

# Instandhaltungsstrategien für Stahlleitungen und Stahlleitungsnetze

Hans-Jürgen Kocks, Wolfgang Voss

*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, die objektbezogenen Dokumentationen, die Rohreinzeldaten des Herstellers sowie die geographische Position der Einzelrohre im Leitungsverlauf in einem System zusammengeführt werden. Vor dem Hintergrund dieser sich heute bietenden Möglichkeiten für die Instandhaltung von Stahlleitungen und Stahlleitungsnetzen werden existierenden Konzepte vorgestellt und diskutiert.*

Die Aufgaben der Instandhaltung lassen sich 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 Instandhaltungsstrategien* unterscheiden:

- ausfallbedingte Instandhaltung
- zustandsorientierte Instandhaltung
- vorbeugende Instandhaltung

Eine nicht planbare Form der Instandhaltung ist die *ausfallbedingte* Instandhaltung. Diese

Form der Instandhaltung hatte sich im Rohrleitungsbau bei Bauteilen durchgesetzt, die je nach Betriebsbedingungen keinem materialbedingten Abbau wie Flexibilitäts- oder Festigkeitsverlust unterliegen, z.B. 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. Auch im privaten Bereich hat sie inzwischen ihren Platz gefunden: 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 laut der 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 sicher bspw. durch die zusätzliche Dokumentation der gefahrenen Kilometer sowie unter Berücksichtigung der sich ergebenden Abnutzung die Unsicherheiten in einer Nutzungsduavorehersage eingrenzen. Trotzdem entspricht diese Vorgehensweise letztlich einem vorbeugenden Instandhaltungskonzept. Der Aufwand für die Dokumentati-

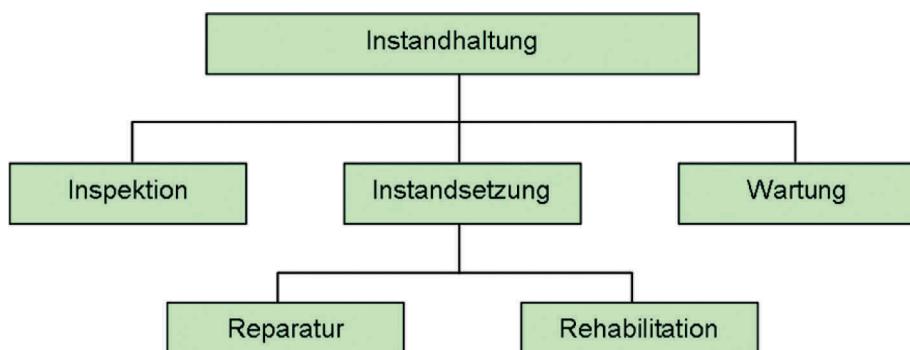


Abb. 1 Aufgabenstellungen der Instandhaltung eines Netzbetreibers.

on 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 betrachten, 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.

### Entwicklung der Stahlrohre

In der mehr als 100-jährigen Historie ist 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. Schon sehr früh war be-

kannt, 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
- *Dickbeschichtungen* werden zur Trennung von Umgebung und Grundmaterial eingesetzt. Die Korrosion ist für die Auslegung ohne Bedeutung.

Dementsprechend musste das Stahlrohr mit fehlendem oder unzureichendem Korrosionsschutz zwangsläufig bei der Wanddickenauslegung mit einem *Korrosionszuschlag* gerechnet werden, der an die Umgebungsbedingungen auszurichten war [3]. Jedem Rohr wurde damit zwangsläufig eine planerische Nutzungsdauer mit auf den 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 den Weg gegeben. Die Überschreitung der planerischen Nutzungsdauer ist dabei nicht als Nachlässigkeit zu werten, sondern ist im Falle einer ausfallorientierten 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 Stahlleitungsröhr ist ein *Werkstoffverbundrohr* (Abb. 2), das sich vom Stahlrohr in der Auslegung schon dadurch unterscheidet, dass laut Regelwerk kein Korrosionszuschlag bei der Wanddickenauslegung zu berücksichtigen ist [4]. Korrosionsvorgänge sind hier nur im Falle *äusserer Einwirkungen* möglich, solange die üblicherweise als Dickschichtsysteme verwendeten Kunststoffmaterialien bzw. die Zementmörtelauskleidung im Wasserbereich ihre Barriereeigenschaften 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. 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 Rohren aus Eisenwerkstoffen übliche *Einstufung* der

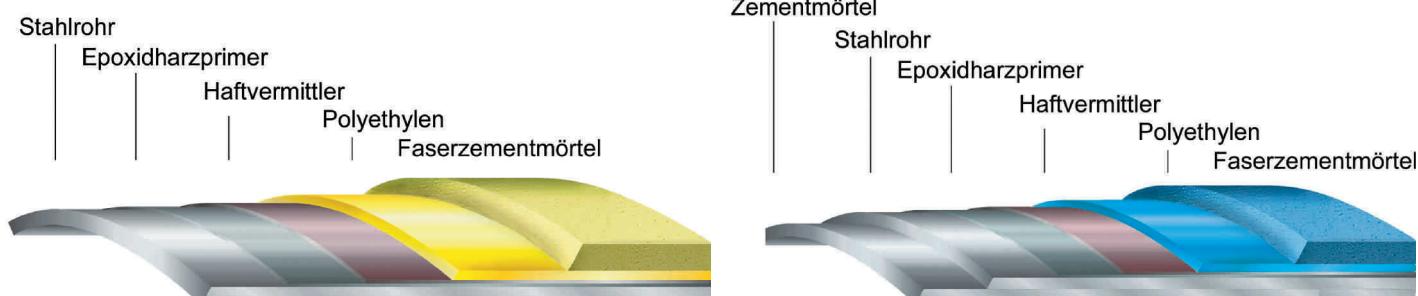


Abb. 2 Das Stahlrohr – ein Werkstoffverbund für erdverlegte Gas- und Wasserleitungen.

*Korrosion* als Schadensursache [5]. Die Korrosion ist ein Schadensbild, das heute ursächlich auf Fremdeinwirkungen, Bodenbewegungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Materialfehler usw. zurückgeführt werden kann. Die für eine systembedingte Nutzungsdauerbewertung erforderliche Trennung von Systemversagen und äusseren Einwirkungen ist in diesem Fall nicht möglich.

Ein weiteres Problem ergibt sich, wenn wie im Falle der DVGW-Schadenstatistik verschiedene zugrunde liegende *Bewertungszeiträume* miteinander verwoben werden. Abbildung 3 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, beim Kunststoffrohr liegen nur etwa 50 Jahre Verlegeerfahrung vor.
- Beim Gussrohr wird der technologische Fortschritt vom Grauguss zum duktilen Guss sauber getrennt.
- 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. 4). Da es sich in beiden Fällen um Eisenwerkstoffe handelt, die überdies in den früheren Jahren mit ähnlichen Verbindungstechniken (Stemmuffen, Schraubmuffen) ausgestattet wurden, ist es nur plausibel, dass sich ähnliche Schadensraten ergeben.

Auch die Betrachtung der *fünzigjährigen* Verlegehistorie ist mit Hilfe einiger globaler Überlegungen auf Basis des vorhandenen Datenbestandes möglich (Abb. 5). 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

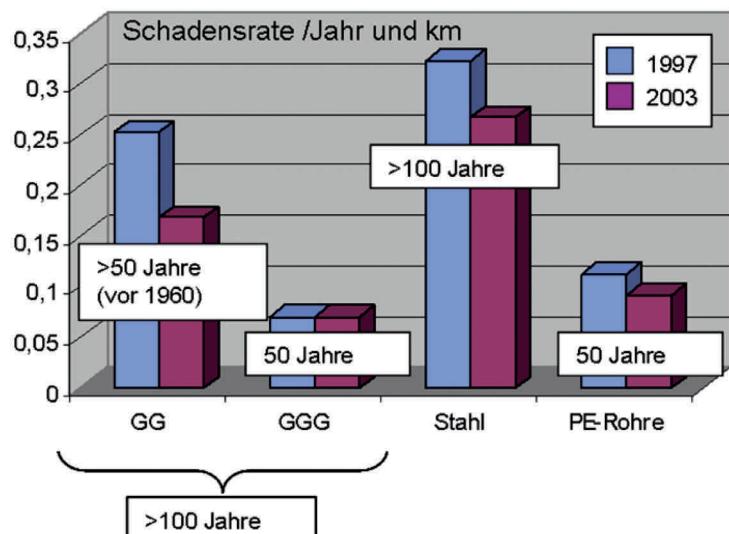


Abb. 3 DVGW-Schadenstatistik Wasser der Jahre 1997 und 2003 [6].

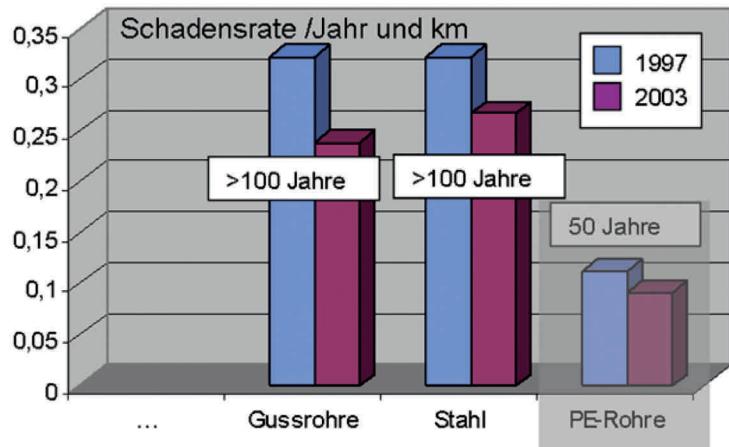


Abb. 4 DVGW-Schadenstatistik Wasser mit bereinigtem Bezugszeitraum > 100 Jahren.

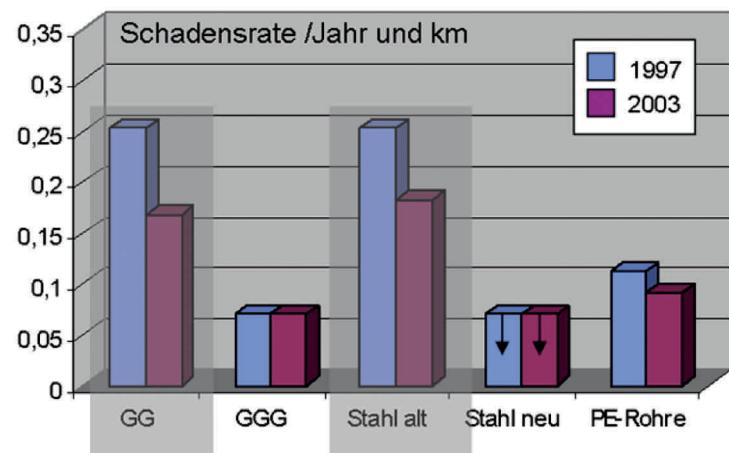


Abb. 5 DVGW-Schadenstatistik Wasser mit bereinigtem Bezugszeitraum von 50 Jahren.

Gussrohrdaten getroffen werden. Die *aktuelle Schadensrate* der duktilen Gussrohre beinhaltet eine beträchtliche Zahl von Schäden, die auf den Verzicht eines ausreichenden Korrosionsschutzes in den 60er- und Anfang der 70er-Jahre zurückzuführen sind [7, 8]. Man war in dem Glauben, dass die duktilen Gussrohre wie die Graugussrohre keinen weiteren Korrosionsschutzes benötigen. Mit der Werkstoffmodifizierung vom Grauguss zum duktilen Gussrohr hatte jedoch der duktile 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 Bitumenumhüllungen, PE-Umhüllungen) beim Stahlleitungsrohr zum «Stand der Technik». In den letzten 50 Jahren wurde in der Versorgungswirtschaft das Stahlleitungsrohr 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. Tendenziell muss daher die Schadensrate bei den Stahlrohrausführungen der letzten 50 Jahre niedriger ausfallen als beim duktilen Gussrohr.

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. Die neueren Generationen sind stärker gefährdet, da die Wanddicken deutlich reduziert wurden.

### **Das WinKKS**

Mit der Entwicklung des *kathodischen Korrosionsschutzes* für Stahlrohrleitungen wurde in den 50er-Jahren die Grundlage für die zustandsorientierte Instandhaltung erdverlegter Rohrleitungen geschaffen. Die Überwachung von Leitungen bzw. Leitungsnetzen und die exakte Lokalisierung von Fehlstellen sind dadurch möglich. Da der kathodische Korrosionsschutz ein eigenständiges Korrosionsschutzverfahren ist, 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 [10]. 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 eine softwaregestützten Organisation der Aufgaben in den für den kathodischen Korrosionsschutz zuständigen Abteilungen der Netzbetreiber nachgedacht [11]. Ein Ergebnis derartiger Überlegungen ist das WinKKS,

das schwerpunktmässig über alle Funktionen verfügt, die für den kathodischen Korrosionsschutz benötigt werden. Das Programm kann alle Stammdaten der zuvor definierten Leitungsabschnitte speichern.

Innerhalb der KKS-Abteilungen wurden diese Leitungsabschnitte jedoch 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**

Für die Verknüpfung der in einem Organisationstool wie dem WINKKS hinterlegten Leitungsinformationen mit weiteren verfügbaren Daten über verwendete Rohrmaterialien bietet sich die Rohrnummer an. Jede einzelne Rohrnummer gibt Aufschluss über die Herkunft bzw. über die Eigenschaften des Vormaterials und die chargenweise gewonnenen Prüfergebnisse auf dem Weg vom roh schwarzem 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) bis zur Endabnahme jedes einzelnen Rohres mit den vereinbarten Prüfzeugnissen durch die werkseigene Qualitätskontrolle oder Fremdabnehmer. 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

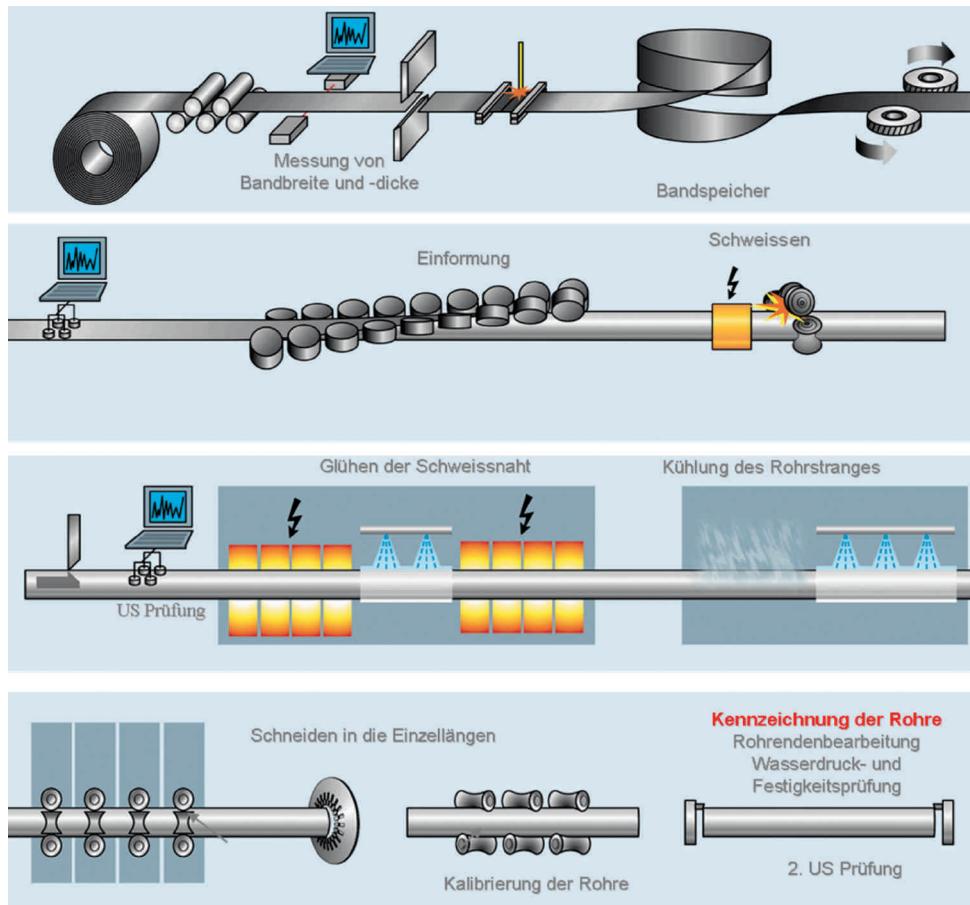


Abb. 6 Schematisierter Ablauf der Rohrproduktion bis zur Festlegung der Einzelrohridentität.

gewickelter Form als *Coil*. Zur Herstellung der Rohre wird ein *Endlosband* kontinuierlich zum Rohr eingeförmert und verschweisst (Abb. 6). Nach der Trennung des dabei entstehenden endlosen Rohrstranges in die gewünschten Einzellängen erhält jedes Rohr seine Identität in Form der Rohrnummern.

Diese Rohrnummern sind später an den Baustellen bei der Verlegung in den dazu erforderlichen Dokumentationen wiederzufinden. Vorschläge für den Aufbau von Rohrbüchern sind beispielsweise im DVGW-Regelwerk beschrieben [12]. 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 geo-

graphisch 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 Leitzustandes für ein Pipelinemanagementsystem geradezu an.

#### Pipelinemanagementsystem

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 Bedarfs-

fall zurückgegriffen werden 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 eines Planungswerkzeugs wie das WinKKS durch entsprechende Erweiterungen zu einem Pipelinemanagementsystem (PMS) 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 «Leitzustandes» 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 Einstellen der Rohrnummern an der Baustelle werden alle gespeicherten aus dem Produktionsprozess stammenden Attribute zu jedem einzelnen Rohr für den gesamten Lebenszyklus archiviert. Neben der eindeutigen Rohrnummer sind dies z.B. Informationen über Hersteller, Auftrag, Schmelze, Charge, Bauteilart, Rohrgeometrien, Werkstoffgruppe usw. (Abb. 7). 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 im Falle des WinKKS in einer automatischen Prozesskette in die 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 verknüpfen.

So können beispielsweise auch für die Stressdruckprüfung alle Einzel-

daten als K\*S-Werte (Produkt aus Festigkeit und Wanddicke) zugeordnet werden. Zur Stressdruckprüfung ist eine der Topographie angepasste Verteilung der Rohre mit höheren und niedrigeren K\*S-Werten erforderlich, so dass durch die Kombination der Rohrnummern mit Geodaten die Trassierung koordiniert bzw. kontrolliert werden kann.

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. Die Rohrnummern können mit allen relevanten Dokumenten systemintern miteinander verlinkt oder aber die vom Hersteller verfügbaren Dokumente auf Basis der Rohrnummer 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.

### Schlussfolgerungen

Die Bewertung von Alterungs- und Korrosionsvorgängen in den Leitungsnetzen bedarf je nach Werkstoff und Rohrausführung einer sehr differenzierten Betrachtung. Bei Kunststoffen beschränken sich bisher die statistischen Methoden auf die Bewertung der Festigkeitsentwicklung in den Zeitstandsinndruckversuchen. Die Korrosion, die hier bevorzugt als Werkstoffalterung ausgewiesen wird, macht sich jedoch lange vor dem Abbau der Materialfestigkeit durch die Versprödung des Werkstoffes bemerkbar. Der Stein unter einer Kunststoffleitung wird vor allem im Falle einer Werkstoffversprödung zum Schaden führen [13]. Die Nutzungsdauerbewertung auf Basis derzeit existierender Regelwerke scheitert aufgrund der fehlenden Methodik, Schäden durch äußere Einwirkungen, wie beispielsweise Fremdeinwirkungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Bodensetzungen von den alterungsbedingten bzw. durch Versprödung verursachten Schäden abzugrenzen. Die zu meist als Schäden durch Fremdeinwirkung und Verlegefehler deklarierten Vorfälle fehlen in den Nutzungsdauerstatistiken, sodass die Instandhaltung hier derzeit praktisch ausfallorientiert betrieben wird.

Für die Bewertung der theoretischen Nutzungsdauer einer Stahlrohrausführung 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 diese statistisch nicht greifbaren Schadensursachen beruhen derzeit immerhin 80 bis 90% aller Schäden an Rohrleitungen. Auch dies ist ein wesentlicher Grund, warum ohne eine wirksame Überwachung bzw. Zustandsbewertung die Instandhaltung eines Versorgungsunternehmens bei allem Aufwand, der in die Bestimmung einer ausführungsrelevanten Nutzungsdauer der Rohrwerkstoffe investiert wird, zum überwiegenden Teil immer ausfallorientiert bleiben wird. Bei Rohren aus Eisenwerkstoffen sind materialabtragende Korrosionsformen zu berücksichtigen. Diese mussten in der Vergangenheit bei schlecht oder nicht korrosionssgeschützten Leitungen aus Eisenwerkstoffen in der Auslegung berücksichtigt werden. Heute betriebene Leitungen dieser Kategorie haben in der Re-

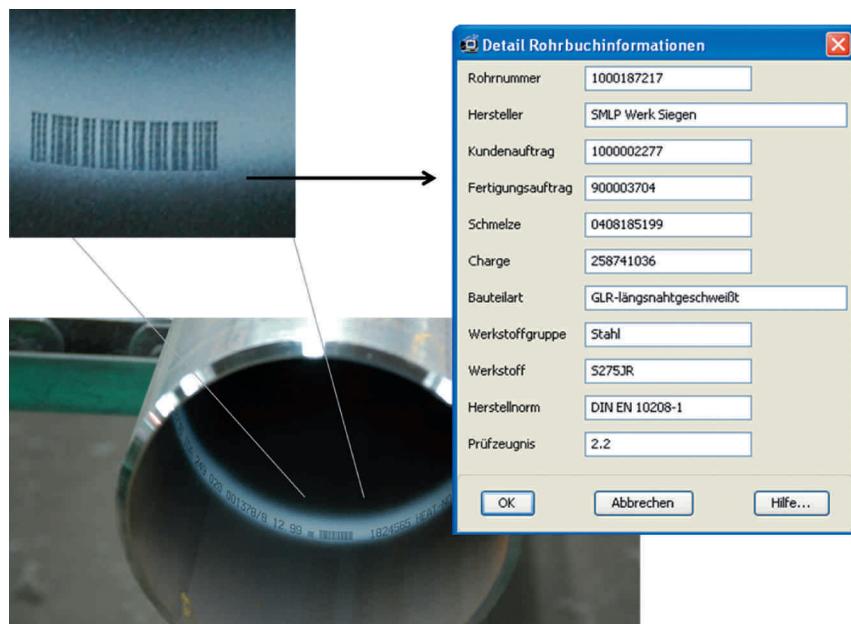


Abb. 7 Übernahme der Rohrdaten aus dem Barcode der Rohrkennzeichnung.

gel die ursprünglich geplante Nutzungsdauer weit überschritten. Bei diesen Leitungen ist eine statistische Bewertung auf Basis der Zustandsdaten wie Wanddicken, Korrosionsformen und Umgebungsdaten wie Bodenarten und Verkehrslasten zugänglich.

Betrachtet man 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, nur durch äussere Einwirkungen verletzt werden können. Korrosionsuntersuchungen helfen hier, unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse den Zeitpunkt einer Beschädigung und damit ggf. einer Schadensursache 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 eine *punktuelle Schädigung* vorliegt, die lediglich einer lokal begrenzten Reparatur bedarf. Die dazu erforderliche Zustandserfassung ist im Falle notwendiger Aufgrabungen z. B. bei der Einbindung von Hausanschlüssen vorsehen und ermöglicht so die Umsetzung eines präventiven Instandhaltungskonzeptes.

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 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Qualitätssicherung im Rohrleitungsbau
- Betriebssicherheit durch permanent zur Verfügung stehende Messdaten
- Überwachung 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 werden vielfach schon in Planungswerkzeugen wie dem WinKKS übernommen und weiterverarbeitet. Solche Programme sind in der

Lage, auch zusätzliche manuell eingegebene Daten oder Dokumente zu verwalten. Es ist daher nur ein kleiner Schritt, durch die Erfassung weiterer Daten ein PMS zu generieren, das für alle im Netzbetrieb verantwortlichen Stellen Unterstützung bietet.

Der wesentliche Vorteil einer auf den kathodischen Korrosionsschutz basierenden Planungsgrundlage ist die Tatsache, dass dieses System nicht auf statistische, mit Wahrscheinlichkeiten behaftete Größen, sondern auf reale Messdaten zurückgreift. Die erfassten Zustandsdaten informieren frühzeitig über Beschädigung und erlauben auch ohne Versorgungsausfall eine mittel- oder längerfristige Planung von Abhilfemaßnahmen. Eine solche Planungsgrundlage 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. Unmittelbar spürbare Einsparpotenziale für die Instandhaltung ergeben sich dabei schon aufgrund der Tatsache, dass nur Leitungsabschnitte repariert bzw. saniert werden, die auch tatsächlich einer solchen Massnahme bedürfen. Unter betriebswirtschaftlichen Aspekten werden die systembedingt vorliegenden Nutzungsdauerreserven des Stahlleitungsrohrs durch die Minimierung der äusseren Einflüsse ausgeschöpft. Die Verlängerung der planerischen Nutzungsdauer ermöglicht niedrigere Abschreibungsrationen für die Rohrleitungen und Leitungsnetze und damit in Kombination mit den Einsparpotenzialen eine Gewinnoptimierung für den Netzbetreiber.

## Literaturverzeichnis

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

## Autoren

Hans-Jürgen Kocks, Dr.  
Salzgitter Mannesmann  
Line Pipe GmbH  
In der Steinwiese 31  
D-57074 Siegen  
Tel. +49 (0)271 691 170  
hans-juergen.kocks@smlp.eu  
www.smlp.eu

Wolfgang Voss, Dipl.-Ing.  
PRO DV  
Software Engineering GmbH  
Hauert 6, D-44227 Dortmund  
Tel. +49 (0)231 9792 324  
wolfgang.voss@prodv.de  
www.prodv.de