

Zustandsbewertung von metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung

Die DVGW-Merkblätter GW 18 und GW 19 im Kontext der aktuellen Regelwerke zur Instandhaltung

Hans-Jürgen Kocks und Hans Gaugler

Im Zuge der Veröffentlichung der DVGW-Regelwerke W 402 und G 402 zur Datenerfassung für die Rehabilitationsplanung von Gas- und Wasserleitungen sowie den Regelwerken zur Auswertung solcher Daten, das DVGW-Arbeitsblatt W 403 und das DVGW-Merkblatt G 403, ergibt sich der Bedarf für eine Richtlinie zur systematischen Zustandserfassung von Rohrleitungen bei Aufgrabungen vor Ort, um auf Basis des sich ergebenden Zustandskatasters kritische Leitungsbereiche im Netz zu lokalisieren und sinnvolle Ersatzmaßnahmen einzuleiten. Grundsätzlich besteht beim kathodisch geschützten Stahlrohr die Möglichkeit, diese Zustandserfassung im Sinne des dazu veröffentlichten DVGW-Merkblattes GW 18 zu realisieren. Eindeutig komplexer ist eine Auswertung auf statistischer Basis, wenn wie im Falle nicht kathodisch geschützter Leitungen nur einzelne Kriterien für eine Bewertung und vor allem für die Wahl zu rehabilitierender Leitungsabschnitte zur Verfügung stehen. Ausgangspunkt für die Rehabilitationsplanung sind Ausfallwahrscheinlichkeiten, die aus Schadenstatistiken abgeleitet werden. Die Historie zeigt, wie zweifelhaft solche Statistiken sein können. Das DVGW-Merkblatt GW 19 bietet nicht nur Hilfestellung bei der Zustandserfassung, sondern liefert auch das Verständnis in der korrekten Bewertung der Schadensfälle vor Ort.

1. Einleitung

Der Wandel von einer ausfallorientierten bzw. korrektiven zu einer präventiven oder gar zustandsorientierten Form der Instandhaltung bedeutet für den Betreiber von Leitungen und Leitungsnetzen eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Die Instandhaltung und Rehabilitationsplanung von Leitungsnetzen wird heute im DVGW-Merkblatt G 403 bzw. dem DVGW-Arbeitsblatt W 403 sowie den dazugehörigen Regelwerken zur Erfassung der erforderlichen Daten, den DVGW-Arbeitsblättern G 402 und W 402 behandelt [1]-[4]. Bei kathodisch geschützten Leitungen lässt sich der Handlungsbedarf für Rehabilitationsmaßnahmen weitgehend direkt aus Messungen ableiten. Hier bietet das DVGW-Merkblatt GW 18 die Planungsgrundlage für den Erneuerungsbedarf [5]. Die Maßnahmenplanung bei nicht kathodisch geschützten Leitungen hingegen ist auf die Auswertung von Schadens- und Zustandsdaten angewiesen. Für die Rehabilitationsplanung sind dabei aussagekräftige und vor allem auf Basis einheitlicher Kriterien erfasste Zustands- und Schadensdaten erforderlich. Während auf der Basis der Zustandsdaten des Leitungsnetzes Bereiche priorisiert werden können, wo Bau- und Reparaturmaßnahmen am effektivsten sind, dienen Schadenstatistiken primär der Erarbeitung von Ausfallfunktionen, auf deren Basis die Ausfallwahrscheinlichkeit von Leitungsgruppen prognostiziert

werden. Dazu müssen im Sinne der DVGW-Arbeitsblätter G 402 und W 402 in den Schadenstatistiken nicht nur die jeweiligen Rohrausführungen Berücksichtigung finden. In den Schadenstatistiken muss darüber hinaus auch das Versagen auf die jeweilige Betriebsdauer bezogen sein. In Abhängigkeit von Schadensrate und Nutzungsdauer ergibt sich dann die empirische Ausfallfunktion. Diese empirische Funktion ermöglicht durch die Variation der im Rahmen möglicher Ersatzmaßnahmen ausgetauschten Leitungslängen die Simulation zukünftiger Schadensraten. Mit Blick auf die angestrebten Zielgrößen für den Leitungsbetrieb kann dann der tatsächlich zu planende Ersatzbedarf festgelegt werden. Für den Netzverantwortlichen muss dann eine geeignete Planungsgrundlage zur Verfügung stehen, um kritische Leitungsabschnitte bestimmen zu können, wo Baumaßnahmen am sinnvollsten und im Sinne einer Reduzierung der Schadensrate am effektivsten umgesetzt werden.

Diese Planungsgrundlage kann nur ein Zustandskataster des Leitungsnetzes bieten, das im Rahmen von Aufgrabungen, bei Schäden, Umverlegungen usw. durch geeignete Vor-Ort-Untersuchungen erarbeitet wird. Die erforderliche Systematik ist im DVGW-Merkblatt GW 19-1 beschrieben [6]. Die Zielsetzung eines DVGW-Merkblattes GW 19-1 geht dabei über den in den aktuellen Regelwerken vorgesehe-

nen Ansatz hinaus. Am Ende sollte dem Netzbetreiber ein Zustandskataster zur Verfügung stehen, das sogar im Vorfeld auftretender Schäden die Planung von Ersatzmaßnahmen in den Leitungsnetzen ermöglicht. Im Idealfall müsste daher für eine Rehabilitationsplanung zukünftig erst gar nicht auf Schadenstatistiken zurückgegriffen werden, eine Zielsetzung, die mit Blick auf die vielen Ungereimtheiten einer Erfassung von Schadensdaten wohl wünschenswert ist. Hier lohnt ein Rückblick auf die Entwicklung der Regelwerke rund um die Instandhaltung.

2. Ein Rückblick

Das DVGW-Arbeitsblatt G 401 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Gasverteilungsnetzen“ und der DVGW-Hinweis W 401 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsnetzen“ wurden in den Jahren 1999 und 1997 publiziert und stehen am Anfang der Entwicklung von Regelwerken für die Instandhaltung von Leitungsnetzen der Gas- und Wasserversorgung [7] [8]. Im Gegensatz zu den Nachfolgeregelwerken konnten die DVGW-Arbeitsblätter G 401 und W 401 noch keine Zustandserfassung auf Basis des kathodischen Korrosionsschutzes. Erst mit den heute geltenden Regelwerken W 402 und W 403 sowie G 402 und G 403 wurde eine Instandhaltungsplanung auf Basis der Messdaten des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) berücksichtigt. Die Vorgehensweise dazu ist im DVGW-Merkblatt GW 18 beschrieben [5]. Bis heute unverändert ist jedoch die Bedeutung einer Schadenstatistik für nicht kathodisch geschützte Rohrleitungen, deren Zustandserfassung nicht durch Messungen ohne Freilegung der Leitungen realisiert werden kann. Die Systematik in der Datenerfassung und -auswertung für diese Schadenstatistiken hat im Laufe der Zeit ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Entwicklung vollzogen.

Für Wasserrohre ist 1998 das Regelwerk für die Datenerfassung mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 395 „Schadenstatistik für Wasserrohrnetze“ erschienen [9]. Im Zuge dieser Regelwerksveröffentlichung wurde bei der wasserfachlichen Aussprachetagung in Rostock 1998 eine entsprechende Schadenstatistik für Wasserleitungsrohre vorgestellt [10]. Die dabei gewählte vergleichende Darstellung der Rohrwerkstoffe liefert ein geradezu niederschmetterndes Ergebnis für Stahlrohre in der Wasserversorgung. Für Stahlrohre wurde dort im direkten Vergleich mit den anderen Werkstoffgruppen die größte Schadensrate ermittelt (**Bild 1**). Dieses Ergebnis relativiert sich jedoch bei einer genaueren Betrachtung der zugrunde liegenden Zahlen. Schon auf dem ersten Blick wird deutlich, dass sich hinter diesen Zahlen unterschiedliche Bezugszeiträume verbergen. Duktile Gussrohre und Kunststoffrohre werden erst seit etwa 50 Jahren eingesetzt. Hinter dem Begriff „Stahl“ hingegen verbergen sich 100 Jahre des Einsatzes dieser Werkstoffgruppe im Wasserbereich. Technologisch wird beim Gussrohr zwischen Grauguss- und duktilem Gussrohr unterschieden, während unter den Werkstoffgruppen Stahl oder PE alle möglichen Entwicklungsschritte zu berücksichtigender Rohrausfüh-

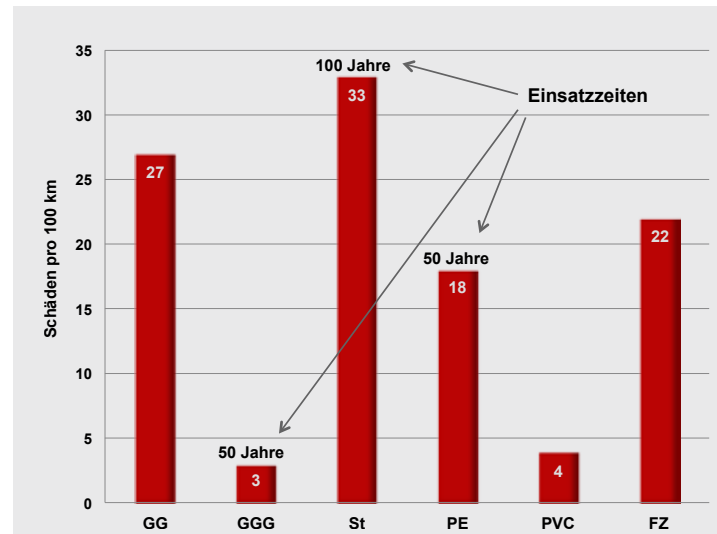


Bild 1: Schadenstatistik Wasser, Wasserfachliche Aussprachetagung, Rostock 1998 [10]

runge zusammengefasst sind. Die sich ergebende vergleichende Übersicht der Schadensraten bezieht sich auf die kumulierten Leitungslängen jeder Werkstoffgruppe und ist besonders kritisch zu sehen, da der Einfluss der Altersstruktur und die Änderung der Anteile einer Rohrausführung innerhalb der jeweiligen Werkstoffgruppe im Netz nicht erfasst werden. Beispielhaft sei dies für ein modellhaftes Leitungsnetz mit einer gegenläufigen Entwicklung der verlegten Leitungslängen für die Werkstoffgruppen PE und duktiler Guss (GGG) einmal verdeutlicht. Beide Werkstoffgruppen werden in der Wasserverteilung seit etwa 50 Jahren überwiegend eingesetzt. Ein Vergleich zur Erläuterung dieser Zusammenhänge bietet sich daher geradezu an.

Für die auf 1000 km normalisierte Netzlänge eines Wasserversorgungsunternehmens wird angenommen, dass bei einer nach DIN EN 805 angesetzten planerischen Nutzungsdauer von 50 Jahren alle zehn Jahre 200 km Leitungslänge ersetzt werden. So würde im Verlaufe des hier vorliegenden Betrachtungszeitraumes von 1960 bis 2010 (50 Jahre) der Netzbestand einmal vollständig ausgetauscht (Reha-Rate 2 %). Während um das Jahr 1960 noch primär das duktile Gussrohr verlegt wurde, kommen in den Folgejahren PE-Rohre zunehmend zur Anwendung (**Bild 2**). Mit abnehmenden Einsatzmengen (-10 % / 10 Jahren) an duktilen Gussrohren und zunehmenden Einsatzmengen (+10 % / 10 Jahren) an PE-Rohren erreicht das duktile Gussrohr in dieser modellhaften Betrachtung am Ende in 2010 eine Leitungslänge von 750 km und das PE-Rohr eine Leitungslänge von 250 km entsprechend den markierten Flächen in Bild 2. Bild 2 spiegelt somit die bestehende Altersstruktur dieses Leitungsnetzes. Unter der Annahme einer identischen Ausfallwahrscheinlichkeit wird für die jeweils ältesten, über zehn Jahre eingebauten Generationen der beiden Werkstoffgruppen in diesem Netz eine spezifische, auf die Rohrausführung bezogene Schadensrate im Mittel von 0,1 Schäden/km und

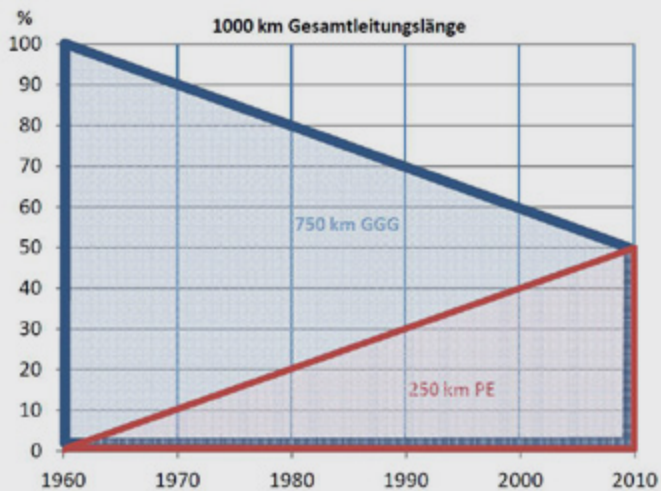


Bild 2: Angenommenes Verhältnis der Einbaulängen von Rohren aus duktilem Guss und PE-Rohren über 50 Jahre in einem modellhaften Leitungsnetz

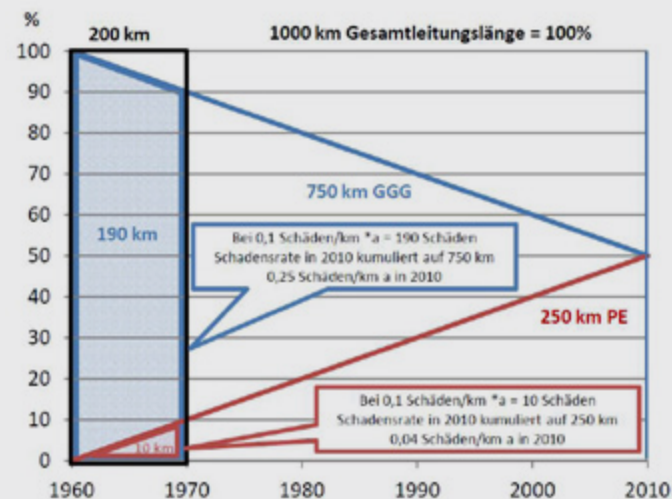


Bild 3: Auswirkung der Altersstruktur bei kumulierter Betrachtungsweise von Schäden der ersten Rohrgenerationen von duktilem Gussrohren und PE-Rohren

Jahr angenommen. Dies beträfe in der Praxis die duktilen Gussrohrrohrausführungen der ersten Generation mit unzureichendem Korrosionsschutz und die Rohre aus PE 63. Die neueren Rohrausführungen liefern noch keinen Beitrag zur Schadensstatistik.

Die Leitungslängen der in den ersten Jahren verstärkt eingesetzten duktilen Gussrohre im schadensrelevanten Zeitraum von zehn Jahren beträgt dabei 190 km, die der PE-Rohre 10 km. Das bedeutet für das Jahr 2010 unter der Annahme einer gleichen spezifischen Schadensrate (0,1 Schäden/km und Jahr) für den Einbauzeitraum von zehn Jahren 190 Schäden für die erste Generation des duktilen Gussrohres und zehn Schäden für die entsprechende Generation des PE-Rohres (**Bild 3**).

Bei einer kumulierten Betrachtungsweise, wie diese auch in Rostock angewendet wurde, sind diese Schäden jeweils auf den Gesamtbestand an duktilen Guss- und PE-Rohren bezogen. Für das Jahr 2010 ergibt sich so über die gesamte Netzlänge der duktilen Gussrohre (750 km) und PE-Rohre (250 km) beim duktilen Gussrohr (190 Schäden/750 km) eine kumulierte Schadensrate von 0,25 Schäden/km und Jahr und beim PE-Rohr (10 Schäden/250 km) eine von 0,04 Schäden/km und Jahr.

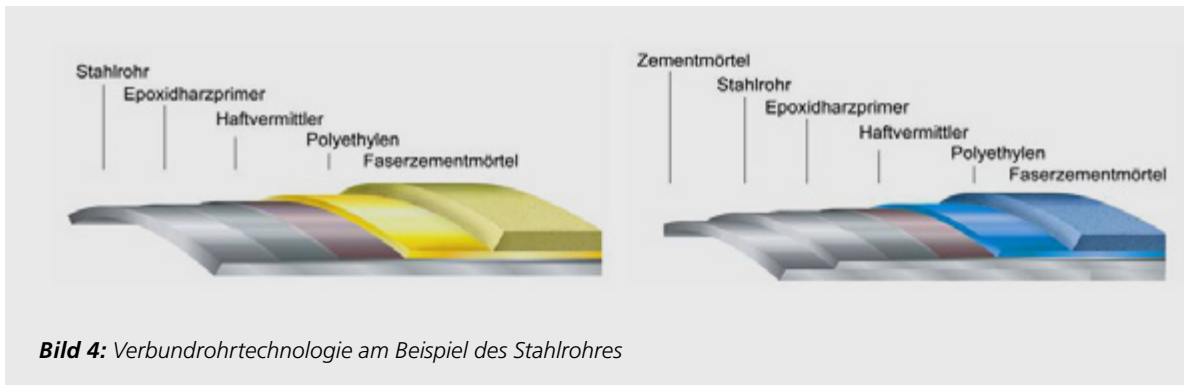
Die Modellrechnung zeigt, dass bei gleicher spezifischer Schadensrate die im Laufe der Zeit zunehmend stärker eingesetzte Werkstoffgruppe „PE“ aufgrund der günstigeren Altersstruktur nur einen Bruchteil dessen an kumulierter Schadensrate erreichen dürfte, was für die im Laufe der Zeit weniger verwendete Werkstoffgruppe „GGG“ gefunden wird. In der Konsequenz ist nur unter Berücksichtigung zusätzlicher Annahmen, die den Effekt einer kumulierten Betrachtung aufheben, eine vergleichende Betrachtung der Werkstoffgruppen überhaupt möglich. Ohne Berücksichtigung der Altersstrukturen und Rohrausführungen liefern Schadenstatistiken basierend auf kumulierten Zahlen im direkten Vergleich ein völlig verzerrtes **Bild** der Realität. Auf Basis solcher Schadenstatistiken Grenzscha-densraten zu definieren oder Bewertungen vorzunehmen ist völlig unsinnig. Solche Schadenstatistiken haben für eine Rehabilitationsplanung keinen Wert und sollten in den aktuellen Regelwerken auch nicht mehr verwendet werden.

3. Schadenstatistiken

Im Gegensatz zu den ersten Schadenstatistiken sind derzeit in den aktuellen Regelwerken für die Instandhaltung und Rehabilitationsplanung von Leitungsnetzen die Altersstruktur und die in jedem Jahr eingebauten Leitungslängen zu berücksichtigen. Auf diesem Wege werden Fehlinterpretationen, wie sie bei kumulierten Betrachtungen auftreten, für Rehabilitationsplanungen grundsätzlich vermieden. Darüber hinaus werden im Falle der Werkstoffgruppe Stahl in den heute geltenden Regelwerken zwei Rohrausführungen unterschieden.

Die eine Ausführung betrifft Stahlrohre ohne Umhüllung, bzw. Stahlrohre mit Dünnbeschichtungen, die in der Praxis laut Regelwerk mit einem Korrosionszuschlag kalkuliert werden mussten. Aus dem Wanddickenzuschlag ergibt sich eine planerische Nutzungsdauer, bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist. Gerade in Wasserleitungsnetzen sind auch heute noch vielfach solche Rohre im Betrieb, die über keinen oder nur einen unzureichenden Korrosionsschutz verfügen. Die zum damaligen Zeitpunkt angesetzte Nutzungsdauer ist bei diesen Rohren bei weitem überschritten.

Bei den heute üblichen Rohrausführungen handelt es sich prinzipiell um Verbundrohre, da mehrere Werkstoffe zu berücksichtigen sind. Dickbeschichtungen oder Umhüllungen aus Bitumen oder Polyolefinen übernehmen dabei den äußeren Korrosionsschutz. Im Falle der Wasserrohre wird als Korrosionsschutz im Rohrrinneren üblicherweise eine Zementmörtelauskleidung eingesetzt (**Bild 4**). Die statischen Anforderungen während des Betriebes bestimmen



die Auslegung des Kernrohres. Auf den Korrosionszuschlag wird im Gegensatz zu den früheren Stahlrohrausführungen verzichtet. Der Wechsel von einem „Stahlrohr“ zu einem „Stahlverbundrohr“ ist damit ein ähnlich gravierender technologischer Entwicklungsschritt, wie der Wechsel von einem Graugussrohr zu einem duktilen Gussrohr. Eine besondere Beachtung verdient allerdings der Umgang mit Fremdeinwirkungen im Zuge der Erstellung von Schadenstatistiken. Dabei ist es unerheblich, welchem Zweck letztlich diese Schadenstatistiken dienen. Die getrennte Erfassung der Fremdeinwirkungen ist schon in den ersten Regelwerken verankert, da zu Recht diese Schäden keine Relevanz für eine materialbedingte Nutzungsdauerabschätzung haben. Gerade der im DVGW-Regelwerk W 402 und G 402 für die Schadenstatistiken zur Rehabilitationsplanung vorgesehene Ausschluss einer Schadensursache wie Fremdeinwirkungen ist äußerst kritisch zu sehen, zumal sich die Frage der sinnvollen Abgrenzung von werkstoffbedingtem und damit nutzungsdauerrelevantem oder durch mangelnde Sorgfalt verursachtem Fremdschaden in der Praxis generell stellt [3],[4].

Bild 5 zeigt dazu das Beispiel eines PE-Rohrschadens und einer Umhüllungsfehlstelle mit Korrosionsangriff am Stahlrohr. Hier zwischen einer Fremdeinwirkung oder materialbedingter Veränderung zu unterscheiden, erfordert schon eine genauere Betrachtung der Schadensfälle. Da es im Falle des Stahlrohres zu keinem Mediumaustritt gekommen ist, handelt es sich hier schon einmal nicht um einen Rohrschaden im Sinne der Regelwerke G 402 und W 402 [3],[4]. Die Umhüllung wurde durch Fremdeinwirkung „beschädigt“. Eine Versprödung der Umhüllung ist hier nicht nachweisbar. Durch die Reparatur kann das Rohr weiterhin betrieben werden. Wäre es im Laufe der Zeit zu einer Undichte gekommen, ist dies als Schaden durch Fremdeinwirkung einzustufen - die Korrosion ist das Ergebnis einer äußeren Einwirkung und kein materialbedingtes Versagen. Beim PE-Rohr wurde hingegen in diesem Schadensfall eine Versprödung durch die Biegeprobe entsprechend Anhang B nach DVGW-Merkblatt 19-1 nachgewiesen (**Bild 6**) [5],[11]. Das PE-Rohr konnte somit über zwei Jahrzehnte in der vorliegenden Einbausituation ohne Probleme betrieben werden. Mit zunehmendem Versprödungsgrad steigt die



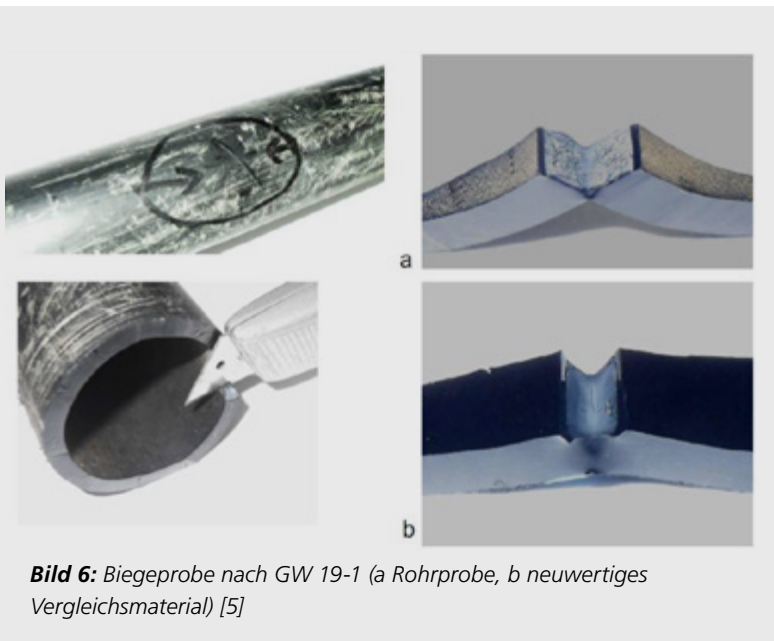


Bild 6: Biegeprobe nach GW 19-1 (a Rohrprobe, b neuwertiges Vergleichsmaterial) [5]

auf die Versprödung des Grundwerkstoffes und damit auf materialbedingtem Versagen zurückzuführen.

Die schwierige Bewertung der Fremdeinwirkung spiegelt sich im Umgang mit der Zuordnung solcher Schäden in den Regelwerken wider. Die Korrosion ist ein Schadensbild, das heute mit Blick auf eine Verbundrohrtechnologie ursächlich auf Fremdeinwirkungen, Bodenbewegungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Materialfehler usw. zurückgeführt werden kann. Es ist un schwer zu erkennen, dass bei Aufnahme der Korrosion als Schadensursache in solchen Statistiken eine korrekte Bewertung ausgeschlossen ist (**Bild 7**).

Eine derartige Erfassung war Gegenstand des inzwischen zurückgezogenen DVGW-Arbeitsblattes W 395 [9]. Im Gasbereich ist diese Form der Erfassung von Schadensursachen neben der schon angesprochenen kumulierten Betrachtungsweise auch heute noch im DVGW-Arbeitsblatt G 410 verankert [12]. Im Wasserbereich wurde in der ersten Fassung des W 402 aus dem Jahr 2010 dieser Mangel im Anhang E noch berücksichtigt [4]. Hier wurde zwischen „Mechanischen und thermischen Fremdeinwirkungen“ und „Korrosion oder Werkstoffalterung“ unterschieden (**Bild 8**). In den Fußnoten war vermerkt, dass unter mechanischen und thermischen Fremdeinwirkungen auch diejenigen zu erfassen sind, die in der Folge bei

Bruchanfälligkeit und endet mit einem Riss. Der damit verbundene Mediaustritt ist ein Rohr schaden. Dieser Rohr schaden ist im Gegensatz zur Beschädigung des Stahlrohres

Kenndaten: Leitungen und Zubehör; Rohre und Rohrverbindungen		Berichtsjahr	<input type="text"/>			
W1 <input type="text"/> Kontroll-Nummer des WVU		<input type="text"/>	<input type="text"/> Name des Sachbearbeiters des WVU			
			<input type="text"/> Telefon-Nr.			

Leitungslängen (km)	Anzahl der Schäden je Schadenskategorie						Summe
	Fremd- einwirkungen	Boden- bewegungen	Korrosion	defekte Rohr- verbindungen	Mängel an Leitungen und Zubehör	Sonstiges	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bild 7: Auszug aus der Schadenserfassung laut DVGW-Arbeitsblatt W 395 [9]

Leitungslängen in km	Anzahl der Schäden je Schadenskategorie (Formblatt W1.3)						Summe
	Mechanische und thermi- sche Fremd- einwirkungen ^a	Bodenbe- wegungen	Korrosion oder Werk- stoffalterung ^b	Verlege- und Einbaufehler ^a	Werkstoff- fehler	Sonstiges	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

^a Dazu gehören auch Einwirkungen, die in der Folge bei Eisenwerkstoffen zur Korrosion führen.
^b lediglich aufgrund fehlendem passiven Korrosionsschutz bei Rohren aus Eisenwerkstoffen, jedoch ohne Korrosionsschäden, die auf andere Schadenskategorien wie z. B. Fremdeinwirkungen oder Verlegefehler zurückzuführen sind.

Bild 8: Auszug aus der Schadenstatistik Wasser, W 402 Anhang E Ausgabe 2010 [4]

Eisenwerkstoffen zur Korrosion führen. Korrosion und Werkstoffalterung war nur dann als Schadenskategorie zu wählen, wenn der passive Korrosionsschutz fehlt. Schäden durch Verlegefehler oder Fremdeinwirkungen waren somit bei umhüllten Stahlleitungen ausdrücklich aus den Schadenstatistiken zu streichen.

Gerade aufgrund der Komplexität einer solchen Bewertung unterscheidet jedoch das im April 2015 veröffentlichte Beiblatt W 402 B1 als Ersatz für den Anhang E des DVGW-Arbeitsblattes W 402 nur noch zwischen Schäden mit und ohne Fremdverursachung, wobei diese auf Schadensursachen wie Blitzschlag oder Baggerschäden begrenzt sind, die unmittelbar zu einem Medienaustritt führen [13]. Die nach W 402 B1 vorgesehene Datenerfassung dient dabei wie das DVGW-Arbeitsblatt G 410 als Grundlage für die DVGW-Schadenstatistik. Offen ist die Frage, welche Information eine solche kumulierte und mit zweifelhafter Zuordnung von Fremdeinwirkungen behaftete Statistik überhaupt bietet. Dies gilt insbesondere mit Blick auf die oftmals verwendete vergleichende Darstellung von Absolutwerten der Schadensraten für verschiedene Werkstoffgruppen. Eine Aussagekraft im direkten Vergleich der Werkstoffe und damit in Bezug auf die absolute Schadensrate ist aus den schon genannten Gründen nicht gegeben. Paradoxerweise wird in den Veröffentlichungen des DVGW heute darauf hingewiesen, die Angabe von Absolutwerten der Schadensraten jedoch beibehalten [14]. Mit Blick auf die Problematik einer Zuordnung von fremdverursachten Schäden wäre es sinnvoll, erst gar keine Unterscheidung in Bezug auf äußere Einwirkungen zu treffen und alle Schäden mit einer Undichte und Medienaustritt in den Statistiken aufzunehmen. Unstrittig ist, dass der Baggerschaden oder Blitzschlag, aber auch jede andere Form der äußeren Einwirkung für das eigentliche Nutzungsverhalten des Werkstoffes keine Aussagekraft hat und als Singularität zu behandeln ist. Dabei ist völlig unbedeutend, ob der Schaden nun unmittelbar oder erst nach Jahren entsteht. Als eine solche Singularität

würde aber bei der globalen Erfassung aller Schäden die Fremdeinwirkung in einer Schadenstatistik auch nur von untergeordneter Bedeutung sein und lediglich ein „Grundrauschen“ in der statistischen Auswertung darstellen. Ein materialbedingtes Versagen würde sich in jedem Fall von diesem „Grundrauschen“ abheben. Auf diese Möglichkeit wurde in einem Positionspapier des DVGW TK Außenkorrosion bereits hingewiesen [15].

Aktuell wird jedoch die Unterscheidung von Schäden mit oder ohne Fremdeinwirkungen gewünscht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Definitionen auszuschließender Fremdeinwirkungen in den Schadenstatistiken der aktuellen DVGW-Regelwerke sehr unterschiedlich sind. Die Fremdverursachung laut W 402 B1 wird auf unmittelbare Ereignisse wie Blitzschlag, usw. eingeschränkt, während für eine Statistik zur Rehabilitationsplanung im Sinne der Arbeitsblätter G 403 und W 403 prinzipiell alle durch äußere Einwirkungen entstandene Schäden auszuschließen sind, da diese für die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Rohrausführung keine Bedeutung haben. So ist eine genaue Untersuchung vor Ort mit Blick auf die Aussagefähigkeit einer Schadenstatistik zur Rehabilitationsplanung derzeit unerlässlich. Auch hier bietet das DVGW-Merkblatt GW 19 mit seiner Systematik eine sehr wesentliche Hilfestellung [6].

4. Die DVGW-Merkblätter GW 18 und GW 19

Die Rehabilitationsplanung für Leitungsnetze im Gas- und Wasserbereich basiert auf den schon mehrfach erwähnten DVGW-Regelwerken G 402/G 403 und W 402/W 403 [3],[4]. In diesen Regelwerken wird zwischen kathodisch geschützten Leitungen und nicht kathodisch geschützten Leitungen unterschieden (**Bild 9**). Hintergrund ist die Tatsache, dass bei kathodisch geschützten Leitungsnetzen aus den laut Regelwerk erforderlichen Überwachungsmessungen kritische Leitungsabschnitte in der Regel messtechnisch erfasst werden. Aus den Messungen zur Überwachung der Leitungen und Leitungsnetze können Rehabilitationsmaßnahmen direkt abgeleitet werden.

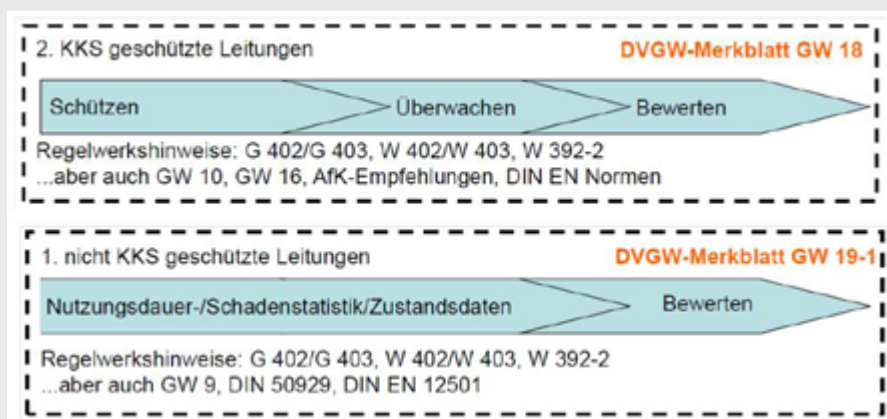


Bild 9: Anwendungsbereiche der DVGW-Merkblätter GW 18 und GW 19-1

<u>Zustand innen:</u>	<u>Innenbeschichtung:</u>	ZM Bitumen / Teer Gewebeschauch keine	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<u>Zustand außen:</u>	<u>Haftung der Umhüllung:</u>	gut schlecht	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<u>Zustand Innenbeschichtung</u>	gut schlecht nicht erkennbar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<u>Zustand Außenbeschichtung:</u>	gut schlecht	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Bild 10: Beispiel der Zustandserfassung laut Anhang des DVGW-Arbeitsblattes G 402 [3]

Diese Beurteilungsmöglichkeit fehlt bei nicht kathodisch geschützten Rohrleitungen. Hier sind für die Rehabilitationsplanung aussagefähige Schadenstatistiken und in der Folge für die Maßnahmenplanung eine entsprechende Entscheidungsbasis für Ersatzmaßnahmen erforderlich. Für diese Entscheidungsbasis dient ein Zustandskataster des Leitungszetzes, das mit Hilfe einer systematischen Bewertung vor Ort bei jeder möglichen Freilegung von Leitungsabschnitten erstellt wird. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird somit die jeweilige Aufgrabung nicht nur für Reparaturen, Umverlegungen, Anschlüssen usw. genutzt, sondern dient langfristig der Rehabilitationsplanung des Unternehmens. So wurden bereits in den informativen Anhängen von G 402 und W 402 mögliche Formen der Zustandsdatenerfassung vorgestellt. **Bild 10** zeigt das Beispiel einer solchen Erfassung für den „Zustand Außenbeschichtung“ laut Anhang I des DVGW-Arbeitsblattes G 402 [3]. Die gewählten Kriterien „gut“ oder „schlecht“ bieten jedoch später kaum eine geeignete Basis für die Bewertung, da einerseits jeder vor Ort darunter etwas anderes versteht und zudem keinerlei Informationen vorliegen, woran diese Einschätzung vor Ort letztlich geknüpft wird. Je aussagefähiger das Zustandskataster ist, umso sinnvoller können Ersatzmaßnahmen geplant werden. Daher sind einheitliche

Kriterien einer solchen Zustandsbewertung zugrunde zu legen. Dieser Aufgabenstellung widmet sich der erste Teil des DVGW-Merkblattes GW 19 [6].

4.1 Das DVGW-Merkblatt GW 19 [6]

Unter dem Titel „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ ist der erste Teil des DVGW-Merkblattes GW 19 im Juli 2015 veröffentlicht worden. Unabhängig von der Aufgabenstellung einer Zustandsbewertung oder einer Klärung von Schadensursachen vor Ort wird mit diesem Regelwerk ein Kochrezept für die gezielte Datenerfassung realisiert. Dabei sind alle Kriterien bis hin zu den Handlungsempfehlungen Ampelfarben zugeordnet, die später im Zustandskataster eine Entscheidung für Ersatzmaßnahmen erleichtern. Das Regelwerk unterscheidet zwischen den Umgebungs- und Zustandsdaten eines zu bewertenden Objektes. Dazu zählen einerseits die Bettung und der umgebende Boden unter Berücksichtigung physikalischer und korrosionschemischer Aspekte sowie außergewöhnliche Lasten. Andererseits sind im Falle der Zustandsdaten einer Rohrleitung neben der Bewertung des Rohrwerkstoffes ggf. auch die Innen- und Außenkorrosion sowie Korrosionsschutz durch Beschichtung, Umhüllung oder Auskleidung zu berücksichtigen (**Bild 11**).



Bild 11: Zu erfassende Umgebungs- und Zustandsdaten nach DVGW-Merkblatt GW 19-1 [6]

ZUSTANDSBEWERTUNG AUßEN		ANLASS: <input type="checkbox"/> SCHADEN (Undichte) <input type="checkbox"/> SONSTIGE	
UMHÜLLUNGSART		ZUSTANDSBESCHÄDIGUNG	
<input type="checkbox"/> kein Schutz	<input type="checkbox"/> Bitum/Glasvlies	Carbonatisierung ZM (Guss)	<input type="checkbox"/> nicht beschädigt <input type="checkbox"/> spröde
<input type="checkbox"/> Anstrich	<input type="checkbox"/> ZM (Stahl)	Schichtdicke ZM _____ mm	<input type="checkbox"/> beschädigt <input type="checkbox"/> elastisch
<input type="checkbox"/> Bit/Verzinkung	<input type="checkbox"/> ZM (Guss)	Prüfung mit Phenolphthalein:	<input type="checkbox"/> Kerben/Riefen <input type="checkbox"/> Verfärbungen
<input type="checkbox"/> Bitumen/Wollfilz	<input type="checkbox"/> FE, FP	Kein Färbung _____ mm	<input type="checkbox"/> andere Beschädigungen
UMHÜLLUNG/BESCHICHTUNG		AUßENKORROSION	
SCHICHTDICKE gemessen		Position Rohrumfang bei _____ Uhr	
<input type="checkbox"/> ja _____ mm	<input type="checkbox"/> nein	AUSMASS	Restwandstärke gemessen
HAFTUNG		<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> ja _____ mm
<input type="checkbox"/> keine Haftung	<input type="checkbox"/> Haftung vorhanden	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> nein
		<input type="checkbox"/> stark	
		FORM	TIEFE
		<input type="checkbox"/> punktförmig	<input type="checkbox"/> tief
		<input type="checkbox"/> flächenförmig	<input type="checkbox"/> flach

Bild 12: Beispiel der Zustandserfassung der Umhüllung nach DVGW-Merkblatt GW 19-1 [6]

Um das eingangs schon angesprochene Beispiel der Zustandsbewertung von Umhüllungen nochmals aufzugreifen, sind hier neben der Umhüllungsart konkrete Kriterien wie Sprödigkeit, Resthaftung und die vorliegenden Beschädigungen aufzunehmen (**Bild 12**).

Durch diese Bewertung ist ggf. auch die Frage einer Schadensursache zu beantworten. Ziel ist es, die Anzahl zu erfassender Daten vor Ort klein zu halten, um einerseits den Schulungsbedarf für die zuständigen Mitarbeiter des Netzbetreibers und andererseits den Arbeitsaufwand möglichst gering zu halten. So wird für die Beurteilung von Bettung und umgebenden Boden nicht auf aufwändige Laboruntersuchungen, sondern auf elektrochemische Messverfahren zurückgegriffen, die schon nach kurzer Zeit eine Einordnung der vorliegenden Korrosionsbelastung in den Ampelfarben ermöglicht (**Bild 13**). Mit jeder Aufgrabung und Bewertung des Leitungszustandes vor Ort ergibt sich so nach und nach das gewünschte Zustandskataster eines Leitungsnetzes. Neben dem bereits veröffentlichten ersten Teil des DVGW

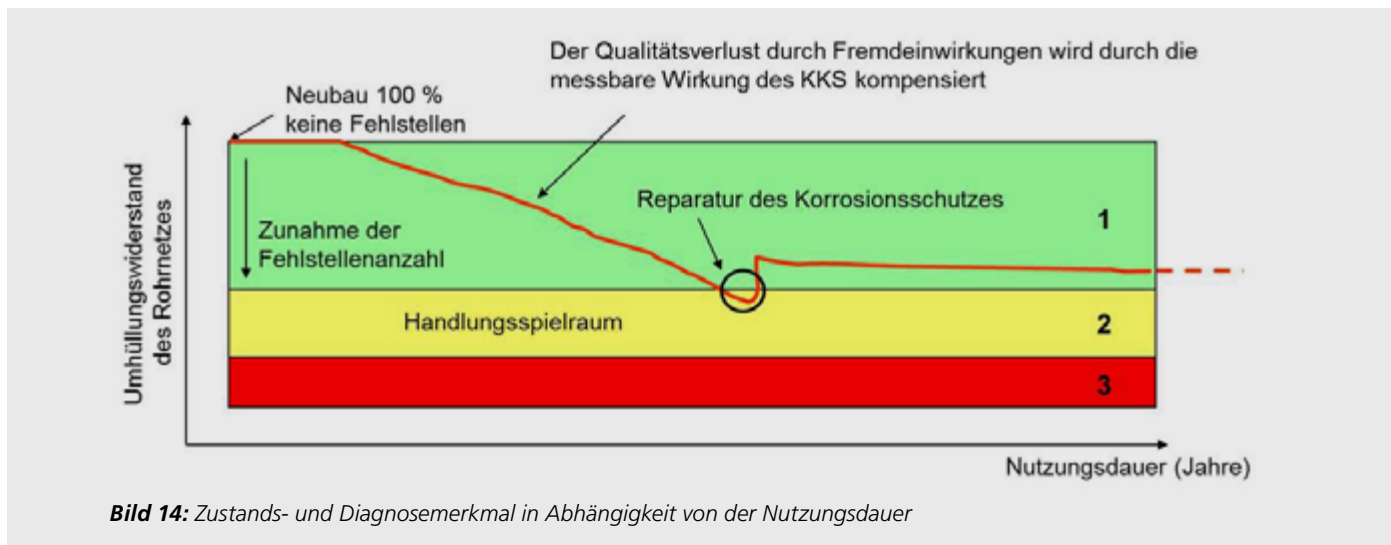
Regelwerkes GW 19 sind ergänzend zwei weitere Teile in Bearbeitung. Gerade im Falle kritischer Leitungszustände ist ggf. eine genauere Untersuchung erforderlich, um mögliche Risiken im Leitungsumfeld zu vermeiden. Dazu sind Untersuchungen durch den Sachkundigen erforderlich, der hier sowohl in Bezug auf die Untersuchungsmethoden als auch in Bezug auf die Entwicklung der metallischen Rohrausführungen weitergehende Informationen findet.

4.2 Das DVGW-Merkblatt GW 18 [5]

Konzeptionell sind die heute üblichen Stahlrohrausführungen in Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz (KKS) für eine Nutzungsdauer von weit über 100 Jahren ausgelegt. Die Phasen eines Betriebs von kathodisch geschützten Stahlleitungen sind in **Bild 14** dargestellt. Wesentliche Voraussetzung für einen gesicherten Betrieb des Leitungsnetzes in den Phasen 1 (grün) und 2 (gelb) ist die Kombination wirksamer passiver und aktiver Schutzmaßnahmen. Die Schadensfälle halten sich in der Phase 1 auf minima-

ZUSTAND	LEITUNGS- und BETTUNGSZONE	UMGEBENDER BODEN	
	BETTUNG	BODENART	
	<input type="checkbox"/> in Sandbettung	<input type="checkbox"/> Sand, nicht verunreinigt	<input type="checkbox"/> toniger Lehm/Ton (grün o. mit weißen Einsprengungen)
	<input type="checkbox"/> steinfreier Boden	<input type="checkbox"/> Lehm, nicht verunreinigt	<input type="checkbox"/> Fels/ Steine
<input type="checkbox"/> steiniger Boden	<input type="checkbox"/> lehmig-mergelig mit Steinen	<input type="checkbox"/> stark verunreinigter Boden z.B. Kohle, Asche, Schutt	
<input type="checkbox"/> punktf. Unterbaut	ERMITTLUNG KORROSIONSBELASTUNG über elektrochem. Messverfahren		
<input type="checkbox"/> im Schacht	<input type="checkbox"/> LPR-Verfahren	Korrosionsbelastung	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CC-Verfahren	<input type="checkbox"/> niedrig	<input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> hoch
Überdeckung _____ m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Bodenprobe entnommen	

Bild 13: Beispiel der Erfassung der Umgebungsdaten nach DVGW-Merkblatt GW 19-1 [6]



lem Niveau. Die Betriebserfahrungen zeigen, dass sich der Umhüllungswiderstand eines Leitungsnetzes durch die Zunahme von Umhüllungsfehlstellen aufgrund von Fremdeinwirkungen, im Laufe der Zeit abbaut. Durch die Messmethoden des KKS kann überwacht werden, ob und wann die Qualität des Korrosionsschutzes in die Phase 2 absinkt (Wargrenze). In der Phase 2 wird üblicherweise in Kooperation von Netzbetrieb und KKS-Fachleuten eine Bewertung der Leitungsabschnitte vorgenommen und die Prioritäten für die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen festgelegt. Leitungen, die einer solchen zustandsorientierten Instandhaltung unterliegen, erreichen in der Regel die Phase 3 (rot) nicht. Die Phase 3 ist den nicht oder unzureichend kathodisch geschützten Leitungen vorbehalten.

Die Bewertungsgrundlage für diese zustandsorientierte Form der Instandhaltung ergibt sich aus der Wirkungsweise des kathodischen Korrosionsschutzes. Die Stromdichte-Potentialkurve von Stahl im belüfteten und unbelüfteten Erdboden [16] erläutert und begründet das der Bewertung zugrunde liegende Ampelmodell gemäß Bild 14. Der grüne Bereich des Ampelmodells (Phase 1) kennzeichnet den Schutzbereich für den kathodischen Korrosionsschutz, der in belüfteten Böden zwischen $-0,85\text{ V}$ und $-1,15\text{ V}$, gemessen gegen die Kupfersulfatelektrode (Cu/CuSO_4), liegt. Durch die Messmethoden nach DVGW-Arbeitsblatt GW 10 [17] kann die Wirksamkeit bzw. die Qualität des KKS überwacht und das Erreichen des gelben Bereiches (Phase 2) erkannt werden. Ab diesem Zeitpunkt ist die Schutzwirkung des KKS nicht mehr ausreichend, folglich besteht ein Handlungsbedarf für die Planung und Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen.

Das im Januar 2013 unter dem Titel „Zustandsbewertung von kathodisch geschützten Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ veröffentlichte DVGW-Merkblatt GW 18 [5] beschreibt dazu die grundlegende Vorgehensweise beim Aufbau einer Zustandsbewertung auf der Basis von KKS-Messdaten und gibt Hinweise, wie diese im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie und Instandsetzung verwendet werden kann. Grundvor-

aussetzung für die Anwendung des KKS im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltung für Rohrleitungen ist ein wirksamer passiver und aktiver Korrosionsschutz. Um den Umfang der messwertbasierten Zustandsbewertung möglichst gering und die Akzeptanz für die laufende Pflege möglichst hoch zu halten, werden für die Bewertung nur das Schutzpotentialkriterium nach DIN EN 12954 [18] und die mittlere Schutzstromdichte herangezogen.

Die Erfassung der Messdaten erfordert dabei keinen zusätzlichen Aufwand, da diese ohnehin aus den Überwachungsmessungen nach DVGW-Arbeitsblatt GW 10 zur Verfügung stehen. Die mobil erfassten Messdaten nach GW 10 und die Bestandsdaten aus dem GIS können dazu in einer Anwendung mit Tabellenkalkulation oder einer Datenbank gespeichert und daraus die korrosionsschutztechnischen Größen „mittlere Schutzstromdichte“ und „spezifischer Umhüllungswiderstand“ berechnet werden. Werden diese Ergebnisse in ein geeignetes Kennzahlensystem überführt und mit Schulnoten versehen, resultiert bei der Zustandsbewertung direkt die notwendige Arbeitsfolge. Die Ermittlung der zu rehabilitierenden Leitungsabschnitte erfolgt durch Messmethoden nach der AfK-Empfehlung Nr. 10 [19], z. B. durch die intensive Fehlstellenortung (IFO). Leitungsabschnitte, bei denen das Schutzpotentialkriterium nach DIN EN 12954 nicht erfüllt ist, bzw. Leitungsabschnitte, von denen eine unzulässige Beeinflussung anderer Objekte ausgeht, sind kurz- bis mittelfristig zu rehabilitieren. Mit Blick auf die heute erweiterten Mess- und Bewertungsmöglichkeiten erfüllt der kathodische Korrosionsschutz nicht nur die Aufgaben eines klassischen Korrosionsschutzsystems, sondern bildet darüber hinaus die Grundlage einer messwertbasierten Zustandsbewertung. Kathodisch geschützte Rohrleitungen werden ohne Aufgrabung von der Erdoberfläche aus bewertet.

5. Zusammenfassung

Grundlage für die Rehabilitationsplanung von Leitungsnetzen in der Gas- und Wasserversorgung nach heutigem Regelwerk ist neben einer aussagefähigen Schadenstatistik eine Zustand-

serfassung des Leitungsnetzes um kritische Netzabschnitte zu identifizieren. Aus den Schadenstatistiken ergeben sich für nicht kathodisch geschützte Rohrleitungen die zu ersetzenden Leitungslängen einer Rohrausführung. Für die sinnvolle Planung der Ersatzmaßnahmen muss der Netzverantwortliche über ein Zustandskataster seines Leitungsnetzes verfügen, um kritische Leitungsabschnitte identifizieren zu können. Hier bietet das DVGW-Merkblatt GW 19-1 die Bewertungsgrundlage, um beispielsweise bei Schäden, Umverlegungen oder beim Setzen von Anschlüssen den Zustand freiliegender Leitungsabschnitte zu erfassen und so im Laufe der Zeit ein entsprechendes Zustandskataster zu realisieren. Für andere Rohrwerkstoffe wäre ein solches Regelwerk ebenfalls wünschenswert. Das DVGW-Merkblatt GW 19-1 liefert hier schon ansatzweise die zu erfassenden Merkmale, da in der Verbundrohrtechnologie beispielsweise zementgebundene Werkstoffe oder Polyethylen berücksichtigt sind.

Für genauere Untersuchungen, z. B. im Falle kritischer Leitungszustände, sind zwei weitere Teile des Regelwerkes in Bearbeitung, um dem Sachkundigen zusätzliche Informationen zu bieten. Das DVGW-Merkblatt GW 19 liefert darüber hinaus auch die Bewertungsmöglichkeit von Schäden, um ggf. Fremdeinwirkungen von materialbedingten Schädigungen zu unterscheiden. Diese Differenzierung ist dann von elementarer Bedeutung, wenn in einer Schadenstatistik für die Rehabilitationsplanung Schäden nicht global erfasst, sondern Fremdeinwirkungen als Schadensursache gezielt eliminiert werden sollen. Bei kathodisch geschützten Leitungen bietet die Zustandserfassung nach GW 18 durch Anwendung der Messmethoden des KKS die Bewertungsmöglichkeit und erlaubt eine direkte Identifizierung kritischer Leitungsabschnitte, die einer Reparatur oder Ersatzmaßnahme bedürfen. Schäden sind bei derart überwachten Leitungen konzeptionell nicht vorgesehen.

Literatur

- [1] Technischer Hinweis – DVGW-Merkblatt G 403 „Entscheidungshilfen für die Instandhaltung von Gasverteilungsnetzen“, in Bearbeitung
- [2] Technischer Hinweis – DVGW-Merkblatt W 403 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen“ (2010-04)
- [3] DVGW-Arbeitsblatt G 402 „Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“ (2011-07)
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 402 „Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen“ (2010-09)
- [5] DVGW-Merkblatt GW 18 „Zustandsbewertung von kathodisch geschützten Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ (2013-01)
- [6] DVGW-Merkblatt GW 19-1 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung“ (2015-07); derzeit in Bearbeitung: DVGW-Merkblatt GW 19-2 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung – Systematische Bewertung“ sowie DVGW-Information Nr. 19-3 „Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung – Technische und konstruktive Informationen“
- [7] ehem. DVGW-Arbeitsblatt G 401 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Gasverteilungsnetzen“ (1999-09)
- [8] ehem. DVGW-Hinweis W 401 „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsnetzen“ (1997-09)
- [9] ehem. DVGW-Arbeitsblatt W 395 „Schadenstatistik für Wasserrohrnetze“ (1998-07)
- [10] Buckler, M.; Sattler, R.: DVGW-Schadenstatistik Wasser, erste Auswertung und Umsetzung. gwf-Wasser/Abwasser 140 (1999) S. 48-53
- [11] Kocks, H.-J.: Prüfung und Bewertung der Sprödigkeit von Bauteilen und Bauteilkomponenten aus Kunststoff; 3R international 51 (2012) S. 714-717
- [12] DVGW-Arbeitsblatt G 410 „Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas“ (2012-03)
- [13] DVGW-Arbeitsblatt W 400-B1 „Netz- und Schadenstatistik; Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen – Beiblatt 1: Unternehmensübergreifende Datenerhebung“ (2015-07)
- [14] Walther, G.; Schroeder, T.; Drescher, D.: DVGW Schadenstatistik Wasser, DVGW energie | wasser-praxis (2012) S. 110-115
- [15] Deiss, R.; Gaugler, H.; Kocks, H.-J.: „Werkstoffbezogene Begriffe der Instandhaltung“, DVGW energie | wasser-praxis (2014) S. 12-21
- [16] Gaugler, H.; Wadenstorfer, A.; Steiger, O.: KKS-gestützte zustandsorientierte Instandhaltung von Gasverteilungsnetzen; DVGW energie | wasser-praxis (2011) S. 22-28
- [17] DVGW-Arbeitsblatt GW 10 „Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) erdverlegter Lagerbehälter und Rohrleitungen aus Stahl – Inbetriebnahme und Überwachung“ (2008-05)
- [18] DIN EN 12954 „Kathodischer Korrosionsschutz von metallischen Anlagen in Böden und Wässern – Grundlagen und Anwendung für Rohrleitungen“ (2001-04)
- [19] AfK 10 „Verfahren zum Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes an erdverlegten Rohrleitungen“ (2014-02)

AUTOREN



Dr. **HANS-JÜRGEN KOCKS**
Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH,
Siegen
Tel. +49 271 691-170
hans-juergen.kocks@smlp.eu
www.smlp.eu



HANS GAUGLER
Stadtwerke München GmbH, München
Tel. +49 89 2361-3600
gaugler.hans@swm.de
www.swm.de