

Das Rohr – Grundlage für ein rechnergestütztes Pipelinemanagementsystem

The pipe – the basis for a computer-assisted pipeline management system

Von Dr. H.-J. Kocks und W. Voß

Die Fragestellungen rund um die Bewertung der Nutzungsdauer erdverlegter Rohrleitungen haben in der Versorgungswirtschaft erhebliche Bedeutung erlangt. Rohrleitungen und Leitungsnetze aus Stahl bieten in der Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz eine wesentliche Grundlage für die Anwendung einer zustandsorientierten Instandhaltung. Durch die Verknüpfung von Messdaten des kathodischen Korrosionsschutzes mit den verfügbaren Rohrdaten und Dokumentationen entsteht die Basis für ein Pipelinemanagementsystem, das nicht mit Hilfe von statistischen Annahmen, sondern unter Nutzung objektbezogener realer Messdaten Planungshilfen bietet.

Questions concerning evaluation of the service-life of buried pipelines have attained considerable significance in the supply industry. In combination with cathodic corrosion protection, steel pipelines and piping systems provide a significant basis for the application of condition-orientated maintenance. Linking of the measured data supplied by the cathodic corrosion protection system with the available pipe data and documentation produces the basis for a pipeline management system which provides aids to planning based not on statistical assumptions, but instead on actual measured data for specific items of equipment in the system.

Einleitung

Rohrleitungen und Rohrleitungsnetze stellen äußerst komplexe Systeme dar, die höchsten Anforderungen an Verfügbarkeit und Betriebssicherheit unterliegen. Dieser Anspruch stellt entsprechend hohe Erwartungen an die Instandhaltung der Ver- oder Entsorgungsun-

ternehmen. 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 (**Bild 1**).

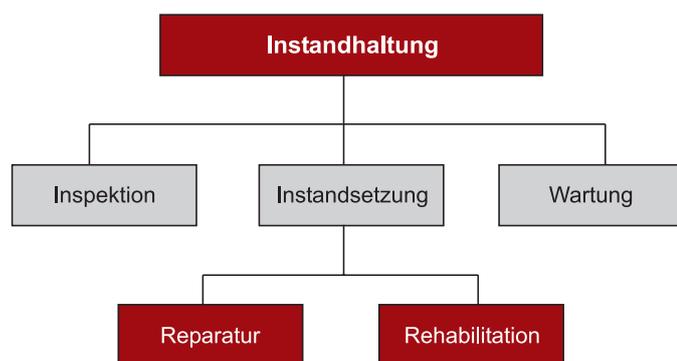


Bild 1: Aufgabenstellungen der Instandhaltung eines Versorgungsunternehmens
Fig. 1: The maintenance tasks for a supply utility

Es lassen sich drei verschiedene Instandhaltungsstrategien unterscheiden (**Bild 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 materialbedingtem 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 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 ge-



Bild 2: Instandhaltungsstrategien
Fig. 2: Maintenance strategies

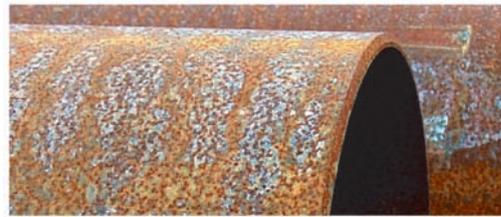
funden. Dazu zählt z. B. die in vielen Autos heute übliche Überwachung des Abnutzungsgrades von Bremsbelägen. Erreicht die Dicke der Bremsbeläge einen kritischen Grenzwert, zeigt eine Kontrollleuchte am Armaturenbrett an, dass die Beläge zu erneuern sind.

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 als statistische Größen verarbeitete Bauteilinformationen in den Rehabilitationsplanungen eines Netzbetriebes 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 und zählen daher eindeutig zu den vorbeugenden Maßnahmen. Man kann dabei sicher Beispielsweise 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 eingrenzen. Der Aufwand für die Dokumentation und Auswertung solcher statistischen Daten 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 betrachten, sondern richtig betrieben, ein mächtiges Werkzeug für die zustandsorientierte Instandhaltung [2]. Für ein Versorgungsunternehmen ermöglicht diese Technologie die Anwendung eines softwaregestützten Pipelinemanagementsystems, das nicht nur alle Informationen von Leitungsnetzen zentral speichert, sondern aufgrund der zur Verfügung stehenden Messdaten konkrete Handlungsempfehlungen ermöglicht. Der Aufbau eines solchen Planungswerkzeuges beginnt jedoch bereits beim Grundbaustein eines solchen Leitungsnetzes, dem Stahlrohr.

Das Stahlrohr

Wesentliche Voraussetzung für die Realisierung einer zustandsorientierten Form der Instandhaltung ist eine, auf diese Anwendung abgestimmte Rohrausführung (**Bild 3**). Nur durch die Wahl eines geeigneten Werkstoffverbundes kann diese Konzeption letztlich um-

„Stahlrohre“



Beispiel: Außenkorrosion

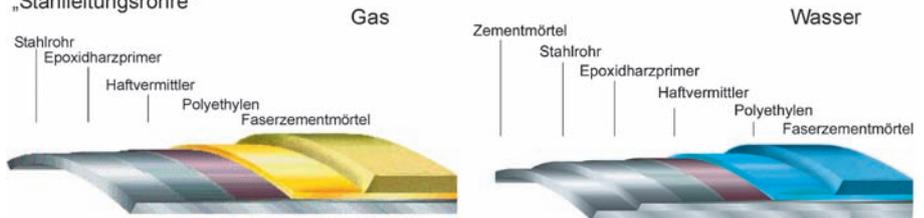


Beispiel: „Innenkorrosion“

Anwendung ohne oder mit unzureichender Korrosionsschutz

→ Wandickenauslegung unter Berücksichtigung von geplanter Nutzungsdauer und Korrosivität des Medium oder des Bodens

„Stahlleitungsrohre“



Werkstoffverbundsystem

→ Korrosion ist nur durch die Beschädigung des Werkstoffverbundes möglich

Bild 3: Unterscheidung Stahlrohr – Stahlleitungsrohr

Fig. 3: The differences between a steel pipe and a steel linepipe

gesetzt werden. Das Stahlrohr hat dabei als Bestandteil dieses Werkstoffverbundes nur noch statische Aufgaben zu erfüllen. Dementsprechend fehlt heute in der normgemäßen Auslegung solcher Verbundrohrsysteme die Forderung eines auf die Nutzungsdauer und die Korrosivität des Boden oder Transportmediums abgestimmten Wanddickenzuschlages für die Korrosion [3].

Im Falle des Werkstoffverbundes eines Stahlleitungsrohres sorgt im Standardfall die Schicht aus Polyethylen für einen hohen Umhüllungswiderstand. Diese Umhüllung kann durch eine Zementmörtelummantelung als mechanische Schutzmaßnahme ergänzt werden. Bei Wasserleitungsrohren sorgt die Zementmörtelauskleidung für den inneren Korrosionsschutz. Solange diese Dickschichtsysteme ihre Barriereigenschaften nicht global verlieren, sind Korrosionsvorgänge nur im Falle mangelnder Verlegesorgfalt oder Fremdeinwirkungen möglich. Mangelnde Verlegesorgfalt und Fremdeinwirkungen sind dabei nicht nur die wesentlichen Ursachen für das Versagen einer Rohrleitung, sie betreffen letztlich, je nach Festigkeit, mehr oder weniger alle Rohrleitungssysteme unabhängig vom eingesetzten Rohrwerkstoff. Der Vorteil der Stahlrohrausführung ist in der Tatsache zu sehen, dass diese statistisch nicht greifbaren Ereignisse aufgrund des damit verbundenen Abbaus des Umhüllungswiderstandes über den kathodischen Korrosionsschutz nicht nur messbar bzw. lokalisierbar, sondern auch beeinflussbar sind.

Für die Rehabilitationsplanung ist es von wesentlicher Bedeutung, dass der kathodische Korrosionsschutz einen eigenständigen Korrosionsschutz darstellt und damit im Falle einer Beschädigung noch ausreichend Zeit für eine mittel- oder gar längerfristig angelegte Planung von Reparaturmaßnahmen erlaubt [4]. Die Korrosion als elektrochemischer Vorgang ist in diesem Zusammenhang als Vorteil zu werten, da nur durch dieses Werkstoffverhalten des Stahls die Vorteile des kathodischen Korrosionsschutzes in Bezug auf eine zustandsorientierte Instandhaltung zur Geltung kommen.

WinKKS-Classic

Mit der Entwicklung des kathodischen Korrosionsschutzes für Stahlrohrleitungen wurde in den 1950er 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 die exakte Lokalisierung von Fehlstellen. Da der kathodische Korrosionsschutz ein eigenständiges Korrosionsschutzverfahren darstellt, können im Falle lokaler Beschädigungen Reparaturarbeiten oder auch Rehabilitationsmaßnahmen längerfristig geplant werden. Mit den neuen Entwicklungen im Bereich der Fernwirk- und Fernüberwachungstechniken wurden die Möglichkeiten des kathodischen Korrosionsschutzes im Bereich der zustandsorientierten

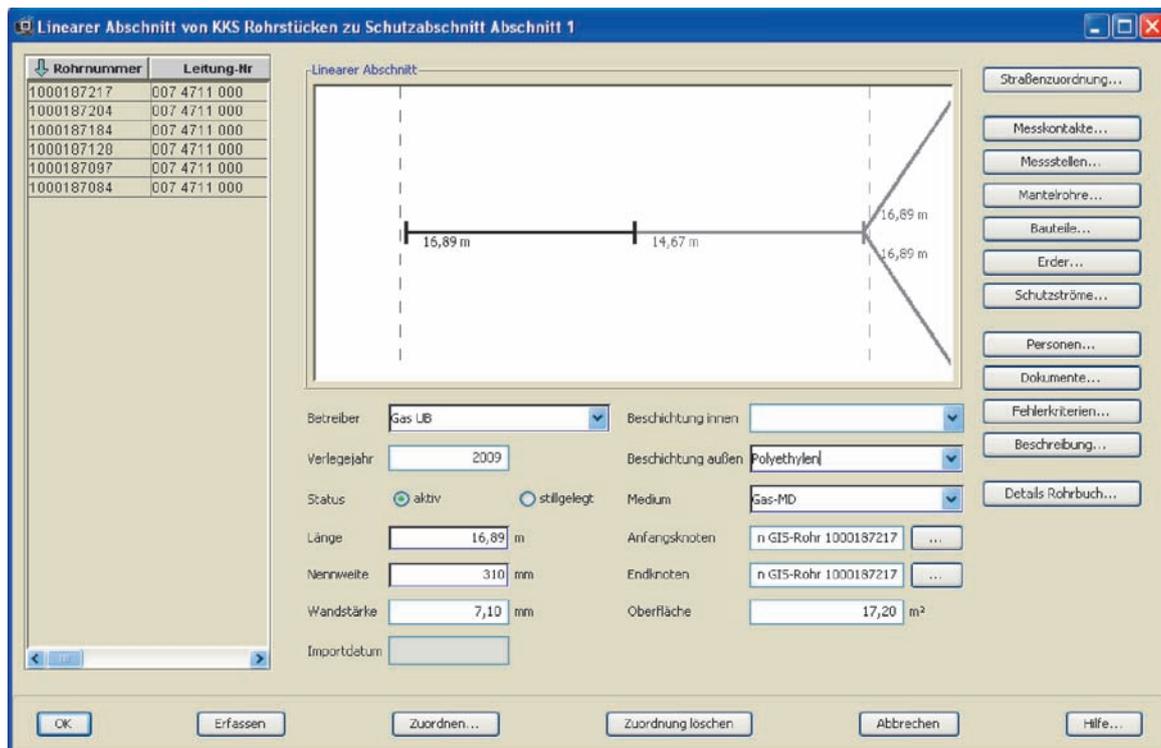


Bild 4: Darstellung eines Leitungsabschnittes zu einem Schutzobjekt

Fig. 4: View of a line section for a protected object

Instandhaltung deutlich erweitert [5]. Diese Vorteile des kathodischen Korrosionsschutzes sind wesentliche Gründe, warum heute dieses elektrochemische Schutzverfahren für alle Leitungen zum Transport Grundwasser gefährdender 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 [6]. 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“. **Bild 4** gibt einen Überblick über die standardmäßig gespeicherten Rohrinformationen.

WinKKS mit Erweiterung zum Pipeline Management System (PMS)

In den Versorgungsunternehmen ist der Rohrnetzbetrieb für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Leitungen bzw. Leitungsnetze verantwortlich. Hierfür werden eine Vielzahl von Daten und analogen Dokumenten vorgehalten, auf die im Bedarfsfall zurückgegriffen werden muss. Der Prozess der Qualitätsüberwachung beim Leitungsbau beginnt dabei 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 Rückverfolgbarkeit vom Endprodukt bis zum Ausgangsmaterial sicherzustellen. So verbirgt sich hinter jeder Rohrnummer üblicherweise der Werdegang des Endproduktes.

Auch bei der Verlegung sind entsprechende Dokumentationen gefordert. Vorschläge für den Aufbau von Rohrbüchern sind beispielsweise im DVGW-Regelwerk beschrieben [7]. In diesen Rohrbüchern sind Angaben über den Verlegeprozess (z. B. Schweißnahtnum-

mer, ausführender Schweißer und Umhüller sowie entsprechende Prüfverfahren) dokumentiert. Die ordnungsgemäße Ausführung wird durch TÜV-Zertifikate bescheinigt.

Nach der Inbetriebnahme unterliegen die Leitungen einer kontinuierlichen Qualitätsüberwachung. Hierzu zählen: Begehungen, Befahrungen, Befliegungen, das Verfolgen von Meldungen und bei großen Rohrdurchmessern gegebenenfalls 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, so dass 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 Einschannen der Rohrnummern an der Baustelle lassen sich alle gespeicherten aus dem Produktionsprozess stammenden Attribute zu jedem einzelnen Rohr für den gesamten Lebenszyklus archivieren. Neben der ein-

deutigen Rohrnummer sind dies z. B. Informationen über Hersteller, Auftrag, Schmelze, Charge, Bauteilart, Rohrgeometrien, Werkstoffgruppe usw. (Bild 5).

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, so dass 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 einzelnen Rohrnummern zu verknüpfen.

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 Pipelinemanagement erfüllt.

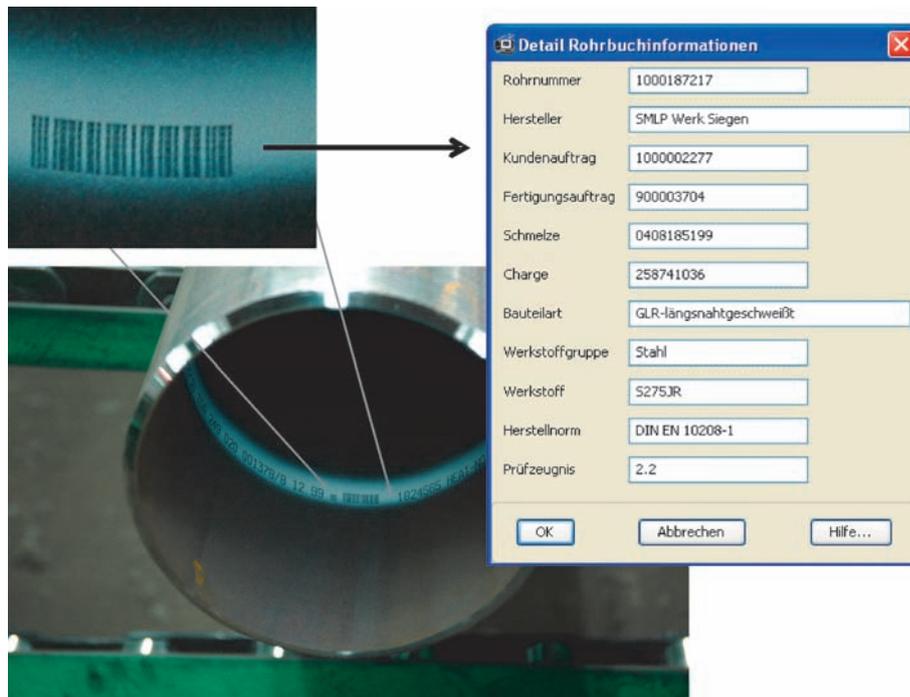


Bild 5: Übernahme der Rohrdaten aus dem Barcode der Rohrkennzeichnung

Fig. 5: Visual display of the pipe data read out from the barcode included in the pipe markings

Schlussfolgerungen

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 Stahlrohr eine derartige zustandsorientierte Instandhaltung für die Leitungen und Leitungsnetze realisierbar. Gerade die abnehmenden verfügbaren perso-

nellen 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

Stellenmarkt

Wir sind ein international agierendes Unternehmen auf dem Gebiet des Kathodischen Korrosionsschutzes von Rohrleitungen, Tankanlagen und Stahlbetonbauwerken. Mit Niederlassungen in Deutschland und Österreich zählen wir zu den führenden Anbietern der Branche.

Für unseren Standort in Süddeutschland suchen wir eine/n

Betriebsleiter/-in

Sie werden in enger Zusammenarbeit mit der Geschäftsleitung die operative Führung des Standorts übernehmen. Ihre Hauptaufgaben sind die eigenverantwortliche Projektierung von Kathodischen Korrosionsschutzanlagen, die Projektleitung sowie die Erstellung von technischen Dokumentationen. Weiteres sind Sie für die Sicherstellung der operativen Ziele des Standorts verantwortlich und übernehmen die Führung und Einsatzsteuerung des Personals. Die persönliche Beratung und Betreuung unserer Kunden gehört dabei ebenso zu Ihren Aufgaben wie die Neukundenakquisition, das Führen von Preisverhandlungen und die laufende Beobachtung des Marktes hinsichtlich neuer Produkte und Technologien.

Wir wenden uns an Damen und Herren mit elektrotechnischer Ausbildung und einem entsprechenden betriebswirtschaftlichen Hintergrund. Erfahrung und Kompetenz in der Führung eines technischen Betriebes setzen wir ebenso voraus wie eine hohe Reisebereitschaft, Fachkompetenz und einschlägige Berufserfahrung auf dem Gebiet des Kathodischen Korrosionsschutzes.

Wenn Sie Interesse an einer verantwortungsvollen Führungsaufgabe in unserer Unternehmensgruppe haben, dann senden Sie Ihre Bewerbungsunterlagen unter Angabe der **Chiffre-Nr. 01_3R_1-2/10** an Vulkan Verlag GmbH, Huyssenalle 52-56, 45128 Essen.

- Überwachung der Aktivitäten Dritter im Trassenbereich
- Lokalisierung von Fehlstellen
- Langfristige Planung von Reparaturmaßnahmen
- 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 war dabei 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, dass für alle im Netzbetrieb verantwortlichen Stellen Unterstützung bietet. Der wesentliche Vorteil dieses Planungswerkzeugs ist die Tatsache, dass dieses System nicht auf statistische, sondern 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 Stahlrohres durch die Minimierung der äußeren Einflüsse ausgeschöpft, sondern auch die organisatorischen Abläufe des Netzbetriebes unterstützt.

- [6] Fröhling, D.: WinKKS – Das Führungssystem für den kathodischen Korrosionsschutz, 3R internat. 41 (2002) S. 338-341
- [7] DVGW Arbeitsblatt G 463 (Entwurf) „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Betriebsdruck größer als 16 bar – Errichtung“ (2009-07)

Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 2888 „Zustandsorientierte Instandhaltung“ (1999-12)
- [2] Kocks, H.-J.: Betrieb und Instandhaltung von Stahlrohrleitungen, gwf Gas-Erdgas 143 (2004) S. 152-158
- [3] Kocks, H.-J.: Die Bedeutung des Stahlrohres in der Rehabilitation von Rohrleitungen; gwf Wasser-Abwasser 147 (2006) Nr. 1, S. 53-60
- [4] DVGW-Arbeitsblatt G 401 (Entwurf) „Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“ (2009-01)
- [5] DVGW-Merkblatt GW 16 „Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutzes“ (2002-02)

Autoren:

Dr. Hans-Jürgen Kocks
Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH, Siegen

Tel. +49 271 691 170
E-Mail: hans-juergen.kocks@smlp.eu



Dipl.-Ing. Wolfgang Voß
PRO DV Software Engineering GmbH, Dortmund

Tel. +49 231 9792 324
E-Mail: Wolfgang.Voss@prodv.de





**Im Rahmen der Fachmessen
AGFW Wärmetechnik 2010
und ENKON dezentral.**




Schirmherrschaft




Kooperationspartner




Treffpunkt der Branche

AGFW lädt ein zur Vortragstagung „Herausforderung: Energieeffizienz im Wärmemarkt“ 28.- 29. April 2010 | Messe Karlsruhe

28. April 2010, Eröffnung

- » politische Rahmenbedingungen
- » strategische Zukunftskonzepte
- » wissenschaftliche Erkenntnisse
- » Kundenbindung
- » Visionen

29. April 2010, Fachthemen in den Sektionen, :

- » Energiepolitik und Wärmewirtschaft
- » Recht und Europa
- » Marketing und Contracting
- » Technik und Normung
- » Forschung und Entwicklung
- » Organisations- und Arbeitssicherheit
- » Stadtentwicklung
- » KWK

**Preisverleihung
Architekturwettbewerb
„Energie-Bau-Werk“
am 28. April 2010!**

Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

+ Sie möchten mehr darüber erfahren?

Dann wählen Sie die +49 69 6304-1 oder senden Sie eine E-Mail an info@waermemesse.de.

Bereits heute vormerken!

© 2009 - Eine Kooperation des AGFW | Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. und der Energie & Management Verlagsgesellschaft mbH. www.eneff-messe.de