

Instandhaltungskonzepte für Stahlleitungen und Stahlleitungsnetze

Pipelinemanagement ■ Die Instandhaltung ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für jeden Netzbetreiber ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor. Stahlrohrleitungen bieten heute in der Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz die Grundlage für die Anwendung einer zustandsorientierten Instandhaltungskonzeption. So können inzwischen die mit dem Netzzustand verknüpften Daten einer regelmäßig durchgeführten Überwachung durch den KKS-Fachmann, die objektbezogenen Dokumentationen, die Rohreinzeldaten des Herstellers sowie die geografische Position der Einzelrohre im Leitungsverlauf in einem System zusammengeführt werden. Diese heute realisierbare Form der Instandhaltung wird vor dem Hintergrund der früheren Konzeptionen näher beleuchtet.



Quelle: Salzgitter Mammesmann Line Pipe GmbH

Die Aufgaben der Instandhaltung lassen sich grob in die Bereiche Inspektion, Wartung und Instandsetzung unterteilen. Der Bereich der Instandsetzung umfasst die Reparatur, aber auch die Rehabilitation, d. h. das Sanieren und Erneuern von Leitungsabschnitten (Abb. 1). Es lassen sich drei verschiedene Instandhaltungsstrategien unterscheiden (Abb. 2). Eine nicht planbare Form der Instandhaltung ist die ausfallbedingte Instandhaltung. Da niemand weiß, wo und wann ein Reparatursatz erforderlich wird, ist zwangsläufig auch kaum eine vorausschauende Kostenplanung möglich. Diese Form der Instandhaltung hatte sich im Rohrleitungsbau bei Bauteilen durchgesetzt, die je nach Betriebsbedingungen keinem materialbedingten Abbau wie Flexibilitäts- oder Festigkeitsverlust unterliegen. Dazu zählen Rohre aus Beton, Steinzeug, Stahl oder Gussrohren. Zu den heute vielfach angestrebten planbaren Konzeptionen zählen die vorbeugende und die zustandsorientierte Instandhaltung. Während die vorbeugende Instandhaltung auf statistische Größen und Versagenswahrscheinlichkeiten baut, ist die zustandsorientierte Instandhaltung auf Messgrößen angewiesen, die über den Zustand einer Anlage Informationen liefert.

Die zustandsorientierte Instandhaltung findet heute aufgrund der damit verbundenen Ausnutzung der Leistungsreserven eines Bauteils in den Produktionsstätten der Industrie vermehrt

ihre Anwendung. Selbst im privaten Bereich hat die zustandsorientierte Instandhaltung inzwischen ihren Platz gefunden. Dazu zählt z. B. die in vielen Autos heute übliche Überwachung des Abnutzungsgrades von Bremsbelägen. Erreicht die Dicke der Bremsbeläge einen kritischen Grenzwert, zeigt eine Kontrollleuchte am Armaturenbrett an, dass die Beläge zu erneuern sind.

In der Versorgungswirtschaft können unter Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes mit vergleichsweise geringem Aufwand für die Leitungen und Leitungsnetze die Vorteile einer zustandsorientierten Instandhaltung ausgeschöpft werden. Die zustandsorientierte Form der Instandhaltung ist lt. VDI-Richtlinie 2888 dann gegeben, wenn permanent Messdaten über den Zustand eines Bauteiles im Zugriff sind [1]. Vielfach wird im Falle der Auswertung von Schadensdaten in Abhängigkeit von Bodenarten, Zustandsbewertungen durch Kamerabefahrungen usw. der Begriff einer zustandsorientierten Instandhaltung eher missverständlich genutzt. Derartige, letztlich in den Rehabilitationsplanungen eines Netzbetriebes als statistische Größen verarbeitete Bauteilinformationen sind, um bei dem oben genannten Beispiel einer Überwachung der Bremsklötze zu bleiben, mit der vierteljährlichen Demontage der Räder zur Kontrolle des Abnutzungsgrades zu vergleichen. Man kann dabei bspw. durch die zusätzliche Dokumentation der gefahrenen Kilometer auf der Autobahn oder in der Stadt sowie unter Berücksichtigung der sich in diesen Fällen ergebenden Abnutzung die Unsicherheiten in einer Nutzungsdauervorhersage sicher eingrenzen. Trotzdem entspricht diese Vorgehensweise letztlich einem vorbeugenden Instandhaltungskonzept. Der Aufwand für die Dokumentation und Auswertung solcher statistischen Daten sowie die erforderliche Absicherung der Ergebnisse am betroffenen Bauteil ist angesichts der bleibenden Unsicherheiten im Vergleich zu einer ggf. aus der Ferne ablesbaren Messtechnik unverhältnismäßig größer.

Im Falle der Rohrleitungen ist der kathodische Korrosionsschutz somit keinesfalls als ein für Stahlleitungsrohre unausweichlicher Mehraufwand zu be-

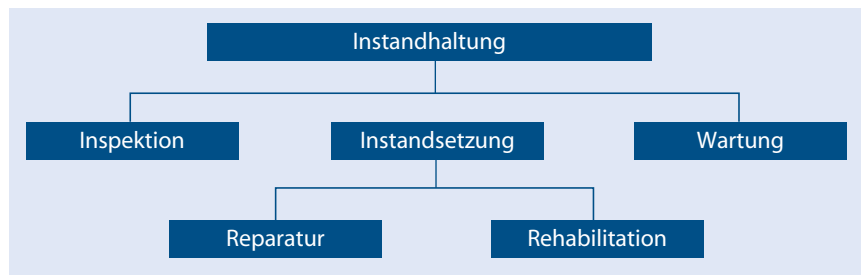


Abb. 1 Aufgabenstellungen der Instandhaltung eines Netzbetreibers

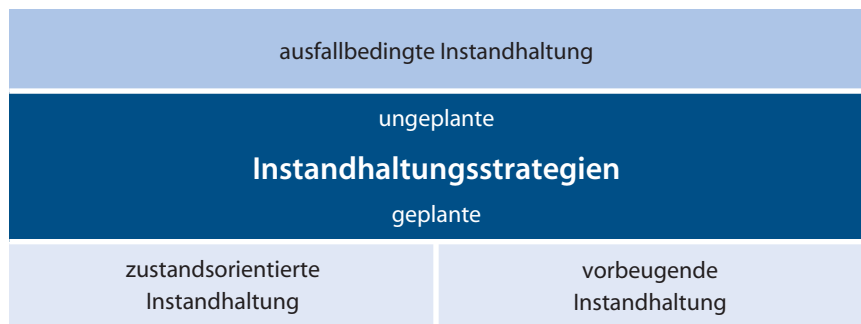


Abb. 2 Instandhaltungsstrategien

trachten, sondern richtig betrieben ein mächtiges Werkzeug für eine zustandsorientierte Instandhaltung [2]. Dem Netzbetreiber ermöglicht diese Technologie inzwischen die Anwendung eines softwaregestützten Pipelinemanagementsystems, das nicht nur alle Informationen von Leitungen und Leitungsnetzen zentral speichert, sondern aufgrund der zur Verfügung stehenden Messdaten aus der kathodischen Überwachung konkrete Handlungsempfehlungen ermöglicht.

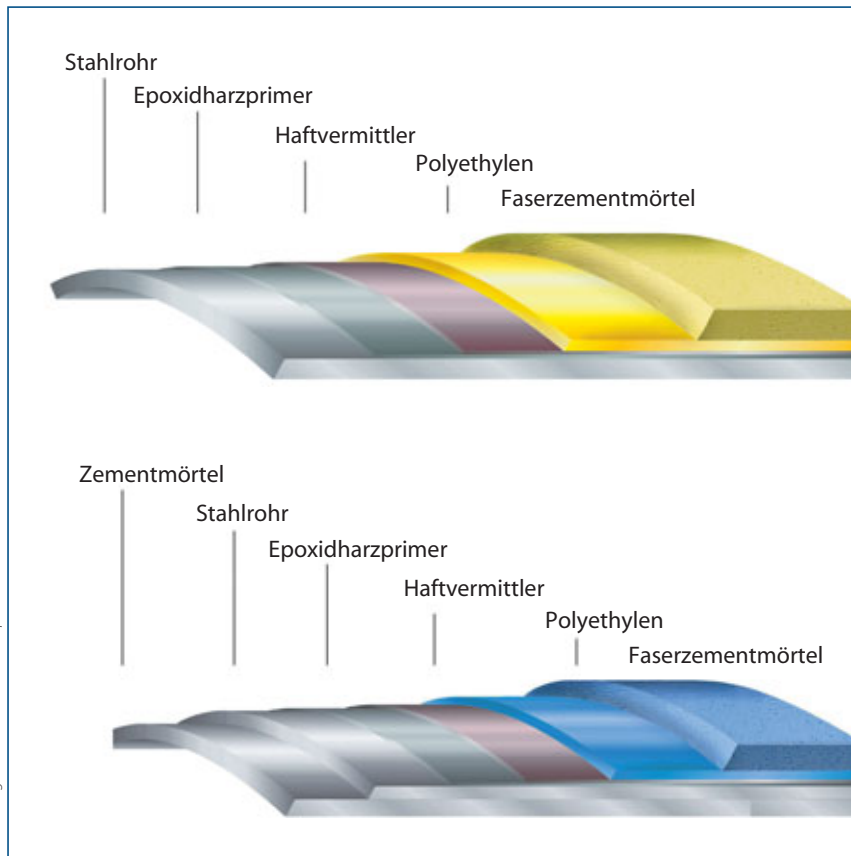
Die Entwicklung der Stahlrohre

In der mehr als 100-jährigen Historie ist unter dem Blickwinkel der Instandhaltung von Leitungen und Leitungsnetzen vor allem die Entwicklung vom Stahlrohr hin zum Stahlleitungsrohr zu berücksichtigen. Unter rohrstatischen Gesichtspunkten sind die Rohre in den Verteilungsnetzen beim Stahlleitungsrohr auch heute noch weitgehend überdimensioniert. Die Funktionalität wird maßgeblich über die Wanddickenreduzierung einer abtragenden Korrosion bestimmt. Schon sehr früh war bekannt, dass Bauteile aus Eisenwerkstoffen unter Umgebungsbedingungen einem Materialabtrag ausgesetzt sind. Beim Stahlrohr sind dabei historisch betrachtet zwei grundlegend unterschiedliche Konzepte in der Bauteilauslegung zu berücksichtigen:

- Die Korrosion wird in der Auslegung als systembedingter Faktor berücksichtigt und
- Beschichtungen werden zur Trennung von Umgebung und Grundmaterial eingesetzt.

Dementsprechend musste das Stahlrohr mit fehlendem oder unzureichendem Korrosionsschutz zwangsläufig bei der Wanddickenauslegung mit einem Korrosionszuschlag berechnet werden, der an die Umgebungsbedingungen auszurichten war, siehe z.B. [3]. Jedem Rohr wurde damit zwangsläufig eine planerische Nutzungsdauer mit auf dem Weg gegeben. Werden heute Schäden an solchen Rohren festgestellt, ist dies nicht ursächlich auf die in der Auslegung bereits zu berücksichtigende Korrosion, sondern auf die Überschreitung der mit dieser Auslegung verbundenen planerischen Nutzungsdauer zurückzuführen. Dieses Konzept wird im übertragenen Sinne heute bei Kunststoffrohren in gleicher Weise angewendet. Über die Arrheniusbeziehung wird der alterungsbedingte Festigkeitsabbau erfasst und in der Auslegung der Rohre berücksichtigt. Auch hier wird dem Rohr eine planerische Nutzungsdauer mit auf dem Weg gegeben. Die Überschreitung der planerischen Nutzungsdauer ist dabei keinesfalls als Nachlässigkeit zu werten, sondern ist im Falle einer ausfallorien-

Quelle: beide Abbildungen: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH



Quelle: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH

Abb. 3 Das Stahlrohr – ein Werkstoffverbund für erdverlegte Gas und Wasserleitungen

Kenndaten: Leitungen und Zubehör; Röhre und Rohrverbindungen W1 <input type="text"/> Kontroll-Nummer des WVU		Berichtsjahr <input type="text"/>	<input type="text"/> Name des Sachbearbeiters des WVU <input type="text"/> Telefon-Nr.				
Leitungslängen (km)	Anzahl der Schäden je Schadenskategorie						
	Fremdeinwirkungen	Bodenbewegungen	Korrosion	defekte Rohrverbindungen	Mängel an Leitungen und Zubehör	Sonstiges	Summe

Quelle: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH

Abb. 4 Auszug aus der Schadenserfassung zur Rehabilitationsplanung [5]

tierten Instandhaltung methodisch bedingt. Die Leitungen werden bis zum Versagen betrieben. Das Problem liegt in der Entscheidung, ob auftretende Schäden als Einzelfall oder als Anzeichen für eine globale Schädigung und damit als Versagen eines Leitungsabschnittes zu werten sind.

Das nunmehr schon seit mehreren Jahrzehnten hergestellte Stahlleitungsrohr ist im Gegensatz zur früheren Stahlrohrausführung ein Werkstoffverbundrohr (Abb. 3), das sich vom Stahlrohr in der Auslegung schon dadurch unterscheidet, dass lt. Regelwerk kein Korrosionszuschlag bei der Wanddickenauslegung zu berücksichtigen ist, siehe

z. B [4]. Korrosionsvorgänge sind hier nur im Falle äußerer Einwirkungen möglich, solange die üblicherweise als Dickschichtsysteme verwendeten Kunststoffmaterialien bzw. die Zementmörtelaukleidung im Wasserbereich ihre Barriereigenschaften nicht global verlieren. Unter den äußeren Einwirkungen sind dabei alle die Faktoren zusammengefasst, die letztlich mit der systemgebundenen Nutzungsdauer der Rohrausführung nichts zu tun haben, wie bspw. Fremdeinwirkungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Bodensetzungen usw. Unabhängig von der Bodenaggressivität wird der Schadenszeitpunkt in erster Linie durch den Zeitpunkt solcher Einwirkungen bestimmt, ein

Aspekt, der unabhängig vom eingesetzten Rohrwerkstoff statistisch nicht greifbar ist. Selbst im Falle einer möglichen Korrosionsrate von 1 mm/a, wie sie aufgrund einer Kombination aus aggressiven Böden und Fremdstrombeeinflussung denkbar wäre, ist die Frage des Zeitpunktes einer für die Korrosion erforderlichen Beschädigung bestimmend für das lokale Versagen. Hier liegt die wesentliche Schwäche der Schadenstatistiken, die heute im Sinne einer präventiven Instandhaltung zur Rehabilitationsplanung herangezogen werden.

Eine weitere Schwäche vieler Statistiken zur Nutzungsdauerbewertung ist die bei Röhren aus Eisenwerkstoffen übliche Verwendung der Korrosion als Schadensursache (Abb. 4). Die Korrosion ist eine Schadensart, die ursächlich auf Fremdeinwirkungen, Bodenbewegungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Materialfehler usw. zurückgeführt werden kann. Es ist unschwer zu erkennen, dass bei Aufnahme der Korrosion als Schadensursache in derart geführten Statistiken eine Bewertung der ausführungsgelungenen Nutzungsdauer für die Rehabilitationsplanung ausgeschlossen ist. Eine dazu erforderliche Trennung der durch äußere Einwirkung entstandenen Schäden von den ausführungsbewegungen und damit die Erfassung der zur Ermittlung einer theoretischen Nutzungsdauer relevanten Schadensmerkmale ist unter diesen Umständen gar nicht möglich.

Ein weiteres Problem ergibt sich, wenn wie im Falle der DVGW-Schadenstatistik verschiedene zugrunde liegende Bewertungszeiträume miteinander verwoben werden (Abb. 5). Eine solche Statistik wird dadurch nicht nur missverständlich. Die zwangsläufig mit dieser Art der Darstellung verbundene vergleichende Betrachtung zwischen den Rohrwerkstoffen ist unzulässig und ohne jede Aussagekraft. Am Beispiel der Zahlen in den Schadenstatistiken für Verteilungsleitungen aus den Jahren 1997 und 2003 soll dies verdeutlicht werden [6].

Abbildung 5 zeigt die übliche Darstellungsweise der DVGW Schadenstatistik aus den Jahren 1997 und 2003.

Bei dieser Form der Darstellung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Die Daten betreffen im Falle der Guss- und Stahlrohre einen Verlegezeitraum von mehr als 100 Jahren, während beim Kunststoffrohr nur etwa 50 Jahre Verlegeerfahrung vorliegen.
- Beim Gussrohr wird der technologische Fortschritt vom Grauguss zum duktilen Guss sauber getrennt. Selbst wenn nach der Einführung der duktilen Gussrohre Rohre aus Grauguss noch verlegt wurden, fallen diese zwangsläufig in die Kategorie der Rohre, die dem früheren Stand der Technik entsprechen.
- Beim Stahlrohr werden alle jemals gelieferten Ausführungen derzeit in eine Kategorie gefasst. Die Rohre, denen aufgrund des fehlenden oder unzureichenden Korrosionsschutzes über den Korrosionszuschlag eine Nutzungsdauer mit auf dem Weg gegeben wurde, müssen von den Ausführungen mit Dickbeschichtungen unterschieden werden.

Mit Blick auf die einhundertjährige Verlegehistorie ist ein Vergleich zwischen Guss- und Stahlrohren sicher möglich. Es darf dabei natürlich keine Trennung aufgrund technologischer Entwicklungen vorgenommen werden (Abb. 6). Ein Unterschied in Bezug auf die Schadenraten ist dabei im Rahmen statistischer Schwankungen kaum festzustellen.

Auch die Betrachtung der fünfzigjährigen Verlegehistorie ist mit Hilfe einiger globaler Überlegungen auf Basis des vorhandenen Datenbestandes möglich (Abb. 7). Dabei wird im Falle der Gussrohre wieder die technologische Trennung der Gussrohrausführungen vorgenommen. Kunststoffrohre können ebenfalls entsprechend den vorliegenden Daten berücksichtigt werden. Beim Stahlrohr liegen angesichts derart publizierter Statistiken offensichtlich keine Daten vor. Folgende Annahmen können aber sehr wohl auf Basis der Gussrohrdaten getroffen werden.

Die aktuelle Schadensrate der duktilen Gussrohre beinhaltet eine beträchtliche Zahl von Schäden, die auf den Verzicht eines ausreichenden Korrosionsschutzes

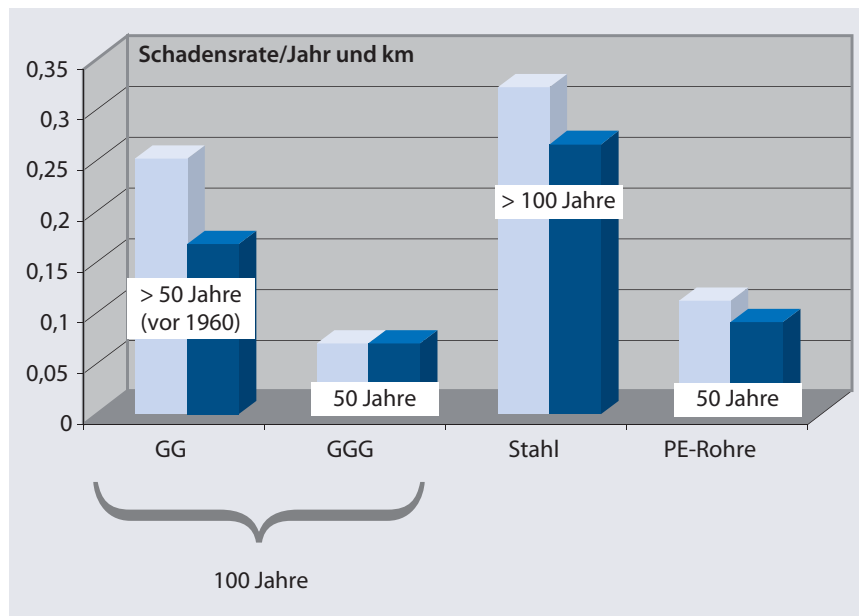


Abb. 5 DVGW-Schadenstatistik Wasser der Jahre 1997 und 2003 [6]

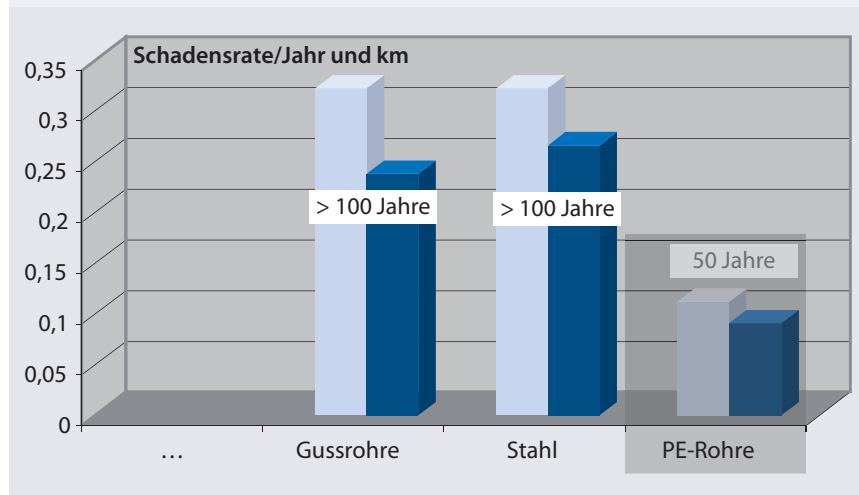


Abb. 6 DVGW-Schadenstatistik Wasser mit bereinigtem Bezugszeitraum > 100 Jahren

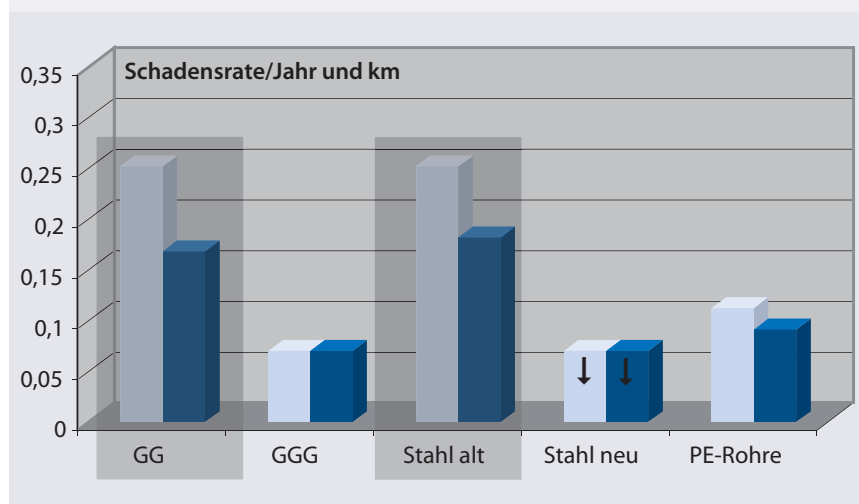


Abb. 7 DVGW-Schadenstatistik Wasser mit bereinigtem Bezugszeitraum von 50 Jahren

Quelle alle Abbildungen: Saizgitter Mannesmann Line Pipe GmbH

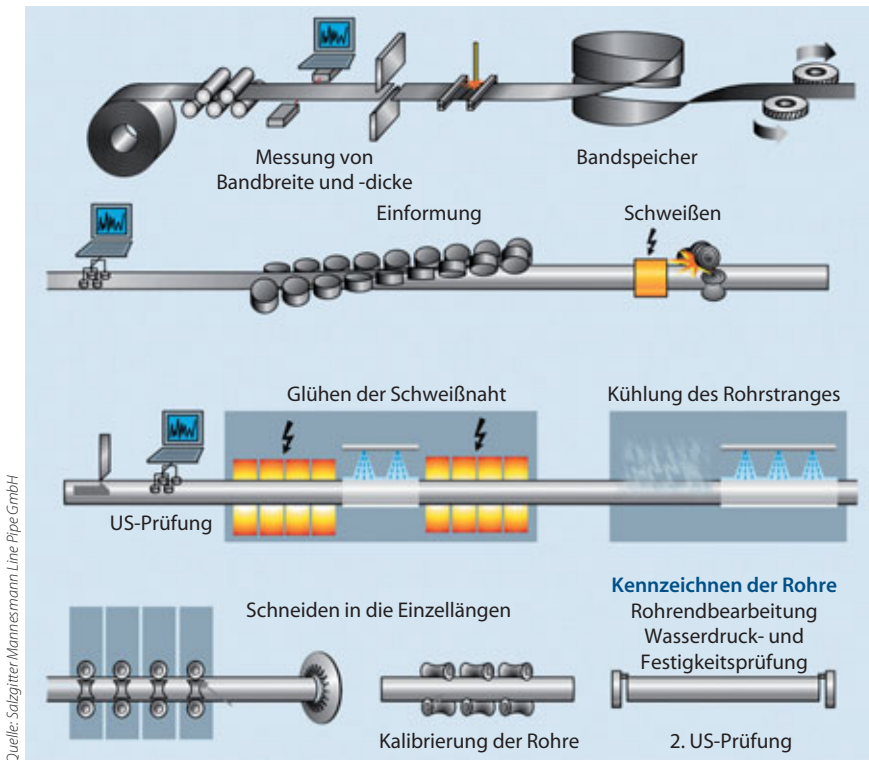


Abb. 8 Schematisierter Ablauf der Rohrproduktion bis zur Festlegung der Einzelrohridentität

in den 60er und Anfang der 70er Jahre zurückzuführen sind [7] [8]. Man war in dem Glauben, dass die duktilen Gussrohre wie die Graugussrohre keines weiteren Korrosionsschutzes bedürfen. Mit der Werkstoffmodifizierung vom Grauguss zum duktilen Gussrohr hatte jedoch der duktilere Werkstoff das gleiche Korrosionsverhalten angenommen wie das Stahlrohr. Entsprechend sind heute identische Korrosionsschutzmaßnahmen bei Guss- und Stahlleitungsrohren vorgesehen [9].

Das Korrosionsverhalten wurde beim Stahlleitungsrohr zu keiner Zeit unterschätzt. So gehören in den vergangenen 50 Jahren die Dickbeschichtungen (Zementmörtelauskleidungen, glasfaserverstärkte Bitumenummüllungen, PE-Umhüllungen) beim Stahlleitungsrohr zum „Stand der Technik“. Die Schadensrate beim Stahlleitungsrohr muss daher zwangsläufig im Vergleich zum Gussrohr kleiner ausfallen. Stahlrohrausführungen der ehemaligen DDR mit unzureichendem oder fehlendem Korrosionsschutz zählen zur älteren Kategorie und können die Statistik somit auch nicht verfälschen [10]. Des Weiteren wurden in den letzten 50 Jahren in der Versorgungswirtschaft das Stahl-

leitungsrohr überwiegend verschweißt, bzw. seit den 80er Jahren mit einer dem Gussrohr vergleichbaren Steckmuffenverbindung ausgestattet, so dass bspw. auch die von älteren Stahlrohrausführungen noch bekannte Stemmuffenproblematik zwangsläufig in die frühere Schadenskategorie fällt.

Werkstoffneutral betrachtet ergibt sich damit allerdings für Rohre aus Eisenwerkstoffen verglichen mit den Kunststoffrohren eine deutlich positivere Bilanz. Angesichts der Tatsache, dass 80 bis 90 % der Schäden in der Praxis auf äußere Einwirkungen zurückzuführen sind, ist die erhöhte Schadensrate aufgrund der geringeren Festigkeiten bei Kunststoffrohren auch plausibel. Der „Spitzhacke“ ist es einerlei, ob es sich um ein Rohr aus PE 63, PE 80 oder PE 100 handelt. Die neueren Generationen sind sogar stärker gefährdet, da die Wanddicken deutlich reduziert wurden. Wie auf Basis dieser Daten aus dem Verteilungsbereich der Wasserversorgungen Versuche zu rechtfertigen sind, Kunststoffrohre für nicht konventionelle Verlegeverfahren oder gar im Gashochdruckbereich einzusetzen, wäre bei korrekter Lesart dieser Statistik dringend zu hinterfragen, zumal Stahl-

leitungsrohre in sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen zusätzlich mit dem kathodischen Korrosionsschutz auszustatten sind.

In den 50er Jahren wurde der kathodische Korrosionsschutz entwickelt, der speziell im Falle der statistisch nicht wägbaren äußeren Einwirkungen bei Stahlrohrleitungen Abhilfe schafft und aus diesem Grunde mit dem entsprechenden Erfolg für sicherheitsrelevante Anwendungsbereiche vorgeschrieben ist. Die Korrosion als elektrochemischer Vorgang wird hier zum Vorteil, da diese von der Erdoberfläche aus messtechnisch erfasst und durch den Schutzstrom entsprechend beeinflusst werden kann. Fehlstellen können lokalisiert und der Materialabtrag in den freiliegenden Stahloberflächen solcher Fehlstellen auf ein vernachlässigbares Maß reduziert werden. Für eine Rehabilitationsplanung auf Basis solcher Daten ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der Werkstoff über eine ausreichende Festigkeit verfügt, äußeren Einwirkungen standzuhalten und die Festigkeit während des Betriebs keinem Abbau unterliegt. Darüber hinaus erlaubt der kathodische Korrosionsschutz im Falle einer Beschädigung eine mittel- oder gar längerfristige Planung von Reparaturmaßnahmen [11]. Heute besteht nicht nur die Möglichkeit, auf der Basis der nach Regelwerk durchzuführenden Überwachungsmessungen, sondern auch mit Hilfe der Datenfernübertragung den Zustand einer Leitung oder eines Leitungsnetzes zu erfassen [12].

Das WinKKS-Classic

Mit der Entwicklung des kathodischen Korrosionsschutzes für Stahlrohrleitungen wurde in den 50er Jahren die Grundlage für die zustandsorientierte Instandhaltung erdverlegter Rohrleitungen geschaffen. Mit Hilfe des kathodischen Korrosionsschutzes bestehen die Möglichkeiten einer Überwachung von Leitungen bzw. Leitungsnetzen und der exakten Lokalisierung von Fehlstellen. Da der kathodische Korrosionsschutz ein eigenständiges Korrosionsschutzverfahren darstellt, können im Falle lokaler Beschädigungen die Reparatur bzw. die Rehabilitationsmaßnahmen längerfristig geplant werden. Mit den neuen Entwicklungen im Bereich der

Fernwirk- und Fernüberwachungstechniken wurden die Möglichkeiten des kathodischen Korrosionsschutzes im Bereich der zustandsorientierten Instandhaltung deutlich erweitert [12]. Diese Vorteile des kathodischen Korrosionsschutzes sind wesentliche Gründe, warum heute dieses elektrochemische Schutzverfahren für alle Leitungen zum Transport grundwassergefährdender Medien bzw. für Gasleitungen über 4 bar generell vorgeschrieben ist.

Mit der Weiterentwicklung der messtechnischen Möglichkeiten in der berührungslosen Bewertung erdverlegter Anlagen wurde bereits früh über die Möglichkeit einer softwaregestützten Organisation der Aufgaben in den für den kathodischen Korrosionsschutz zuständigen Abteilungen der Netz- und Leitungsbetreiber nachgedacht [13]. Ein Ergebnis derartiger Überlegungen ist das WinKKS, das schwerpunktmäßig über alle Funktionen verfügt, die für den kathodischen Korrosionsschutz benötigt werden. Das Programm verfügt über die Möglichkeit, alle Stammdaten der zuvor definierten Leitungsabschnitte zu speichern. Innerhalb der KKS-Abteilungen wurden diese Leitungsabschnitte jedoch primär unter messtechnischen Gesichtspunkten wie Schutzabschnitte, Abschnitte zwischen zwei Isolierstücken usw. definiert. Auch hier waren schon wichtige Attribute hinterlegt, die letztlich auch für andere, im Netzbetrieb zuständige Abteilungen interessant sind. Dies sind z. B. Angaben über die Rohrgeometrie, wie Nennweite, Wandstärke, Länge oder Materialgüte und Lieferbedingungen. Weiterhin sind Angaben über das durchfließende Medium, den Betriebsdruck und die Umhüllung in der Datenbank gespeichert. Angaben über die Netztopologie und das optional mittels einer intelligenten Schnittstelle angebundene GIS machen den Leitungsabschnitt, der ggf. auch das einzelne Rohr betreffen kann, schon in der Ursprungsfassung des WinKKS zu einer „Smart-Pipe“.

Die Rohrnummer – Schlüssel für Rohrdaten

Jede einzelne Rohrnummer gibt am Ende des Produktionsablaufes Aufschluss über die Herkunft bzw. über die Eigenschaften des Vormaterials und die

chargenweise gewonnenen Prüfergebnisse auf dem Weg vom rohschwarzen Rohr bis zum fertigen Endprodukt. Der Prozess der Qualitätsüberwachung beim Leitungsbau beginnt somit bereits bei der Vormaterialherstellung für die Rohre, durchläuft die in den Normen und Lieferbedingungen vorgesehenen Prüfungen (z. B. Biege-, Zug-, Kerbschlagprüfung usw.) bis zur Endabnahme jedes einzelnen Rohres mit den vereinbarten Prüfzeugnissen durch die werkseigene Qualitätskontrolle oder Fremdadnehmer. In den Produktionen ist die Rückverfolgbarkeit vom Endprodukt bis zum Ausgangsmaterial sicherzustellen. So verbirgt sich hinter jeder Rohrnummer der Werdegang des Endproduktes.

HFI-längsnahtgeschweißte Stahlrohre werden aus Warmbreitband hergestellt. Aus der Stahlschmelze werden im Stahlwerk Endlosbrammen gegossen, die in Einzelbrammen getrennt im Walzwerk zum Warmbreitband verarbeitet werden. Die Anlieferung des Bandmaterials beim Rohrhersteller erfolgt in gewickelter Form als Coil. Zur Herstellung der Rohre wird ein Endlosband kontinuierlich zum Rohr eingeformt und verschweißt (Abb. 8). Nach der Trennung des dabei entstehenden endlosen Rohrstranges in die gewünschten Einzellängen erhält jedes Rohr seine Identität in Form der Rohrnummern.

Auch bei der Verlegung sind entsprechende Dokumentationen gefordert. Vorschläge für den Aufbau von Rohrbüchern sind beispielsweise im DVGW-Regelwerk beschrieben [14]. In diesen Rohrbüchern sind Angaben über den Verlegeprozess (z. B. Schweißnahtnummer, ausführender Schweißer und Umhüller sowie entsprechende Prüfverfahren) dokumentiert. Die ordnungsgemäße Ausführung wird durch TÜV-Zertifikate bescheinigt. Gerade bei der Verlegung lassen sich die Rohrnummern entsprechend ihrer Position im Trassenverlauf aufnehmen und ermöglichen so die durchgängige Zuordnung aller relevanten Daten. Dazu bietet sich der Einsatz von Barcodescannern an, die geografisch exakt im Trassenbereich die Position jedes einzelnen Rohres über die Rohrnummer erfassen und so die wesentliche Voraussetzung

für die Anwendung eines Pipelinemanagementsystems liefern. Die über die einzelne Rohrnummer realisierbare Dokumentation der Daten und Unterlagen bietet sich in Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz als permanent zugängliche Erfassungsmöglichkeit des Leitungszustandes für ein Pipelinemanagementsystem geradezu an.

WinKKS mit Erweiterung zum Pipelinemanagementsystem (PMS)

Das Anlagenmanagement bzw. der Rohrnetzbetreiber ist für Planung, Bau, und Instandhaltung der Leitungen bzw. Leitungsnetze verantwortlich. Hier werden eine Vielzahl von Daten und analogen Dokumenten vorgehalten, auf die im Bedarfsfall zurückgegriffen muss. Dies betrifft nicht nur das Datenmaterial aus Herstellung und Verlegung der Rohre. Nach Verlegung und Inbetriebnahme unterliegen die Leitungen einer kontinuierlichen Qualitätsüberwachung. Hierzu zählen: Begehungen, Befahrungen, das Befliegen, das Verfolgen von Meldungen und gegebenenfalls auch der Einsatz von intelligenten Molchen. Hinzu kommen die bereits erwähnten Einrichtungen zum aktiven Korrosionsschutz. Bei diesen Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung im Leitungsbetrieb fallen wiederum enorme Datenmengen sowohl in digitaler als auch in Papierform an. Es war naheliegend, die auf den KKS-Betrieb abgestimmte Programmstruktur des WinKKS durch entsprechende Erweiterungen zu einem Pipelinemanagementsystem zu optimieren und Ordnung in den Daten-Dschungel zu bringen, sodass im Bedarfsfall einer Störung oder eines Leitungsschadens alle notwendigen Informationen und Unterlagen in kürzester Zeit zur Verfügung stehen.

Wurde die Definition eines „Leitungsabschnittes“ beim WinKKS noch den Verantwortlichen für den KKS-Betrieb überlassen, so lässt sich im Falle des Pipelinemanagementsystems diese Hierarchie auf die Erfassung jedes einzelnen Rohres ausdehnen. Durch das Einscannen der Rohrnummern an der Baustelle werden alle gespeicherten aus dem Produktionsprozess stammenden Attribute zu jedem einzelnen Rohr

Quelle: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH/PRO.DV Software Engineering GmbH

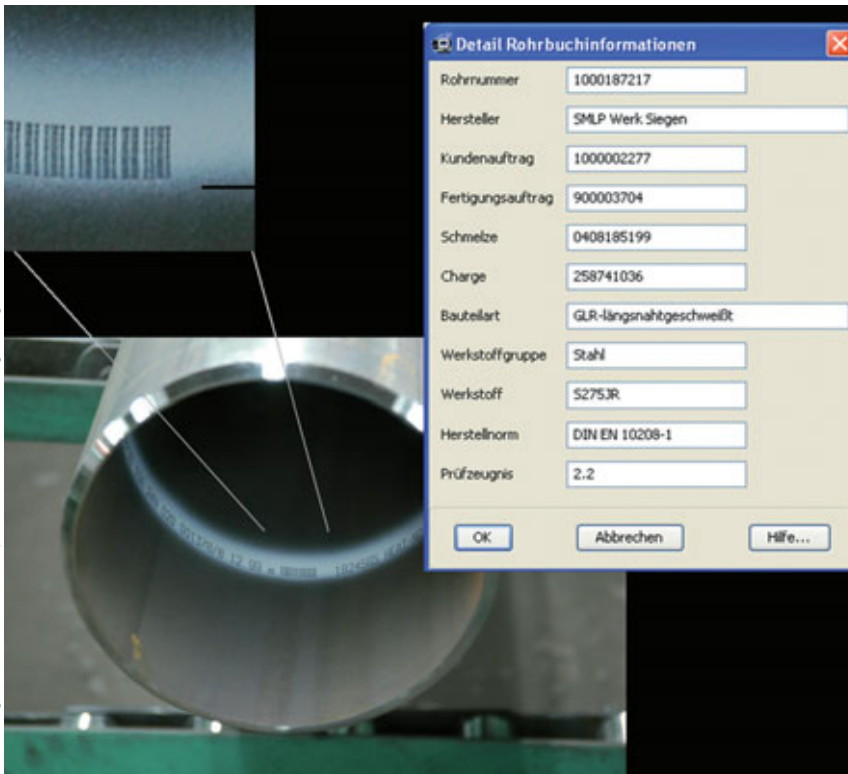


Abb. 9 Übernahme der Rohrdaten aus dem Barcode der Rohrkennzeichnung

für den gesamten Lebenszyklus archivierte. Neben der eindeutigen Rohrnummer sind dies z. B. Informationen über Hersteller, Auftrag, Schmelze, Charge, Bauteilart, Rohrgeometrien, Werkstoffgruppe usw. (Abb. 9).

Diese Informationen sind zum Teil in Form eines Rohretiketts als Barcode am Rohr selbst angebracht. Bei der Rohrverlegung kann der Barcode mit einem Scanner gelesen werden, sodass die Informationen mit der Verlegung der Rohre und ihrer Lage in der Örtlichkeit zusammengeführt werden. Diese Informationen werden in einer automatischen Prozesskette in die WinKKS-Datenbank überführt. Die Rohrattribute sind als „Detail Rohrbuchinformation“ abrufbar. Mit den Abfragemöglichkeiten, die das verwendete ORACLE-Datenbanksystem dem Anwender zur Verfügung stellt, können beliebige Rohrinformationen miteinander verknüpft und in Form von Listen dargestellt oder ausgedruckt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, weitere Dokumente, wie beispielsweise TÜV-Zertifikate aus dem Herstellungsprozess, die in Papierform vorliegen, als PDF-Dateien ebenfalls in der Datenbank abzulegen und mit den Rohrnummern zu vernüpfen.

So können beispielsweise auch für die Stressdruckprüfung alle Einzeldaten als K*S-Werte (Produkt aus Festigkeit und Wanddicke) zugeordnet werden. Zur Stressdruckprüfung ist eine der Topografie angepasste Verteilung der Rohre mit höheren und niedrigeren K*S-Werten erforderlich, so dass durch die Kombination der Rohrnummern mit den Geodaten über das WinKKS die Trassierung koordiniert bzw. kontrolliert werden kann. Im späteren Betrieb ist im Falle der Zugänglichkeit realer K*S-Werte beim Vorliegen einer Beschädigung mit Korrosionsabtrag zumindest für eine konservative Kalkulation der erforderlichen Restwanddicke die Bewertungsmöglichkeit gegeben.

Ein anderes Beispiel ist die Vereinfachung der Verfolgung von Dokumenten beim Netz- oder Leitungsbetreiber. Die Dokumentationspflicht erfordert einen nicht zu unterschätzenden Archivbestand an Daten und Unterlagen. Einerseits können die Rohrnummern mit allen relevanten Dokumenten verlinkt und ggf. auch die vom Hersteller stammenden Dokumente elektronisch im Werk abgerufen werden. Mit den vordefinierten Standardabfragen an die Datenbank werden den Entscheidungsträgern in den Unternehmen

Daten für Inspektionen, Reparaturen oder Ersatzmaßnahmen zur Verfügung gestellt. Die nunmehr zur Verfügung gestellte Funktionalität des erweiterten WinKKS stellt ein IT-Werkzeug dar, das viele Anforderungen im Sinne eines ganzheitlichen Assetmanagements für erdverlegte Stahlrohrleitungen und damit auch die Anforderungen an ein Pipelinemanagementsystem erfüllt.

Schlussfolgerungen

Das Stahlrohr verfügt aufgrund seiner mehr als 100-jährigen Historie nicht nur über die unterschiedlichsten Rohrausführungen, sondern unterlag auch den verschiedensten Strategien einer Instandhaltung bei den Betreibern. Über viele Jahrzehnte wurde die Instandhaltung ausfallorientiert betrieben. Inzwischen wird versucht, über statistische Methoden Nutzungsdaueraussagen zu gewinnen.

Die Bewertung von Alterungs- und Korrosionsvorgängen in den Leitungssystemen bedarf je nach Werkstoff und Rohrausführung allerdings einer sehr differenzierten Betrachtung. Bei Kunststoffen macht sich die Korrosion, die hier bevorzugt als Werkstoffalterung ausgewiesen wird, lange vor dem Abbau der Materialfestigkeit durch die Versprödung des Werkstoffes bemerkbar. Der Stein unter einer Kunststoffleitung wird im Falle der Versprödung des Werkstoffes zum Schaden führen [15]. Nur bei umsichtiger und spannungsfreier Bettung solcher Leitungen ist eine Nutzungsdauer auf Basis der Festigkeitsentwicklung kalkulierbar. Bei Rohren aus Eisenwerkstoffen sind materialabtragende Korrosionsformen zu berücksichtigen. Betrachten wir die Stahlleitungsrohrausführungen der letzten 50 Jahre, muss festgestellt werden, dass in diesem Zeitraum Dickbeschichtungen zum Stand der Technik zählen, die, solange der Korrosionsschutz nicht vollständig abgebaut ist, wie im Falle der Kunststoffrohre nur durch äußere Einwirkungen verletzt werden können. Unter den äußeren Einwirkungen sind dabei alle die Faktoren zusammengefasst, die letztlich mit der systemgebundenen Nutzungsdauer einer Rohrausführung nichts zu tun haben wie Fremdeinwirkungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Bodensetzungen usw.

Für die Bewertung der theoretischen Nutzungsdauer einer Rohrausführung sind Schäden durch äußere Einwirkungen statistisch nicht relevant. Eine Beschädigung kann bei der Rohrverlegung, sie kann jedoch auch erst nach 100-jährigem Betrieb einer Leitung entstehen. Auf diesen statistisch nicht greifbaren Schadensursachen beruhen jedoch immerhin 80 bis 90 % aller Schäden an Rohrleitungen. Dies ist ein wesentlicher Grund, warum ohne die wirksame Überwachung gerade dieser Form der Schäden, die Instandhaltung eines Versorgungsunternehmens bei allem Aufwand, der in die Bestimmung der ausführungsrelevanten Nutzungsdauer der Rohrwerkstoffe investiert wird, zum überwiegenden Teil immer ausfallorientiert bleiben wird.

Korrosionsuntersuchungen helfen unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse den Zeitpunkt einer Beschädigung und damit die mögliche Ursache zuzuordnen. Für eine Rehabilitationsplanung ist es dabei von wesentlicher Bedeutung, ob die Beschädigung aufgrund mangelnder Verlegesorgfalt oder bei späteren Aufgrabungen entstanden ist. Im ersten Fall handelt es sich möglicherweise um einen globaleren Schaden mit entsprechendem Erneuerungsbedarf, während im zweiten Fall nur eine punktuelle Schädigung vorliegt, die lediglich einer lokal begrenzten Reparatur bedarf.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird heute in der industriellen Praxis verstärkt auf eine zustandsorientierte Instandhaltung zurückgegriffen. Im Bereich der Versorgungswirtschaft ist im Gegensatz zu allen anderen Rohrwerkstoffen nur beim Stahlleitungsrohr eine derartige zustandsorientierte Instandhaltung für die Leitungen und Leitungsnetze realisierbar. Gerade die abnehmenden verfügbaren personellen Kapazitäten der Netzbetreiber für die an Bedeutung gewinnende Überwachung der Baustellen erfordern ein aussagekräftiges Instrument wie den kathodischen Korrosionsschutz für die Qualitätssicherung im Rohrleitungsbau. Die Vorteile des kathodischen Korrosionsschutzes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Qualitätssicherung im Rohrleitungsbau,
- Betriebssicherheit durch permanent zur Verfügung stehende Messdaten,
- Überwachung der Aktivitäten Dritter im Trassenbereich,
- Lokalisierung von Fehlstellen,
- langfristige Planung von Reparaturmaßnahmen und
- Zustandserfassung von Rohrleitung und Leitungsnetz.

Die mit den Messtechniken des kathodischen Korrosionsschutzes verbundenen Daten wurden bereits frühzeitig in einem Planungswerkzeug, dem WinKKS, übernommen und weiterverarbeitet. Das Programm ist in der Lage, auch zusätzliche manuell eingegebene Daten oder Dokumente zu verwalten. Es war daher nur ein kleiner Schritt, durch die Erfassung weiterer Daten ein Pipelinemanagementsystem zu generieren, das für alle im Netzbetrieb verantwortlichen Stellen Unterstützung bietet. Der wesentliche Vorteil dieses Planungswerkzeugs ist die Tatsache, dass dieses System nicht auf statistische, mit Wahrscheinlichkeiten behaftete Größen, sondern auf reale Messdaten zurückgreift. Das WinKKS steigert damit nicht nur die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Pipelinesystemen, sondern bietet aufgrund der zustandsorientierten Einzelrohrüberwachung und des damit verbundenen optimierten Nutzungsgrades der Leitungen auch erhebliche Einsparpotenziale. Unter betriebswirtschaftlichen Aspekten werden damit nicht nur die systembedingt vorliegenden Nutzungsdauerreserven des Stahlleitungsrohres durch die Minimierung der äußeren Einflüsse ausgeschöpft, sondern auch die organisatorischen Abläufe des Netzbetriebes unterstützt.

Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 2888; Zustandsorientierte Instandhaltung, Dezember 1999
- [2] Kocks, H.-J.; *Betrieb und Instandhaltung von Stahlrohrleitungen*, *gwf gas – erdgas* 143 (2004) S. 152-158
- [3] DIN 2413-1; *Stahlrohre – Berechnung der Wanddicke von Stahlrohren gegen Innendruck*, Ausgabe Oktober 1993 (zurückgezogen)
- [4] DIN 2460; *Stahlrohre für Wasserleitungen*, Ausgabe Februar 2006
- [5] DVGW Wasser Information Nr. 67; *DVGW-Schadenstatistik Wasser*, Dezember 2002
- [6] Niehues, B.; *DVGW-Schadenstatistik Wasser: Ergebnisse aus den Jahren 1997 bis 2004*, *ewp* (2006) H. 10, S. 18-22
- [7] Gockel, B.; Sattler, R.; *Erforderlicher Korrosionsschutz duktiler Gussrohre*, *gwf Wasser Abwasser* 126 (1985) H. 4, S. 180-181
- [8] Halter, O.; Mischo, M.; *Gussrohr-Innovation – Teil 2: Umstellung von klassischen auf zukunftsfähige Rohrwanddicken*, *ewp* (2010) H. 2 S. 18-23
- [9] DIN 30675-1/2; *Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen*, Ausgaben September 1992 bzw. April 1985
- [10] Roscher, H.; *Rehabilitation von Wasserversorgungsnetzen*, Vulkan Verlag 2009, 2. Aufl. (ISBN 978-3-8027-2850-1), S. 85
- [11] Gaugler, H.; Kocks, H.-J.; *Sinn und Unsinn von Nutzungsdauerstatistiken – Zustandsorientierte Instandhaltung kathodisch geschützter Rohrleitungen*, *3R international* 46 (2007) H. 6 S. 385-391
- [12] DVGW-Merkblatt GW 16; *Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) Erdverlegter Lagerbehälter und Rohrleitungen aus Stahl – Fernüberwachung*, Ausgabe Mai 2008
- [13] Fröhling, D.; *WinKKS – Das Führungssystem für den kathodischen Korrosionsschutz*, *3R international* 41 (2002) S. 338-341
- [14] DVGW Arbeitsblatt G 463; *Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Betriebsdruck größer als 16 bar – Errichtung*, Ausgabe Juli 2009 (Entwurf)
- [15] Kocks, H.-J.; *Die Korrosion von Polyethylen – Optimierungspotential der Polyethylenumhüllung von Stahlrohren*, *3R international* 47 (2008) H. 1-2, S. 79-85

Autoren:

Dr. Hans-Jürgen Kocks
 Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH
 In der Steinwiese 31
 57074 Siegen
 Tel.: 0271 691 170
 Fax: 0271 691 228
 E-Mail: hans-juergen.kocks@smlp.eu
 Internet: www.smlp.eu

Dipl.-Ing. Wolfgang Voß
 PRO DV Software Engineering GmbH
 Hauert 6
 44227 Dortmund
 Tel.: 0231 9792 324
 Fax: 0231 9792-303
 E-Mail: Wolfgang.Voss@prodv.de
 Internet: www.prodv.de

