sie liefern – in der Regel grafikunterstützt – einen „Zustandsbericht“ der Rohr-Boden-Potentiale entlang der Leitung. Die automatische Meßwerterfassung und Dokumentation, die alle Arbeitsläufe praktisch papierlos und dennoch jederzeit nachvollziehbar gestaltet, ist ein Baustein im Ruhrgas-Qualitätsmanagement-System nach DIN EN SO 9001.

Zentrale Kontrolle per PFÜ

Die Potentialfernüberwachung (PFÜ) mit draht- oder funkbundenen Übertragungsnetzen kann den kathodischen Korrosionsschutz flächendeckend zentral kontrollieren. Das tägliche Abrufen der aktuellen Meßwerte ermöglicht eine nahezu permanente Überwachung der wichtigsten Parameter im Korrosionsschutzsystem. Auf großräumige Beeinträchtigungen (z.B. durch den Ausfall von Korrosionsschutzanlagen oder defekte Isolierkupplungen) kann ohne große Zeitverzögerungen reagiert werden. Bild 4 stellt die Potentialfernüberwachung schematisch dar. Ihre Einführung hat das Überwachungsbild grundlegend geändert. Die personal- und kostenintensiven monatlichen Funktionskontrollen der Korrosionsschutzanlagen können entfallen. Viele Messungen, die früher vor Ort von Hand durchgeführt wurden, erfolgen heute rechnergestützt vom PC aus. Auf diese Weise konnten auch die Revisions-Intervalle der Korrosionsschutzanlagen an den Rohrleitungen gestreckt werden.



Bild 5: Der lokale kathodische Korrosionsschutz spielt vor allem in komplexen Industrie- und Versorgungsanlagen – zum Beispiel Verdichterstationen – eine Rolle.

Das eröffnet langfristig interessante Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Die PFÜ ermöglicht ein bidirektionales schnelles Arbeiten. Über eine Basisstation (handelsüblicher PC) und ein Modem können Schaltvorgänge in Leitungsschutzanlagen ausgelöst, Registrierungen vorgenommen und alle Meßwerte einer Korrosionsschutzanlage aufgenommen werden. Das notwendige Takten der Leitungsschutzanlagen bei Nachmessungen vor Ort entfällt. Eine Meßwertaufnahme ist jederzeit möglich.

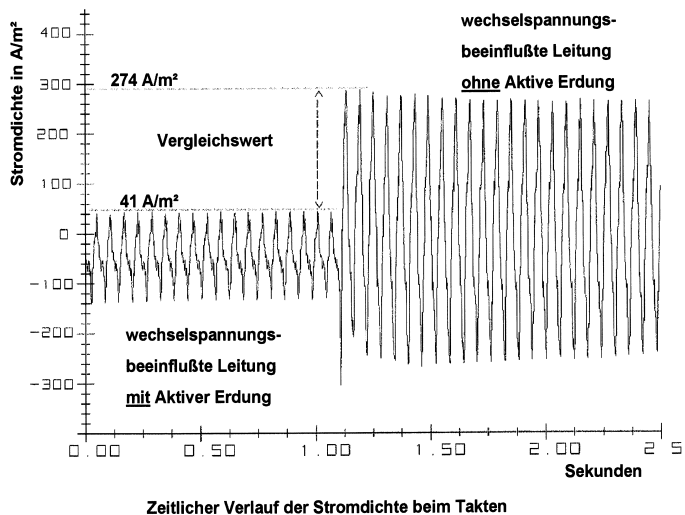


Bild 6: Meßergebnisse von einer Rohrleitung, die mit aktiven Erdungsanlagen gegen Wechselstromkorrosion geschützt ist.

Lokaler Schutz für teure Anlagen

Beim lokalen kathodischen Korrosionsschutz (LKS) stehen die Betriebssicherheit und Werterhaltung komplexer Industrieanlagen, teurer Erdungssysteme und Stationpipings – zum Beispiel in Verdichterstationen – im Vordergrund (Bild 5). Bei Anlagen ohne LKS ist an erdverlegten Anlageteilen generell mit Korrosionsgeschwindigkeiten $>0,1$ mm/a zu rechnen. Das kann zu hohen Reinvestitionskosten führen.

Der lokale kathodische Korrosionsschutz findet dort Anwendung, wo einzelne Systeme wie Rohrleitungen, Kabel, Erdungen usw. galvanisch nicht trennbar sind. Das Einspeisen eines Schutzstromes kompensiert die in den galvanischen Elementen fließenden Ströme. Dadurch wird die Korrosionsgeschwindigkeit an Rohrleitungen, Kabeln und Erdungssystemen auf Werte $<0,1$ mm/a verringert.

An den Schnittstellen zwischen dem LKS einer Verdichterstation und dem kathodischen Korrosionsschutz einer Fernleitung können Beeinflussungen auftreten. Die Überwachungs- und Schalteinheit Watchdog verhindert, daß die Rohrleitung durch Abschaltung des LKS geschädigt wird, wenn das Korrosionsschutzsystem der Fernleitung beeinträchtigt ist. Der LKS wird wieder zugeschaltet, sobald die Beeinträchtigung des KKS nicht mehr besteht.

Erhöhtes Spannungsniveau

Immer häufiger werden Rohrleitungen und Hochspannungsfreileitungen in gemeinsamen Energietrassen verlegt. Durch verbesserte Umhüllungen und steigende Betriebsströme in den Hochspannungssystemen nimmt die gegenseitige Beeinflussung zu. Das bedeutet im Vergleich zu früher ein höheres Wechsellspannungsniveau zwischen Rohrleitung und umgebender Erde.

Unter solchen Betriebsbedingungen spielt nicht nur der Schutz von Personen gegen unzulässig hohe Berührungsspannungen eine Rolle, sondern auch die Gefährdung der

Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e.V.
Postfach 6004, 73717 Esslingen
PVSt., DPAG, Entgelt bezahlt E 13001

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) 91992720, Telefax (07 11) 91992777 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. Baekmann, Essen, Hans J. Spieth, Esslingen. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge trägt der Verfasser die Verantwortung. Nachdruck mit Quellenangabe und Übersendung von zwei Belegexemplaren erwünscht.

Rohrleitung durch Wechselstromkorrosion an kleinen Umhüllungsschadstellen. Für ausreichende Sicherheit kann eine aktive Erdungsanlage sorgen. Dabei wird die Wechsellspannung auf dem Rohrleitungssystem mit Hilfe eines netzspannungsbetriebenen Leistungsverstärkers erfaßt und durch Einspeisung eines phasenverschobenen Stromes weitgehend reduziert (Bild 6). Die Anforderungen des kathodischen Korrosionsschutzes werden dabei weiter erfüllt.

Das Problem der Wechselstromkorrosion wird immer aktueller. In vielen Fällen ist die aktive Erdung die einzige wirkungsvolle und effiziente Möglichkeit, die Wechsellspannung an der Leitung ausreichend zu reduzieren.

Summary

Highly efficient plastic coatings for passive protection together with the selective use of cathodic protection, supported by compact data acquisition Systems and new monitoring concepts such as remote data transmission make it possible to protect buried pipelines in a more efficient manner.

Resistant anode materials for active protection, quality control in pipeline laying (including swift elimination of defects), efficient monitoring of operations and reliable protection against AC interference and stress corrosion cracking ensure long-term safety.

Hans-Joachim Krämer
aus RuhrgasForum 8, 1999

Zu guter Letzt

Wenn man auf nichts mehr zählen kann,
muss man mit allem rechnen.

Jules Renard
Ideen, in Tinte getaucht