

Betrieb und Instandhaltung von Stahlrohrleitungen

Hans-Jürgen Kocks

Rohrnetz, Stahlrohre, Instandhaltung, kathodischer Korrosionsschutz, Schadenstatistiken

Die Instandhaltung ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für jedes Versorgungsunternehmen ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor. Der Aufwand und damit die zu erwartenden Kosten für den Betrieb und die Instandhaltung einer Rohrleitung oder eines Leitungsnetzes werden maßgeblich bereits in der Planungsphase festgelegt. So sollten sich die Versorgungsunternehmen nicht nur auf die Kosten für Material und Verlegung mit einem diesbezüglichen Benchmarking beschränken, sondern auch die sich aus der Werkstoffauswahl ergebenden Konsequenzen für den späteren Betrieb entsprechend würdigen und berücksichtigen. Zu erdverlegten Rohrleitungen gibt es entsprechend den verschiedenen Rohrausführungen für jeden Anwendungsfall eine optimale Instandhaltungsstrategie. Die angewandten Instandhaltungsstrategien werden in diesem Beitrag mit Blick auf den Anwendungsbereich der Stahlrohre diskutiert.

Maintenance, from an economic point of view, represents a cost factor for all utility companies that must not be underestimated. The expense and thus the costs to be expected for operating and maintaining a pipeline or a pipeline system are substantially determined as early as the planning stage. Utility companies, therefore, should not restrict themselves by benchmarking only the costs for material and construction but also consider and make appropriate allowance for the consequences entailed for subsequent operations by the choice of material. With steel line pipe, the very diverse types available allow an optimum maintenance strategy for each application. The maintenance strategies employed are discussed in this contribution as they apply to steel pipe application areas.

1. Einleitung

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 Entsorgungsunternehmen. Die Aufgaben der Instandhaltung lassen sich grob in die Bereiche Inspektion, Wartung und Instandsetzung unterteilen [1]. Der Bereich der Instandsetzung umfasst die Reparatur, aber auch die Rehabilitation, d.h. das Sanieren und Erneuern von Leitungsabschnitten (Bild 1).

Bereits während der Planung werden Aufwand und damit auch zwangsläufig die Kosten für eine spätere Instandhaltung wesentlich beeinflusst [2]. So zeigt beispielsweise die 1999 publizierte DVGW-Studie über die Einsparpotentiale in der Wasserversorgung, dass der Verlängerung der Nutzungsdauer von Rohrleitungen durch Rehabilitationsmaßnahmen wie Reliningverfahren oder das nachträgliche Auskleiden mit Zementmörtel erhebliche wirtschaftliche Bedeutung zukommt [3]. Da Rehabilitationsmaßnahmen von Rohrleitungen in der Regel eines statisch noch einwandfreien Systems bedürfen, können Rohre mit eingeschränkter Nutzungsdauer kaum entsprechende Einsparpotentiale aktivieren.

Die strategische Ausrichtung eines Instandhaltungskonzeptes muss bereits in der Planung berücksichtigt werden. 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 hat sich im Falle der Bauteile bewährt, die je nach Betriebsbedingungen keinem „Verschleiß“ unterliegen. Zu den 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 liefern.

Mit seinen unterschiedlichen Ausführungen bietet das Stahlrohr Anwendungsmöglichkeiten für jede mögliche

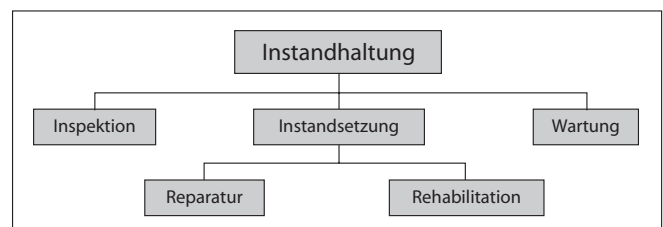


Bild 1. Aufgabenstellungen der Instandhaltung eines Versorgungsunternehmens.

Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Kocks, Röhrenwerk Gebr. Fuchs GmbH, In der Steinwiese 31, D-57074 Siegen.

Instandhaltungsstrategie. Unter Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes kann hier mit vergleichsweise geringem Aufwand im Gegensatz zu anderen Rohrwerkstoffen auch die zustandsorientierte Instandhaltung realisiert werden. Die zustandsorientierte Instandhaltung findet heute aufgrund der damit verbundenen Ausnutzung der Leistungsreserven eines Bauteils in den Produktionsstätten der Industrie vermehrt ihre Anwendung. Aber auch im privaten Bereich sind Beispiele für die zustandsorientierte Instandhaltung zu finden. Dazu zählt beispielsweise die in vielen Autos heute mögliche 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.

Die zustandsorientierte Instandhaltung ist in der VDI-Richtlinie 2888 beschrieben [4]. Der Nutzung dieser Instandhaltungskonzeption für erdverlegte Rohrleitungen stehen heute auch mit Blick auf die Einsatzmöglichkeiten einer Fernübertragung von Messdaten des kathodischen Korrosionsschutzes sowie der Software zur Verarbeitung dieser Daten, beispielsweise mit dem dazu entwickelten WinKKS, neue Anwendungsmöglichkeiten zur Verfügung [5–7]. Ohne kathodischen Korrosionsschutz unterliegt das Stahlrohr wie alle anderen Rohrwerkstoffe der vorbeugenden oder der ausfallbedingten Form der Instandhaltung.

2. Die ausfallbedingte Instandhaltung

Die ausfallbedingte Instandhaltung war lange Standard in den Versorgungsunternehmen. Diese Form der Instandhaltung war auf Rohrmaterialien abgestimmt, die unabhängig von der Betriebsdauer ihre mechanischen und damit statischen Eigenschaften nicht verändern. Dazu zählen die Rohrmaterialien Guss und Stahl, aber auch Beton und Steinzeug, wie sie im Abwasserbereich gebräuchlich sind. Eine Beeinträchtigung der Funktion ist meist auf äußere Einflüsse wie

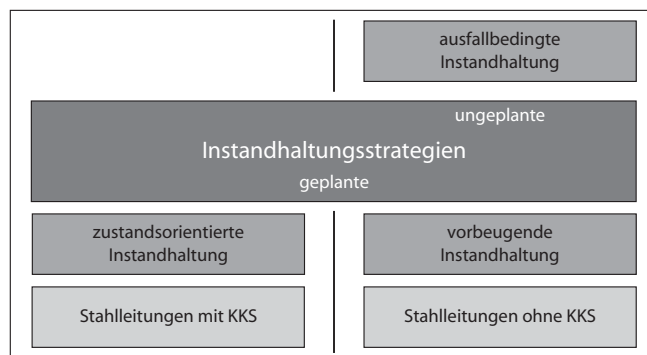


Bild 2. Instandhaltungsstrategien.

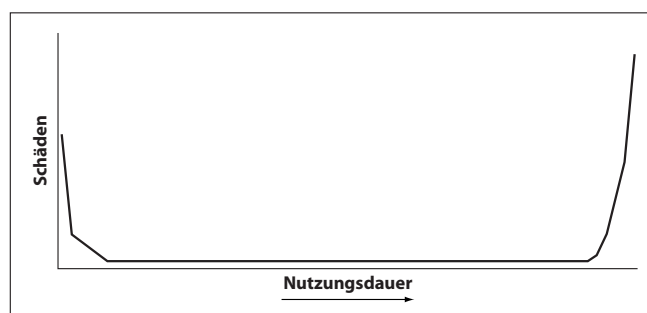


Bild 3. Der Lebenslauf von Rohren mit unveränderlichen mechanischen Eigenschaften.

beispielsweise Fremdeinwirkungen oder Bodensenkungen zurückzuführen. Konzeptionell werden Rohrleitungen aus diesen Materialien so ausgelegt, dass sich die mechanischen und damit auch die statischen Eigenschaften nicht verändern.

Bild 3 zeigt den idealisierten Lebenslauf solcher Rohrleitungen. Die Zeitachse für die Nutzungsdauer ist hier bewusst nicht mit Zahlenwerten versehen. Am Anfang des Lebenslaufes einer Rohrleitung können sich Probleme z. B. aufgrund

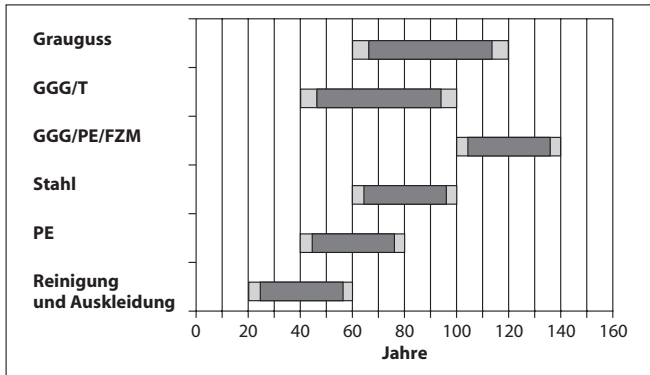


Bild 4. Nutzungsdauer nach DVGW-Hinweis W 401 [9].

von Fehlern am Rohrmaterial oder mangels Verlegesorgfalt ergeben. Sind diese Fehler beseitigt, ist über einen langen Zeitraum der Leitungsbetrieb ohne Zwischenfälle möglich, bis je nach Häufigkeit der auftretenden Schäden eine Sanierung oder gar ein Austausch erforderlich wird. Das Problem liegt in der Frage, ob auftretende Schäden als Einzelfall oder als Anzeichen für eine globalere Schädigung eines Leitungsabschnittes zu werten sind.

Speziell im Falle der Gasleitungen wurde daher schon sehr früh der kathodische Korrosionsschutz nicht nur als Ergänzung passiver Korrosionsschutzmaßnahmen (Umhüllungen, Beschichtungen), sondern auch zur Überwachung von Rohrleitungen eingesetzt. Die Messergebnisse des kathodischen Korrosionsschutzes liefern die gewünschte Grundlage für die Beurteilung des Zustandes einer Stahlrohrleitung.

Mit der Einführung von Rohren, die konzeptionell im Laufe der Nutzungsdauer ihre mechanischen Festigkeiten verlieren, ergibt sich eine völlig neue Situation. Ein Versorgungsunternehmen ist nun darauf angewiesen, die planerische Nutzungsdauer solcher Rohrleitungssysteme zu berücksichtigen und alle die Nutzungsdauer beeinflussenden Faktoren genauestens zu dokumentieren. Der Betriebsverantwortliche steht irgendwann vor der Entscheidung, ob ein Leitungsabschnitt auszutauschen ist, oder weiterhin betrieben werden kann. In der Abwasserentsorgung bzw. der Trinkwasserversorgung sind solche Entscheidungen mit einem kalkulierbaren Risiko verbunden, während eine falsch getroffene Entscheidung in der Gasversorgung u. a. auch die Gefährdung von Menschenleben bedeuten kann. Mit der Einführung von Rohrwerkstoffen, die ihre Festigkeiten im Laufe der Nutzungsdauer verlieren, ist eine ausfallbedingte Instandhaltungskonzeption zumindest in der Gasversorgung auf Dauer nicht zu verantworten. Für die Versorgungsunternehmen ist dies heute einer der wesentlichen Gründe,

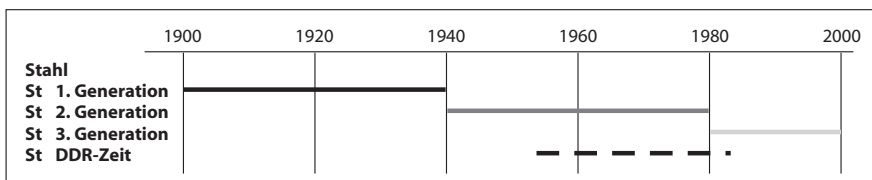


Bild 6. Stahlrohrgenerationen nach Roscher [10].

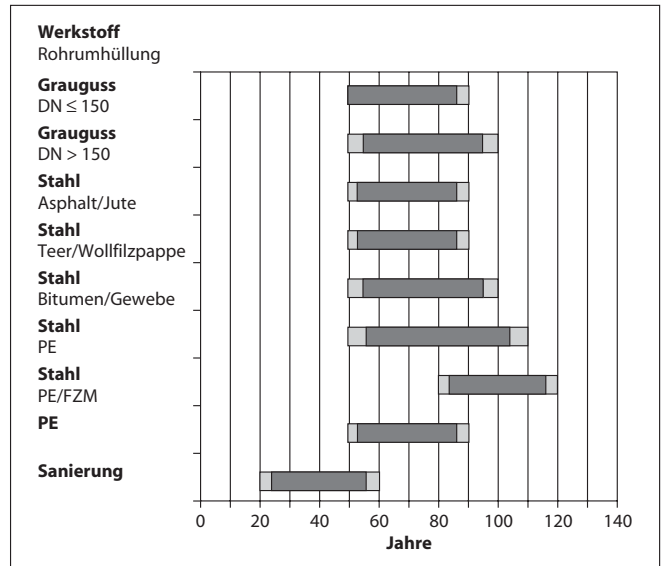


Bild 5. Nutzungsdauer nach DVGW-Arbeitsblatt G 401 [8].

die Datenbasis für eine vorbeugende Instandhaltung auszubauen.

3. Die vorbeugende Instandhaltung

Die vorbeugende Instandhaltung beruht im Wesentlichen auf einer statistischen Auswertung der Nutzungsdauer einer Rohrleitung, um Sanierung oder Neuverlegung rechtzeitig zu planen. Grundlage der vorbeugenden Instandhaltung für die Gas- und Wasserversorgung sind das DVGW-Arbeitsblatt G 401 und die technische Mitteilung des DVGW, Hinweis W 401 [8; 9]. In den Anhängen dieser Arbeitsblätter sind Beispiele für rohrtypspezifische Nutzungsdauerannahmen zu finden (Bilder 4 und 5).

Solche Nutzungsdauerannahmen können jedoch nur den Ausgangspunkt einer aufwändigen Netzanalyse darstellen. Je nach Rohrmaterial und Ausführung ist jeweils eine Nutzungsdauerspanne angegeben, die mehrere Jahrzehnte umfasst. Für das polyethylenummüllte und zementmörtelummantelte Stahlrohr wird lt. Bild 5 eine Nutzungsdauer im Bereich von 80 bis 120 Jahren angenommen.

Der pessimistische Leitungsbetreiber müsste aus Vorsicht diese Leitung nach 80 Jahren erneuern, der optimistischere Betreiber hat je nach Risikofreudigkeit einen Toleranzbereich von immerhin 40 Jahren. Diese Angaben zeigen mit aller Deutlichkeit, dass die Nutzung statistischer Aussagen für eine Entscheidung zur Rehabilitation durch eine Vielzahl weiterer Daten ergänzt und damit zumindest eingegrenzt werden muss. In der Nutzungsdauer spielen netzspezifische Faktoren wie beispielsweise

- Streustromeinflüsse
- die Sorgfalt bei der Verlegung
- Bodenverhältnisse
- Verkehrsbelastungen
- Rohrausführungen
- Aktivitäten im Trassenbereich

eine wesentliche Rolle und müssen für jeden der betrachteten Leitungsabschnitte berücksichtigt werden. Dabei kommt der Dokumentation dieser Daten eine wesentliche Bedeutung zu. Eine Mindestnutzungsdauer von 50 Jahren bedeutet auch mindestens 50 Jahre Dokumentation und Pflege solcher Daten. Gerade solche Aspekte sind für die Eingrenzung einer Nutzungsdaueraussage von entscheidender Bedeutung. Neben der Dokumentation dieser netzspezifischen Informationen sind weitere Maßnahmen zur Bewertung einer Leitung oder eines Leitungsabschnittes zu berücksichtigen. Dazu zählen Maßnahmen wie:

- Trübungsmessungen
- Kamerabefahrungen
- Schadensdokumentation
- Lecksuche
- Verlustmessungen.

Diese Daten können zu Statistiken aufbereitet und in Kombination mit den netzspezifischen Faktoren die Nutzungsdaueraussagen eingrenzen. Gern werden solche Maßnahmen schon einer zustandsorientierten Instandhaltung zugeordnet. Um bei dem eingangs erwähnten Beispiel der Bremsbeläge zu bleiben, entspricht diese Vorgehensweise jedoch eher einer regelmäßigen Demontage der Räder, um die Dicke der Bremsbeläge mit dem Messschieber zu ermitteln. Dies ist keinesfalls mit den Informationen aus permanent dem Betriebsverantwortlichen zur Verfügung stehenden Messdaten zu vergleichen, wie sie laut VDI 2888 für eine zustandsorientierte Instandhaltung gefordert sind.

Werkstoffbezogen sind bei der Erstellung von Schadensstatistiken die unterschiedlichsten Rohrausführungen zu berücksichtigen. Angesichts der Vielzahl von technischen Entwicklungen rund um das Stahlrohr ist eine Zuordnung in ein sinnvolles, nicht zu kompliziertes Raster schwierig. Die Nutzungsdauer einer Rohrleitung aus Eisenwerkstoffen wird maßgeblich durch die Güte des eingesetzten Korrosionsschutzes bestimmt. Daher sollte bei der Festlegung von Stahlrohrgenerationen ein solches Raster an der Entwicklung des Korrosionsschutzes ausgerichtet sein (*Bild 6*).

So ergeben sich nach Roscher drei Stahlrohrgenerationen, die in den Nutzungsdauer- bzw. Schadensstatistiken von Rohrnetzen bzw. Leitungsabschnitten zu berücksichtigen sind [10].

– 1. Generation

Bereits im 19. Jahrhundert wurden Rohre aus Eisenwerkstoffen zum Schutz gegen Korrosion beschichtet und ausgekleidet. Dies bedeutete jedoch nicht zwangsläufig, dass alle damals verlegten Rohrleitungen entsprechend ihres geplanten Einsatzbereiches nach heutigem Kenntnisstand ausreichend gegen Korrosionsangriffe geschützt waren. Erst im Verlaufe der 30-er Jahre wurden erdverlegte Rohrleitungen generell durch Bitumenumhüllungen und speziell im Bereich der Wasserver- und Abwasserentsorgung durch Bitumenauskleidungen gegen Korrosion geschützt. Die Stahlrohre bis 1940 kennzeichnen somit die erste Generation der Stahlrohrleitungen, die z. T. gar nicht oder in der Regel unzureichend gegen Korrosionsangriffe geschützt waren.

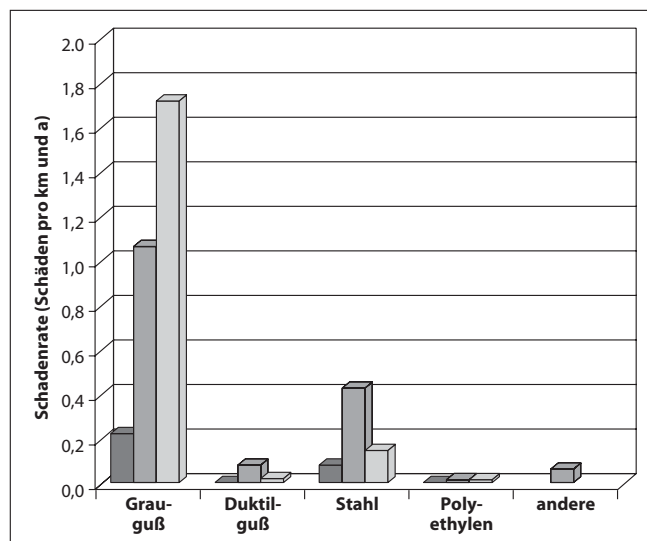


Bild 7. Ergebnis der Schadensanalyse verschiedener Versorgungsunternehmen [13] (Vortrag Girsberger/Jaccard im Rahmen der Bregenzer Rohrleitungstage 2001).

– 2. Generation

Mit Blick auf die Neuentwicklungen und Verbesserungen ist der Zeitraum von 1940 bis 1980 der 2. Generation von Stahlleitungen zuzurechnen. Die überwiegend eingesetzten Bitumenumhüllungen hatten sich bis zu diesem Zeitpunkt durch den Wechsel der Jute- und Wellpappwicklungen auf beständigere Glasvliesmaterialien erheblich verbessert.

– 3. Generation

Etwa ab 1980 hatten sich hochwertige Polyethylenumhüllungen als äußerer Korrosionsschutz erdverlegter Rohrleitungen endgültig durchgesetzt. Für Stahlrohrleitungen zum Transport von Wasser und Abwasser wurden standardmäßig Zementmörtelauskleidungen eingesetzt. Der Zeitraum nach 1980 kennzeichnet die 3. und derzeit letzte Generation von Stahlleitungsrohren für die Gas- und Wasserversorgung.

– Stahlrohre in den neuen Bundesländern

Stahlrohre, die während der DDR-Zeit verlegt wurden, sind aufgrund des teilweise unzureichenden Korrosionsschutzes der 1. oder 2. Generation zuzurechnen.

Bisher vorgestellte Schadensstatistiken aus der Wasserversorgung berücksichtigen diese Stahlrohrgenerationen nicht [11–13]. Aus diesem Grunde vermitteln solche Statistiken, die als Entscheidungsgrundlage für die Rehabilitation von Rohrleitungsnetzen im Sinne des DVGW-Hinweises W401 und des DVGW-Arbeitsblattes G 401 dienen, für das Stahlrohr im Vergleich zu neueren Werkstoffen wie Polyethylen oder duktiler Guss oft ein nachteiliges Bild. So präsentierten beispielsweise *Girsberger* und *Jaccard* bei den Bregenzer Rohrleitungstagen im September 2001 Schadensstatistiken verschiedener Versorgungsunternehmen, die bei einem Vergleich von Stahl mit Polyethylen oder duktilem Guss deutlich mehr Schäden im Falle von Stahlleitungen erwarten lassen (*Bild 7*). Diese Statistik sollte in erster Linie die zum Teil gravierenden Abweichungen der erfassten Daten in den Versor-

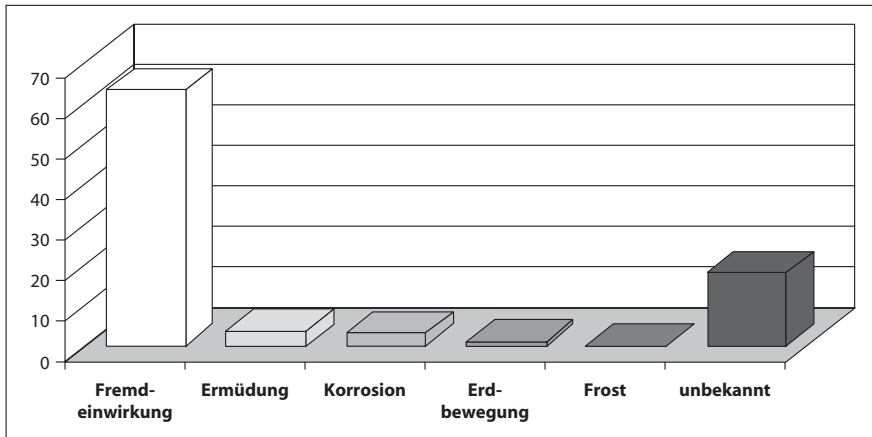


Bild 8. Von der Presse gemeldete Schadensursachen an Gasleitungen im Zeitraum von Juni 2001 bis Juni 2002.

Stichwort „Gasleitungen“ in deutschen Tageszeitungen, dass Fremdeinwirkungen die Hauptursache aller Schadensmeldungen darstellen (Bild 8).

Bei diesen Schadensmeldungen handelt es sich nicht nur um Gasunglücke, sondern auch um Fälle, wo die Feuerwehr aufgrund von Gasgeruch ausrücken musste oder gar Häuser zu evakuieren waren. Von den 89 ausgewerteten Meldungen über Schäden an Gasleitungen im Zeitraum von Juni 2001 bis Juni 2002 waren 63 auf Fremdeinwirkungen zurückzuführen, wobei der größte Teil dieser Schäden zwangsläufig Werkstoffe betrifft, die aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften nur geringe Festigkeitsreserven bieten.

gungsunternehmen dokumentieren, sie regt aber auch falsche Schlüsse aus einem Vergleich der Rohrwerkstoffe an.

Die Gefahr bei der Bewertung von Statistiken, die im Rahmen von Rehabilitationsmaßnahmen erstellt und speziell für die Wasserversorgung in der Vergangenheit auch publiziert wurden, besteht darin, dass neben den hier dokumentierten Abweichungen in der Bewertung der Schadenshäufigkeit mangels Differenzierung der verschiedenen Stahlrohrgenerationen auch falsche Rückschlüsse auf sicherheitsrelevante Eigenschaften gezogen werden, zumal im Zusammenhang mit den Schadensstatistiken des DVGW in der Vergangenheit immer wieder betont wurde, dass diese auch Hilfestellung bei der Auswahl von Rohrwerkstoffen bieten sollen [11; 14].

Das DVGW-Arbeitsblatt G 401 definiert den Schaden bzw. die Leckstelle als „eine lokale unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit – in aller Regel mit Gasaustritt verbunden – führt meist zur unmittelbaren Instandsetzung durch Reparatur“ [8]. Schäden durch Dritte werden dort ausgeschlossen, da diese für Rehabilitationsmaßnahmen unerheblich sind. Der Verursacher solcher Schäden ist i.d.R. bekannt und muss für die Behebung der Schäden aufkommen.

Im Zusammenhang mit einer Netzzustandsanalyse müssen lt. DVGW-Arbeitsblatt G 401 jedoch „schadhafte Rohrhüllungen“ und „Außenkorrosion“ erfasst werden. Damit sind Schäden angesprochen, die in der Regel nur das Stahlrohr betreffen, aber ursächlich auch auf Fremdeinwirkungen beruhen [8]. Da diese Form der Schäden meist erst sehr spät entdeckt werden und in der Regel auch kein Verursacher festgestellt werden kann, müssen solche Schäden zwangsläufig in eine Rehabilitationsplanung einfließen.

Aufgrund dieser sehr differenzierten Erfassung von fremdbeeinflussten Schäden können Statistiken, die im Rahmen einer Rehabilitationsplanung im Sinne des DVGW-Arbeitsblattes G 401 erstellt werden, keinesfalls unter den für eine Werkstoffauswahl so wesentlichen sicherheitstechnischen Aspekten bewertet werden. Hier sind in den Statistiken für eine Rehabilitationsplanung gerade die Fremdeinwirkungen ausgeschlossen, die unter sicherheitstechnischen Aspekten erhebliche Bedeutung haben. So zeigen Statistiken, basierend auf internetgestützte Recherchen unter dem

Zusammenfassend kann daher für Statistiken, die als Entscheidungsgrundlage für Rehabilitationsmaßnahmen und damit als Basis für die präventive Instandhaltung dienen, festgestellt werden:

1. Statistiken, die im Rahmen einer Rehabilitationsplanung erstellt werden, bieten keine Basis für die Auswahl von Rohrwerkstoffen, da die hier betrachteten Ausführungen in der Regel heute gar nicht mehr produziert werden. Des Weiteren fehlen dazu die für Rohrleitungsnetze so wichtigen Informationen für eine sicherheitstechnische Bewertung eines Rohrmaterials bzw. der jeweiligen Rohrausführung.
2. Statistische Nutzungsdaueraussagen werden aufgrund der unterschiedlichen Rohrausführungen und technologischen Entwicklungsstufen, aber auch aufgrund unterschiedlichster Einbaubedingungen (Verkehrslasten, Verlegesorgfalt, Bodenverhältnisse usw.) immer mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet sein.

Die Unsicherheiten dieser für eine vorbeugende Instandhaltung so notwendigen Nutzungsdaueraussagen zeigen, dass sich gerade aus wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Erwägungen eine zustandsorientierte Instandhaltung für Rohrleitungen geradezu anbietet.

4. Die zustandsorientierte Instandhaltung

Nach VDI 2888 ist die zustandsorientierte Instandhaltung für alle Produktionsanlagen sinnvoll, die Instandhaltung zur Gewährleistung eines effizienten und/oder sicheren Betriebs erfordern. Als Zielsetzung soll die zustandsorientierte Instandhaltung eine zeit-, qualitäts- und kostenoptimale Planung und Durchführung der Instandhaltung ermöglichen.

Als Vorteile werden genannt:

- Der Abnutzungsvorrat wird ausgenutzt
- Die mittlere, wartungsfreie (Anlagen)-Laufzeit wird erhöht
- Unnötige Reparaturen und Demontagen von Anlagen werden weitgehend vermieden, und die Ersatzteilverhaltung kann verringert werden

- Der Austausch abgenutzter Bauteile erfolgt in planbaren Stillstandszeiten durch Gewährleistung einer hinreichend großen Reparaturvorlaufzeit
- Die Kenntnis des Verschleißzustandes trägt zur Betriebssicherheit bei
- Installierte Sicherheit entlastet Maschinenbediener von Kontrolltätigkeiten und dient der Sicherheit und der Umwelt
- Vom aktuellen Anlagenzustand können die erzeugbaren Produktqualitäten und -mengen abgeleitet werden

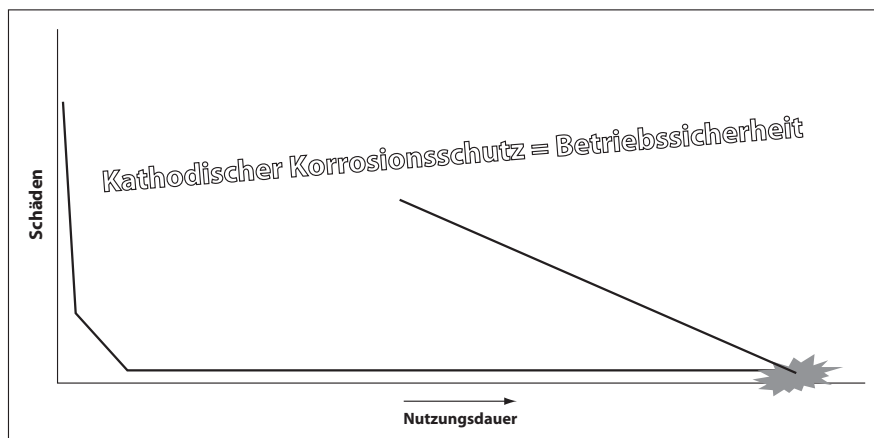


Bild 9. Lebenslauf einer kathodisch geschützten Stahlrohrleitung.

Die Ist-Zustände werden dazu durch eine geeignete Messtechnik und Instrumentierung erfasst.

Mit der Entwicklung des kathodischen Korrosionsschutzes für Stahlrohrleitungen wurde in den 50-er Jahren ein wichtiges Werkzeug für eine zustandsorientierte Instandhaltung erdverlegter Rohrleitungen bereitgestellt. Mit Hilfe des kathodischen Korrosionsschutzes besteht die Möglichkeit 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 langfristig geplant werden. Die Kombination von kathodischem Korrosionsschutz und geschweißten Rohrleitungen aus Stahl hat sich speziell im Falle sicherheitsrelevanter Anlagen wie den Leitungen zum Transport grundwassergefährdender oder brennbarer Medien, aber auch zum Transport von Wasser oder Abwasser durchgesetzt. Insbesondere für die geschweißten Stahlrohrleitungen in der Gasverteilung unserer Städte werden diese Vorteile genutzt. Neuentwicklungen speziell im Bereich der Datenfernübertragung ermöglichen hier die permanente Zustandserfassung der Rohrleitungen.

Die Möglichkeit, den Zustand eines Leitungsnetzes an der Erdoberfläche messtechnisch zu erfassen und zu bewerten, hat nicht nur mit Blick auf die Betriebssicherheit einer Rohrleitung oder eines Versorgungsnetzes, sondern auch unter wirtschaftlichen Aspekten erhebliche Vorteile. Mit dem kathodischen Korrosionsschutz ist somit zur Ermittlung des Leitungszustandes unabhängig von der geplanten Nutzungsdauer eine Überwachung realisierbar (Bild 9). Die wirtschaftlichen Vorteile ergeben sich damit zwangsläufig aufgrund der vollständigen Nutzung der Leistungsreserven und des damit erzielbaren hohen Nutzungsgrades einer Rohrleitung. Der Kostenaufwand für die Installation und den Betrieb des kathodischen Korrosionsschutzes ist bezogen auf die Gesamtkosten einer Rohrleitung unbedeutend.

5. Schlussbetrachtungen

Im Rahmen dieses Beitrags wurde das Spektrum der Instandhaltungskonzepte erörtert, das derzeit nur im Falle des Stahl-

rohres in vollem Umfang abgedeckt wird. Der Wandel einer ausfallbedingten zur vorbeugenden Instandhaltungsstrategie steht heute mit Blick auf den Einsatz von Rohrmaterialien mit eingeschränkter Nutzungsdauer im Mittelpunkt der Diskussionen. Für eine vorbeugende Instandhaltung sind gesicherte und damit übertragbare statistische Daten im Sinne des DVGW-Hinweises W 401 bzw. des DVGW-Arbeitsblattes G 401 eine absolute Notwendigkeit. Die vielfältigen netzspezifischen Einflussgrößen wie die Sorgfalt einer Verlegung, Bodenverhältnisse oder Verkehrslasten sind Ursache einer nicht zu unterschätzenden Ungenauigkeit, mit der jede statistische Nutzungsdaueraussage behaftet ist. Auch die in der Vergangenheit immer wieder vordergründig angesprochene Möglichkeit, auf der Basis dieser Schadensstatistiken Werkstoffentscheidungen treffen zu können, ist aufgrund der oftmals betrachteten längst vergangenen Technologien und aufgrund fehlender Informationen rund um die sicherheitstechnischen Belange nicht gegeben.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird heute in der industriellen Praxis verstärkt auf eine zustandsorientierte Instandhaltung zurückgegriffen. Im Gegensatz zu allen anderen Rohrwerkstoffen ist nur beim Stahlrohr über den kathodischen Korrosionsschutz eine zustandsorientierte Instandhaltung in der Praxis eingeführt. Gerade die abnehmenden verfügbaren Kapazitäten der Versorgungsunternehmen 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
- Zustandserfassung von Rohrleitung und Leitungsnetz.

Mit Blick auf die gravierenden technischen und wirtschaftlichen Vorteile einer zustandsorientierten Instandhaltung ist den Versorgungsunternehmen, die in ihren Netzen

bereits über kathodisch geschützte Stahlleitungen verfügen, dringend anzuraten, diese weiter zu entwickeln und auszubauen. Den höheren Material- und Verlegekosten für das geschweißte Stahlrohr in Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz stehen in der späteren Instandhaltung erhebliche technische Vorteile und Einsparungen gegenüber.

Literatur

- [1] *Hirner, W.*: Kriterien und Kennzahlen für die Erneuerung von Trinkwasserverteilungsnetzen. *Energie Wasser Praxis* (1999) H. 9, S. 346–350.
- [2] *Fauser, T.E.* und *Günther, F.W.*: Checkliste zur Umsetzung von Kosteneinsparungspotentialen in der Trinkwasserversorgung. *GWF-Wasser/Abwasser* 142 (2001) S. 193–198.
- [3] DVGW Wasser-Information Nr. 58: Kostensenkungspotentiale in der Wasserverteilung. September 1999.
- [4] VDI-Richtlinie 2888: Zustandsorientierte Instandhaltung. Dezember 1999.
- [5] *Laier, T.*; *Deiss, R.* und *Schwarzbauer, F.*: Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutzes. *3R international* 41 (2002), S. 193–198.
- [6] DVGW-Merkblatt GW 16: Fernüberwachung des kathodischen Korrosionsschutzes. Februar 2002.
- [7] *Fröhling, D.*: WinKKS – Das Führungssystem für den kathodischen Korrosionsschutz. *3R international* 41 (2002), S. 338–341.
- [8] DVGW-Arbeitsblatt G 401: Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Gasverteilungsnetzen. September 1999.
- [9] DVGW-Hinweis W 401. Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen. September 1997.
- [10] *Roscher, H.*: Sanierung städtischer Wasserversorgungsnetze. Verlag Bauwesen, Berlin, 2000, S. 46–49.
- [11] *Buckler, M.* und *Sattler, R.*: DVGW-Schadenstatistik Wasser, erste Auswertung und Umsetzung. *GWF-Wasser/Abwasser* 140 (1999) H. 13, S. 48–53.
- [12] *Sattler, R.*: Ausgewählte Ergebnisse der DVGW – Schadensstatistik Wasser für die Erhebungsjahre 1997 bis 1999. *Energie Wasser Praxis* (2001) H. 11, S. 18–22.
- [13] *Girsberger, W.* und *Jaccard, R.*: Rohrschäden – ein Denkanstoß für das unternehmerische Risk-Management. Vortrag zu den Bregenzer Rohrleitungstagen am 25./26. September 2001.
- [14] DVGW-Merkblatt W 395: Schadensstatistik für Wasserrohrnetze. Juli 1998.

(Manuskripteingang: 24. November 2003)