

Sinn und Unsinn von Nutzungsdauerstatistiken

Zustandsorientierte Instandhaltung kathodisch geschützter Stahlleitungen

Condition-orientated maintenance of cathodically protected steel pipelines

Von Hans Gaugler und Dr. Hans-Jürgen Kocks

Erdverlegte Bauteile sind unabhängig vom Werkstoff aufgrund äußerer mechanischer Einflüsse, aber auch chemischer bzw. elektrochemischer oder physikalischer Wechselwirkungen ihrer Umgebung in der technischen Nutzungsdauer eingeschränkt. Zur Sicherung der Funktion solcher Bauteile sind im Laufe des Betriebes aussagekräftige Kriterien für die Beurteilung der Nutzungsdauer und damit für eine Rehabilitationsplanung von größter Bedeutung. Eine Möglichkeit bietet die Auswertung statistischer Daten, die jedoch zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet sind. Im Falle der Bauteile aus Stahl stellt sich die Frage über Sinn und Unsinn einer solchen Nutzungsdauerstatistik, wenn unter Anwendung der Möglichkeiten des kathodischen Korrosionsschutzes Zusatzmaßnahmen für den Betrieb und die Instandhaltung eines Leitungsnetzes getroffen werden. In diesem Beitrag soll der Stellenwert des kathodischen Korrosionsschutzes in der heutigen Leitungspraxis und die Bedeutung dieses Korrosionsschutzverfahrens für die Nutzungsdauer und Rehabilitationsplanung an praktischen Beispielen erläutert werden.

The technical service-life of buried components remains restricted, irrespective of the material used, as a result of external mechanical influences and also due to chemical or electrochemical and physical interactions with their surroundings. Informationally valuable criteria are of great significance during operation for assessment of remaining service-life and for planning of rehabilitation projects, in order to assure the unimpaired functioning of such components. One possibility for this is provided by the evaluation of statistical data, which, however, inevitably involves uncertainties. The question arises, in the case of steel components, of the rationality or otherwise of such service-life statistics, if additional provisions for operation and maintenance of a piping system are implemented using the potentials of cathodic corrosion protection (CPP). The ranking of cathodic corrosion protection in modern pipeline engineering practice, and the significance of this anti-corrosion system for service-life and for rehabilitation planning, are examined in this article using examples drawn from practice.

Einleitung

Nutzungsdauerstatistiken haben in den letzten Jahren mit Blick auf Rehabilitationsplannungen, aber auch aktuell im Zusammenhang mit der Abschreibungsmethodik der Gasversorgung im Zuge der Liberalisierung des Gasmarktes eine nicht zu unterschätzende Bedeutung gewonnen. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Festlegung einer kalkulatorischen mittleren Nutzungsdauer. In der Vergangenheit sind nur sehr vereinzelt Rohrausführungen eingesetzt worden, die ihre mögliche technische Nutzungsdauer auch ausgeschöpft haben. Hierzu zählen beispielsweise

Stahlrohre ohne oder mit unzureichendem Korrosionsschutz, wie sie Anfang des letzten Jahrhunderts bzw. während der DDR-Zeit in den neuen Bundesländern verlegt wurden.

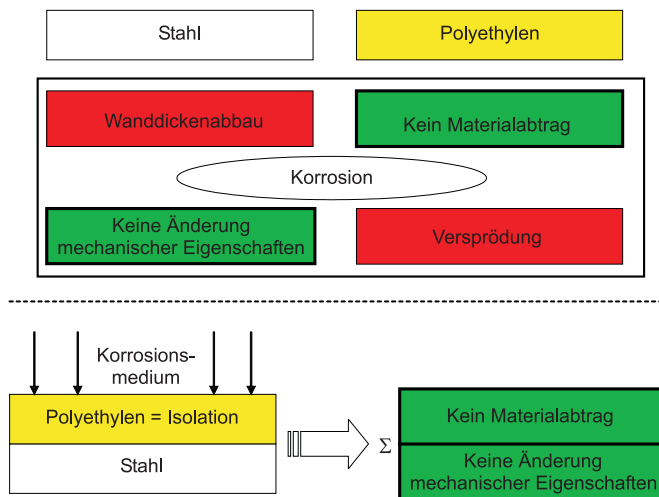
Auch die duktilen Gussrohre der ersten Generation zählen zu dieser Kategorie. Die technische Nutzungsdauer bei diesen Rohren wird maßgeblich von der Aggressivität der jeweils vorliegenden Böden bestimmt. Bei diesen Rohrausführungen sind eine Festlegung der Nutzungsdauer und damit die Anwendung einer statistischen Rehabilitationsplanung grundsätzlich möglich.

Eine Bewertung neuerer Rohrausführungen auf der Basis vorliegender Schadensanalysen ist problematisch, da hier zufallsbedingte Schadensformen bzw. unwägbare Ereignisse wie Fremdeinwirkungen, Bodensenkungen, Verlegefehler oder Materialfehler zu den Hauptursachen zählen [1]. Der Zeitpunkt des Versagens derart geschädigter Leitungen hat letztlich keinen Bezug zur möglichen technischen Nutzungsdauer dieser Rohrausführungen. Leitungsschäden aufgrund unwägbarer Ereignisse sind unabhängig vom Rohrwerkstoff und Alter einer Leitung. Schäden durch Fremdeinwirkung äußern sich je nach Intensität und Dynamik der mechanischen Einwirkung entweder direkt durch Undichtigkeiten oder entstehen längerfristig aufgrund von Riefen, kritischen Punktlasten oder Punktlagerungen. Solange die reale technische Nutzungsdauer eine unbekannte Größe darstellt, ist die Festlegung eines für die Kalkulation angestrebten Mittelwertes zwangsläufig gar nicht realisierbar.

Die Bewertung von Korrosionsvorgängen in den Leitungsnetzen bedarf je nach Werkstoff und Rohrausführung einer sehr differenzierten Betrachtung. Im Falle der Korrosionsschäden von Eisenwerkstoffen sind einerseits die bereits erwähnten Rohrausführungen mit fehlendem oder unzureichendem Korrosionsschutz zu berücksichtigen, deren technische Nutzungsdauer aufgrund der vorliegenden Erfahrungswerte abgeschätzt werden kann. Regelwerkskonform hergestellte Stahlleitungsrohre beispielsweise, die ab Mitte der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts mit Polyethylenumhüllungen versehen wurden, unterliegen bei ansonsten unversehrter Beschichtung im Gegensatz dazu einer Korrosion nur im Falle von Fremdeinwirkungen oder mangelnder Verlegesorgfalt. Korrosionsschäden sind in diesem Fall nicht anders zu bewerten als unzulässige Fremdeinwirkungen oder Punktlasten, die auch bei anderen Produkten die Nutzungsdauer einschränken.

Bild 1: Synergie Stahl/Kunststoff unter den Bedingungen erdverlegter Rohrleitungen

Fig. 1: Synergy between steel and plastic under buried-pipeline conditions



Neuere Studien belegen, dass mit Blick auf Fremdeinwirkungen Korrosionsvorgänge auch bei Kunststoffen eine nicht zu unterschätzende Bedeutung haben. Während beispielsweise beim Polyethylen der Festigkeitsabbau erst relativ spät eine Rolle spielt, ergibt sich schon nach 20 bis 30 Jahren eine deutliche Abnahme der Reißdehnung und damit einer grundlegenden Änderung der, unter äußeren Beanspruchungen so relevanten bruchmechanischen Eigenschaften [3]. Aufgrund dieser Änderung der bruchmechanischen Eigenschaften ist eine Übertragung von Labordaten, wie beispielsweise die Bestimmung der Spannungsrissbeständigkeit unter Netzmittleinwirkung auf die Praxis gar nicht zulässig und bereitet in Bezug auf die nutzungsdauerrelevante Bewertung solcher Ergebnisse nicht unerhebliche Schwierigkeiten [4, 5]. Dieser Aspekt wird im vorliegenden Beitrag im Rahmen der Rehabilitationsplanung noch eingehender behandelt. Der wesentliche Unterschied zum Eisenwerkstoff besteht einerseits in der Tatsache, dass diese Form der Korrosion bzw. die Versprödung des Kunststoffes ein permanent ablaufender Prozess ist, der jedoch nicht mit einem Materialabtrag verbunden ist. Bei den Eisenwerkstoffen äußern sich die Korrosion und Wanddickenreduzierung erst im Falle einer Beschädigung des Korrosionsschutzes.

Jedes System für sich betrachtet hat bezüglich der im erdverlegten Rohrleitungsbau üblichen Randbedingungen Nachteile und Schwächen. Erst in der Kombination ergibt sich die heute übliche intelligente Lösung für diese Aufgabenstellung. Die Unterschiede in den Werkstoffeigenschaften werden bei heute üblichen Stahlleitungsröhransführungen gezielt genutzt und bilden darüber hinaus die Grundlage für den effizienten Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes (**Bild 1**). In der Kombination der beiden Werkstoffe sind die Materialfestigkeit und die Bruchdehnung für ein Rohrleitungssystem zeitlich unabhängige Größen. Als Isolator verhindert das Polyethylen den korrosionsbedingten Abbau der Wanddicke des Grundwerkstoffs.

Diese Synergie aus Kunststoff und Stahl kann nur durch eine Beschädigung gestört werden. **Bild 2** verdeutlicht mit Blick auf die unwägbaren äußeren Beanspruchungen in den Leitungsnetzen den Stellenwert des kathodischen Korrosionsschutzes von Stahlleitungen. Am Beispiel der Gasverteilung sind die, für ihre Gebrauchstauglichkeit bestimmenden Materialeigenschaften in der Tendenz und Ausprägung als Pfeile dargestellt. In der Betrachtung wird dabei vorausgesetzt, dass die Beschädigung aufgrund der mechanischen Festigkeiten des Grundwerkstoffes nicht unmittelbar zur Undichtigkeit führt, sondern aufgrund des Korrosionsverhaltens der Werkstoffe erst zeitlich versetzt Schäden auftreten. Die in den beiden Bildern dargestellten Szenarien unterscheiden sich jeweils

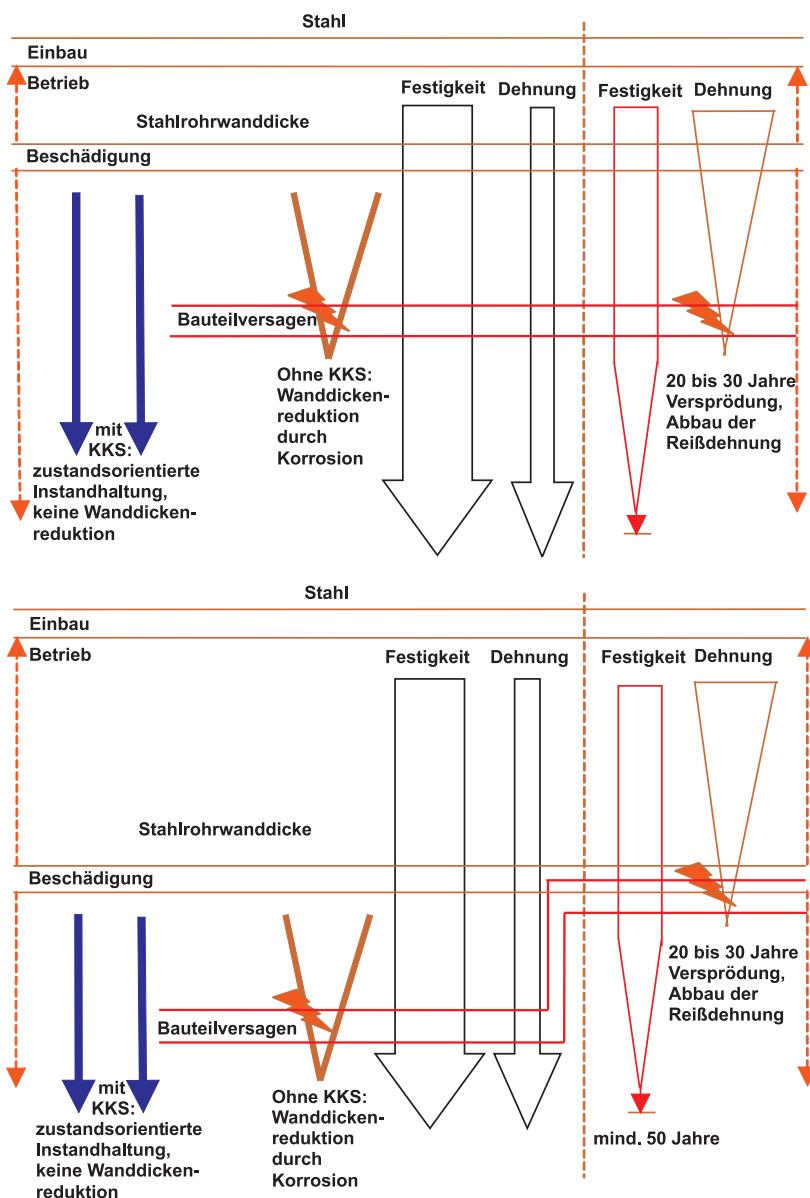


Bild 2: Stellenwert des kathodischen Korrosionsschutzes

Fig. 2: The ranking of cathodic corrosion protection

im Zeitpunkt der eintretenden Beschädigung und verdeutlichen damit den Unterschied in der Bewertung des Korrosionsgeschehens. Bei Kunststoffen ist die Korrosion ein permanent ablaufender Vorgang, der zwangsläufig mit einer Abnahme der Dehnbarkeit verbunden ist, während der Korrosionsvorgang im Falle einer Kombination aus Kunststoff und Stahl erst nach einer Beschädigung ausgelöst wird. Unter Einsatz kathodischer Schutzmaßnahmen besteht bei Eisenwerkstoffen die Möglichkeit den elektrochemischen Prozess der Korrosion gezielt zu beeinflussen und damit die Abtragsraten im Bereich der Beschädigung auf ein Minimum zu beschränken.

Seit etwa Mitte der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts hat sich der kathodische Korrosionsschutz für erdverlegte Bauteile aus Stahl etabliert. Der kathodische Korrosionsschutz dient dabei nicht nur als zusätzliche Korrosionsschutzmaßnahme, sondern erlaubt darüber hinaus eine punktgenaue Lokalisierung von Fehlstellen und dient der Überwachung von Fremdeinwirkungen. Diese Form der Überwachung setzt bei einer möglichen Kontrolle der Sorgfalt von Verlegemaßnahmen an und erfasst im späteren Betrieb auch die Aktivitäten Dritter im Bereich der Leitungsstrassen. Das Verfahren hilft nicht nur unter rein sicherheitstechnischen Aspekten die ansonsten unvermeidlichen Folgen einer Beschädigung des Korrosionsschutzes zu vermeiden, sondern dient damit unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, die Reserven einer systembedingt zur Verfügung stehenden technischen Nutzungsdauer auszuschöpfen.

Mit seinen Möglichkeiten ist der kathodische Korrosionsschutz ein bedeutendes Werkzeug für die zustandsorientierte Instandhaltung, da jederzeit mit den abrufbaren Messgrößen Informationen über den Zustand des geschützten Objektes gewonnen werden. Aus diesem Grund werden derart geschützte Objekte in der Rehabilitationsplanung grundsätzlich nicht auf der Basis von Nutzungsdauer- oder Schadensstatistiken, sondern mit Hilfe realer Messdaten bewertet. Diese Vorteile und damit die Bedeutung des kathodischen Korrosionsschutzes werden in diesem Beitrag an Beispielen aus der Praxis erläutert.

Das Schutzprinzip des kathodischen Korrosionsschutzes

Der kathodische Korrosionsschutz zählt zu den elektrochemischen Schutzverfahren, die üblicherweise im Falle von Stahlbauteilen mit elektrisch isolierenden Umhüllungen oder Beschichtungen zum Einsatz kommen.

Die Schutzmaßnahme wird dann wirksam, wenn aufgrund einer Beschädigung ein direkter Kontakt des Stahluntergrundes zum umgebenden Medium besteht. Beim Korrosions-

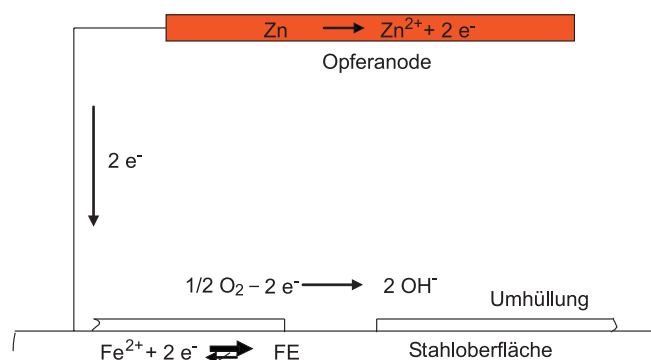


Bild 3: Schutzprinzip des kathodischen Korrosionsschutzes

Fig. 3: The principle of cathodic corrosion protection

vorgang löst sich Eisen als positiv geladenes Teilchen im Fehlstellenbereich unter Abgabe von Elektronen. Aus diesem Grund spricht man von einer elektrochemischen Reaktion. Dieser Prozess ist je nach Stromfluss und Material reversibel, wie dies von der elektrolitischen Metallabscheidung bekannt ist. Die Frage, ob ein Metall gelöst oder abgeschieden wird, ist eine Frage des Elektronenangebotes an der Metalloberfläche im Fehlstellenbereich. Mit Hilfe des kathodischen Korrosionsschutzes wird das Angebot an Elektronen im Fehlstellenbereich der Stahloberfläche heraufgesetzt (**Bild 3**). Dies geschieht im einfachsten Fall durch die Verlagerung des Korrosionsvorganges auf ein unedleres Element, im Beispiel eine Zinkelektrode. Diese „Opferanode“ sorgt dann für das Überangebot an Elektronen im Fehlstellenbereich. Bei elektrisch leitfähigen Stahlleitungen kann so unabhängig von der Frage, wo sich eine Fehlstelle befindet, die freiliegende Stahloberfläche geschützt werden. Der wesentliche Vorteil ist die Tatsache, dass diese Vorgänge mit einem Stromfluss verbunden sind. Dieser Stromfluss kann messtechnisch erfasst werden und erlaubt so eine Bewertung der Geschehnisse rund um das geschützte Bauteil. Die wesentlichen Anforderungen an den kathodischen Korrosionsschutz sind in Arbeitsblättern der Arbeitsgemeinschaft für Korrosionsschutz (AfK) sowie den Regelwerken des DIN und DVGW beschrieben.

Korrosionsschutztechnische Untersuchungen an einer Gashochdruckleitung

Am Beispiel der korrosionsschutztechnischen Bewertung einer Gashochdruckleitung mit Hilfe der Messmethodik des kathodischen Korrosionsschutzes sollen die Vorteile für eine Rehabilitationsplanung einmal näher betrachtet werden. Die zu bewertende Gashochdruckleitung der Dimension DN 600 wurde in zwei Abschnitten 1966 und 1967 mit einer Gesamtlänge von ca. 8000 m verlegt und hat daher auf der gesamten Leitungslänge annähernd die gleiche Nutzungsdauer (**Bild 4**).

Der äußere Korrosionsschutz besteht aus einer im Sinterverfahren hergestellten Polyethylenumhüllung. Das gesinterte Polyethylen hat, verglichen mit den extrudierten Ausführungen, den Nachteil der geringeren Haftung und verhält sich aus heutiger Sicht relativ spröde. Im werksfrischen Zustand war entsprechend der Vornorm DIN 30670 vom Februar 1974 bei gesinterten Umhüllungen eine Reißdehnung von mind. 100 % gefordert, die mit der damals üblichen Technologie und Verfahrensweise auch sicher erreicht wurde.

Die Untersuchung von Proben solcher Umhüllungen zeigt, dass dieses Material zwar immer noch mit neuwertigem Material ver-

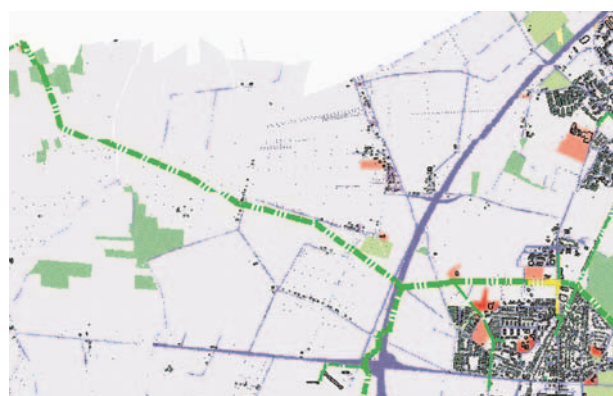


Bild 4: Lageplan der untersuchten Gashochdruckleitung

Fig. 4: Plot plan of the high-pressure gas pipeline examined

Bild 5: Reißdehnung von gesinteren Polyethylenumhüllungen

Fig. 5: Tearing strength of sintered polyethylene coatings and claddings

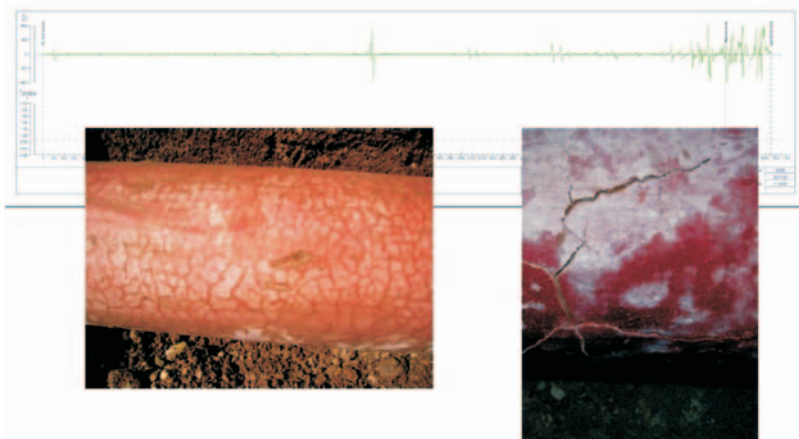
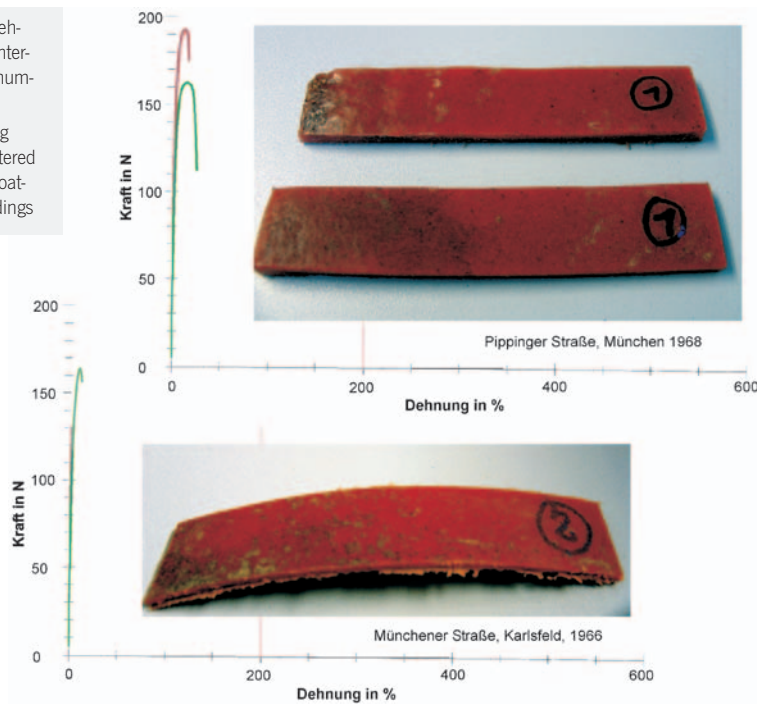


Bild 6: Messdiagramm der Umhüllungsfehlstellenortung für die gesamte Leitung mit Dokumentation des Erscheinungsbildes der gesinteren Polyethylenumhüllung

Fig. 6: Logging diagram for location of coating/cladding defects for the entire pipeline, with documentation of the appearance of the sintered polyethylene system



Bild 7: Lageplan des Leitungsabschnittes mit mangelhafter Umhüllung (gelb markiert)

Fig. 7: Plot plan of the sector of pipeline featuring defective coating/cladding (shown in yellow)

gleichbare Festigkeiten erreicht, jedoch aufgrund der materialtypischen Alterung nur noch eine Reißdehnung in einem Bereich bis max. 25 % aufweist (**Bild 5**). Hier ist zukünftig weiterer Entwicklungsbedarf gegeben, zumal nur für die Materialfestigkeit Voraussagen bezüglich der Alterung möglich wären, während der deutlich frühzeitig auftretende Abbau der Reißdehnung nach derzeitigem Kenntnisstand nicht einmal qualitativ in solchen Prüfungen erfasst werden kann. Trotz dieser niedrigen Reißdehnung bildet die Umhüllung jedoch weiterhin eine geschlossene Einheit und erfüllt damit die geforderte Barrierewirkung. Der Korrosionsschutz ist trotz niedriger Reißdehnung in solchen Fällen nicht beeinträchtigt. Dieser Befund hat jedoch nur Gültigkeit solange keine unzulässigen Beanspruchungen wie Fremdeinwirkungen, Punktlasten oder Punktlagerungen Spannungsspitzen verursachen. Dabei entstehen in der Folge häufig netzartige Risse in der Umhüllung.

Auch diese in der Praxis übliche Form der Rissbildung am versprödeten Werkstoff kann durch die Untersuchung des Spannungsrisserhaltens unter Netzmitteleinwirkung am neuwertigen Material keinesfalls erfasst werden, da sich an dem, in der Praxis gealterten Material der Bruchmechanismus geändert hat.

Die Rissbildung führt zu einer Abnahme des elektrischen Umhüllungswiderstandes. Die möglichen Folgen sind eine Beeinträchtigung der Wirksamkeit des KKS und unzulässige elektro-chemische Beeinflussung benachbarter Objekte. Die korrosionsschutztechnischen Messungen an dieser Leitung (**Bild 6**) zeigen, dass die Umhüllung auf einer Länge von etwa 7400 m, abgesehen von einigen punktuellen Fehlstellen, die vermutlich bereits bei der Verlegung entstanden sind, in einem hervorragenden Zustand ist. Das Diagramm der Messungen an dem verbliebenen ca. 600 m langen Teilabschnitt (**Bild 7** und **Bild 8**) zeigt ein völlig anderes Bild.

Die Umhüllung befindet sich in einem mangelhaften Zustand. Der Leitungsabschnitt unterliegt in diesem Ortsbereich teils starken dynamischen Verkehrsbelastungen. In der Vergangenheit durchgeführte Straßenbauarbeiten und Verlegemaßnahmen anderer Sparten verstärkten die Beeinträchtigungen noch zusätzlich. Auf der Basis dieser Messdaten wurde für die Rehabilitationsplanung entschieden, ca. 400 m dieses Teilabschnittes zu erneuern und an den verbliebenen 200 m die Umhüllung lediglich auszubessern. Für den weit überwiegenden Teil der Leitung (ca. 7400 m) besteht auch langfristig kein Handlungsbedarf.

Das vorliegende Beispiel verdeutlicht mit Blick auf den Einsatz solcher Leitungen ohne kathodischen Korrosionsschutz einen ganz wesentlichen Aspekt. Ohne kathodischem Korrosionsschutz wäre bei einer Zunahme

der Schadenshäufigkeit im kritischen Teilabschnitt insbesondere mit Blick auf den dabei zu bewertenden Zustand der Umhüllung zweifelsohne aus Sicherheitsgründen der Austausch der gesamten Leitung erwogen worden. Die auf der Basis der Messdaten des kathodischen Korrosionsschutzes realisierbaren Aussagen über den Zustand der Leitung ermöglichen jedoch eine gezielte und wirtschaftliche Vorgehensweise bei der Rehabilitationsplanung.

Nachrüstung des kathodischen Korrosionsschutzes in einem Ortsgasnetz

Der Einfluss des kathodischen Korrosionsschutzes auf die Nutzungsdauer einer Rohrleitung wird in der Betrachtung der Nachrüstung in einem Ortsnetz besonders deutlich. Im vorliegenden Beispiel wird ein Ortsgasnetz mit einer Netzlänge von aktuell ca. 100 km betrachtet. Mit dem Ausbau dieses Ortsnetzes wurde etwa Anfang der sechziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts begonnen. Bereits nach etwa zehn Jahren (1974) traten dort erste Korrosionsschäden auf. In den Folgejahren häufte sich die Anzahl der Schäden. Die korrosionsschutztechnischen Untersuchungen an den einzelnen Schadensstellen zeigen, dass es sich bei einer weit überwiegenden Anzahl der Schadensfälle um elektro-chemische Einwirkungen durch Elementbildung mit Fremdkathoden (Stahlbetonbauwerke) handelt (siehe auch DIN 30675-1).

Die Bildung solcher Elemente ist nur dann möglich, wenn aufgrund mangelnder Verlegesorgfalt oder Fremdeinwirkungen Beschädigungen an der Rohrumhüllung auftreten. Die hier beobachtete Häufung der Schäden lässt vermuten, dass der größte Teil dieser Schäden bereits bei der Verlegung initiiert wurde. Können Fremdkathoden, wie z. B. Stahl in Beton, wirksam werden, ist die entscheidende Größe für die Abtragsrate im Fehlstellenbereich das Flächenverhältnis von Kathode und Anode. Hier bilden die vergleichsweise kleinen, ungeschützt im Erdboden befindlichen Stahlflächen (**Bild 9**) einer mechanischen Beschädigung die Anode. Welche Ausmaße die Fläche einer Fremdkathode annehmen kann zeigt **Bild 10**.

Die riesige Fläche des Stahlbetonbauwerkes und Erder, die nach VDE 0100 durch einen Potentialausgleich verbunden werden müssen, bilden dabei die Kathode. Damit wird es auch verständlich, warum bei dieser Konstellation hohe Abtragsraten von 0,5 mm bis 1 mm pro Jahr im Falle einer Beschädigung des Korrosionsschutzes einer derart beeinflussten Stahlleitung möglich sind. Die Systematik bei Einwirkung durch Fremdkathoden verdeutlicht **Bild 11**.

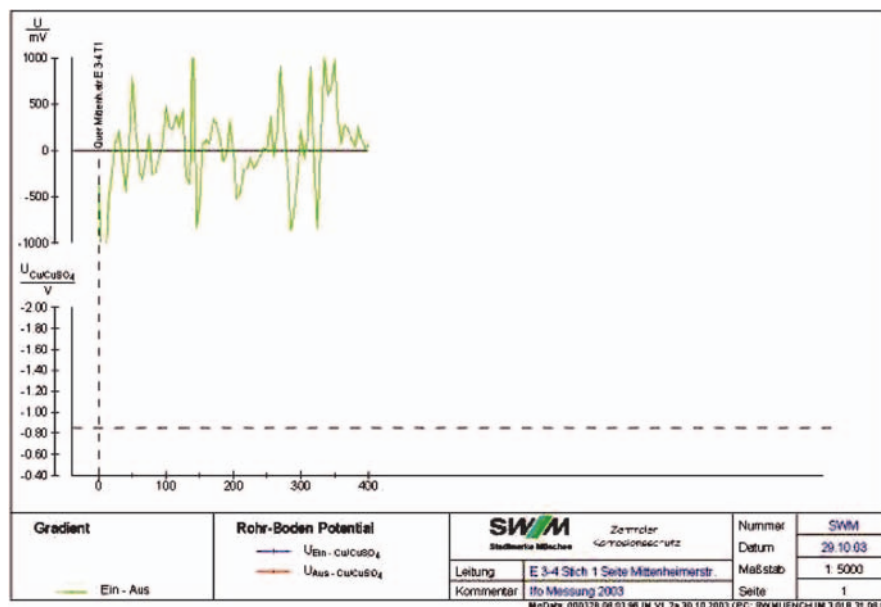


Bild 8: Messdiagramm der Umhüllungsfehlstellenortung für den Teilabschnitt mit mangelhafter Umhüllung

Fig. 8: Logging diagram of coating/cladding defect location for the line sector featuring defective coating/cladding

Bild 9: Beispiel einer Umhüllungsfehlstelle aufgrund von Fremdeinwirkungen

Fig. 9: Example of a coating/cladding fault caused by external influences



Bild 10: Errichtung eines Stahlbetonbauwerkes

Fig. 10: Construction of a reinforced concrete structure

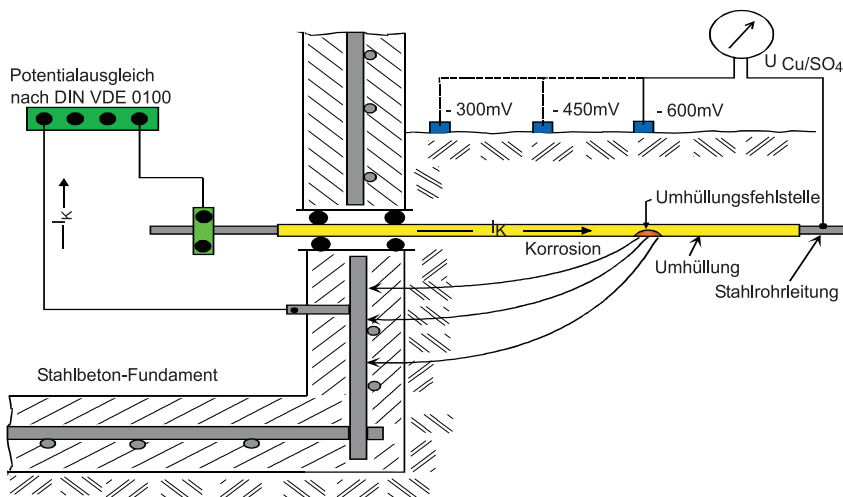


Bild 11: Systematik bei der Einwirkung einer Fremdkathode

Fig. 11: Effective system in case of presence of an extraneous cathode

Um die systembedingt hohe Nutzungsdauerreserve von Stahlrohrleitungen auszuschöpfen, wurden von 1975 bis 1978 in den von elektro-chemischer Beeinflussung durch Fremdkathoden besonders betroffenen Netzbereichen die konstruktiven Voraussetzungen für den kathodischen Korrosionsschutz nachgerüstet (z. B. Isolierstücke, Messstellen, Schutzstromversorgung) und in Betrieb genommen (Bild 12).

Damit verblieben zu diesem Zeitpunkt noch rund 43 % der Rohrleitungen ohne kathodischen Korrosionsschutz. Die Folge dieser Maßnahmen war eine stark rückläufige Tendenz der Schadensrate. Ab ca. 1985 nahmen die Schadensmeldungen jedoch erneut zu, überwiegend in den Ortsbereichen, in denen bis zu diesem Zeitpunkt kaum Schäden gemeldet wurden. Die Untersuchungsergebnisse deuteten nun in den meisten Fällen auf Elementbildung durch unterschiedliche Bo-

denbelüftung hin. Bild 13 verdeutlicht den Korrosionsvorgang bei Elementbildung durch unterschiedliche Bodenbelüftung. Die Korrosionsbelastung hängt im Wesentlichen von der Aggressivität und der Belüftung des Erdbodens ab. Grundsätzliche Voraussetzung für diese Korrosionsschäden sind auch hier Beschädigungen der Umhüllung durch mangelnde Verlegesorgfalt oder durch Fremdeinwirkungen. Die hohen Abtragsraten wie sie bei der Einwirkung von Fremdkathoden zu verzeichnen sind, werden bei diesem Korrosionsvorgang nicht erreicht. Aus diesem Grund ist die erneute Häufung der Korrosionsschäden in dem betreffenden Ortsgasnetz ca. 20 bis 25 Jahre nach der Verlegung plausibel.

Die Nachrüstung des kathodischen Korrosionsschutzes in den bisher noch nicht kathodisch geschützten Netzbereichen erfolgte nun mit höherer Priorität, so dass bis etwa

1988 das Ortsgasnetz zu 100 % kathodisch geschützt war. Seit 1996 sind keine Schäden mehr aufgetreten.

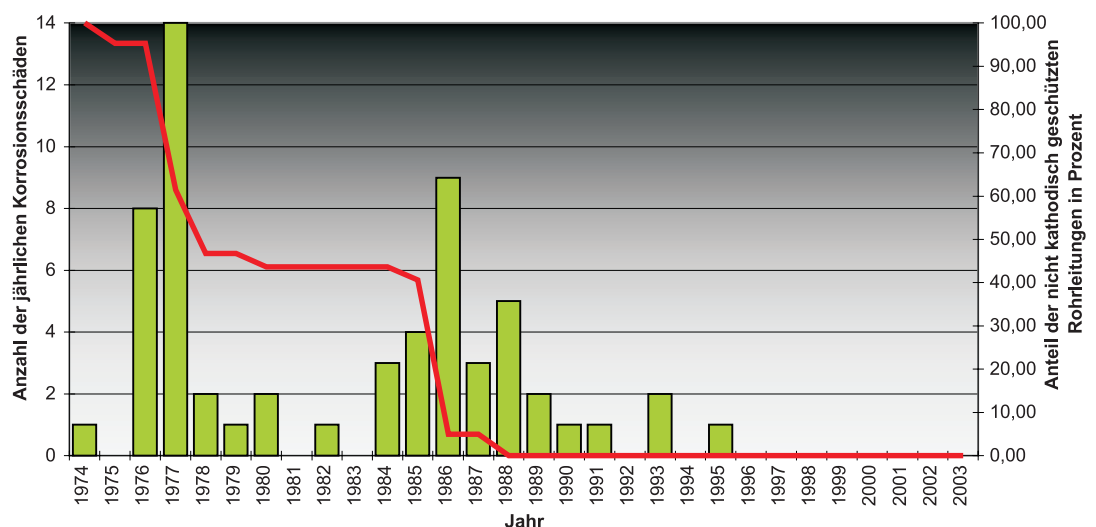
Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in diesem Ortsnetz bis heute kein Ersatzbedarf entstanden ist. Da die Schäden in der Korrosionsschutzumhüllung der Zufälligkeit unterliegend auf Fremdeinwirkungen bzw. primär auf Fehler bei der Verlegung zurückzuführen sind, liefert auch hier die Schadensstatistik keinerlei Information über die reale technische Nutzungsdauer von entsprechend geschützten und regelgerecht verlegten Stahlleitungen. Mit Hilfe des kathodischen Korrosionsschutzes werden die Korrosionsschäden aufgrund von Fremdeinwirkungen und Verlegefehlern wirksam unterbunden.

Schlussfolgerungen

Unabhängig vom Rohrwerkstoff treten heute Schäden an den Rohrleitungsnetzen primär aufgrund von Fremdeinwirkungen und mangelnder Sorgfalt bei der Verlegung auf. Solche Schäden führen je nach Werkstofffestigkeit entweder direkt zur Undichtigkeit, oder das Versagen erfolgt mittelfristig aufgrund von Korrosionsvorgängen. Als einziger Werkstoff bietet Stahl die Möglichkeit einer Beeinflussung und Messbarkeit dieser Prozesse durch den kathodischen Korrosionsschutz. Durch Nutzung der synergistischen Effekte einer Werkstoffkombination aus Polyethylen und Stahl ergeben sich beste Voraussetzungen für eine hohe Effektivität dieses elektrochemischen Schutzverfahrens. Der kathodische Korrosionsschutz bietet nicht nur die Möglichkeit, die Wanddickenreduktion durch Korrosion zu minimieren und damit die Nutzungsdauerreserven auszuschöpfen, sondern erlaubt darüber hinaus auch eine zustandsorientierte Instandhaltung und damit die Bewertung des erdüberdeckten Bauwerks von der Oberfläche aus. Unter sicherheitstechnischen Aspekten ist diese Form der Rohrnetzüberwachung für alle Leitungs-

Bild 12: Zusammenhang zwischen Schadensentwicklung und Nachrüstung des kathodischen Korrosionsschutzes

Fig. 12: The correlation between rate of damage and retrofitting of a cathodic corrosion protection system



netze im Gashochdruckbereich sowie für Leitungen zum Transport grundwassergefährdender Medien vorgeschrieben. In den letzten Jahren hat sich in Bezug auf die Messtechniken in Verbindung mit dem kathodischen Korrosionsschutz eine nicht zu unterschätzende Entwicklung ergeben. Die Lokalisierung von Fehlstellen wurde vereinfacht. Heute stehen Fernwirktechniken zur Verfügung, die eine Steuerung der Anlagen und die Überwachung des zu schützenden Bauteils ermöglichen [6].

Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten werden durch den kathodischen Korrosionsschutz die systembedingt vorliegenden Nutzungsdauerreserven eines Stahlleitungsnetzes durch die Minimierung der äußeren Einflüsse auf das Leitungsnetz ausgeschöpft. Die Änderung der Schadenshäufigkeiten in einem zuvor nicht geschützten Ortsnetz mit zunehmendem Ausbaugrad des kathodischen Korrosionsschutzes dokumentiert die Nachhaltigkeit dieses Verfahrens. Die nachträgliche Einrichtung des KKS für erdverlegte Bauteile ist in den meisten Fällen technisch sinnvoll und wirtschaftlich zu realisieren [7]. Darüber hinaus werden durch den Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes die Unwägbarkeiten in der Kostenplanung für die Instandhaltung in erheblichem Maße in greifbare Aufwendungen überführt. Im Falle einer lokalisierten Fehlstelle ist nicht nur die Planung der Reparatur über einen größeren Zeitraum möglich, sondern oftmals auch der Verursacher zu ermitteln. Reparaturaufwendungen können in solchen Fällen an den Verursacher weitergegeben werden.

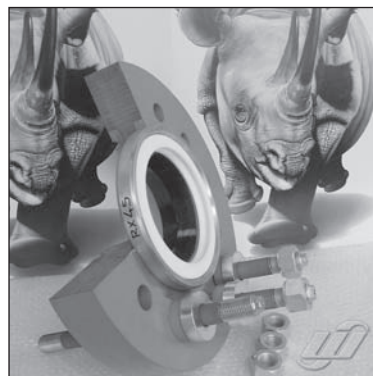
Weitere Kosteneinsparungen ergeben sich aufgrund der möglichen realistischen Bewertung des Leitungsnetzes. Die im Beitrag vorgestellte Bauteilbewertung am Beispiel einer Gashochdruckleitung zeigt die Vorteile einer solchen gezielten Rehabilitationsplanung. Die Planung von Maßnahmen beschränkt sich auf Leitungsteile, die tatsächlich einer

Reparatur bedürfen. Eine rein statistische Bewertung solcher Bauteile würde zwangsläufig zur Fehleinschätzung führen. Diese rein statistische Bewertung bleibt daher Leitungsnetzen aus Rohrwerkstoffen und Rohrausführungen vorbehalten, die diese Form einer zustandorientierten Instandhaltung nicht unterstützen.



INGENIEURBAU FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Mitglied im NACE, DVGW, VDI



ISO-Flansche für den KKS

- bis PN 500 für Flansche API 10000
- auch Einzelteile für die Nachrüstung
- Bolzenisolierung 2 mm, Glasflies und Kunstharz gewickelt
- Spezialkonstruktionen für alle Dichtflächen
- Fachbetrieb nach § 19 I WHG
- Zertifiziert nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG

Ingenieurbau für | Itagstraße 20 | Telefon: 051 41/2 11 25
Verfahrenstechnik | 29221 Celle | Telefax: 051 41/2 88 75
e-mail: info@suckut-vdi.de | www.suckut-vdi.de

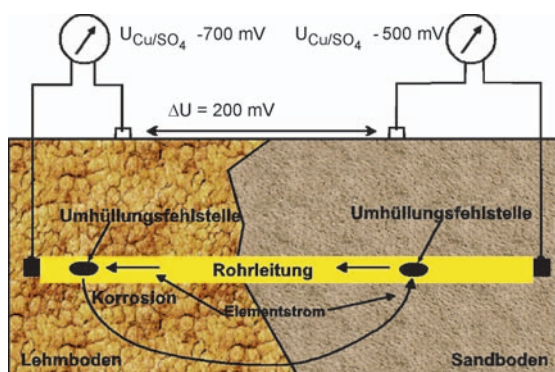


Bild 13: Elementbildung durch unterschiedliche Bodenbelüftung

Fig. 13: Cell formation as a result of locally differing soil aeration

Literatur

- [1] Niehues, B.: DVGW-Schadensstatistik Wasser: Ergebnisse aus den Jahren 1997 bis 2004, Energie Wasser Praxis (2006) Nr. 10, S. 18-23
- [2] Kocks, H.-J.: Die Spannungsrissbildung von Polyethylen, 3R internat. 45 (2006) Nr. 3-4, S. 135-142
- [3] Krietenbrink, H.; Kloth, R.: 100 Jahre Nutzungsdauer von PE-Rohrsystemen in der Wasserversorgung – Anspruch oder Realität?, 3R internat. 43 (2004) Nr. 10, S. 576-582
- [4] Schulte, U.; Hessel, J.: Restlebensdauer von Kunststoffrohren nach einer Betriebszeit von 41 Jahren, 3R internat. 45 (2006) Nr. 9, S. 482-485
- [5] Hessel, J.: 50 Jahre Rohre aus Polyethylen, 3R internat. 45 (2006) Nr. 3-4, S. 128-132

Autoren:

Hans Gaugler
Stadtwerke München

Tel. 49(0)89/2361-3600
E-Mail: gaugler.hans@swm.de

Dr. Hans-Jürgen Kocks
Mannesmann Fuchs Rohr GmbH,
Siegen

Tel. 49(0)271/6911-70
E-Mail: hans-juergen.kocks@mannesmann-fuchs.com

