



Quelle: toa555 – Fotolia.com

# Werkstoffbezogene Begriffe der Instandhaltung und ihre Bedeutung für die Instandhaltungsplanung von Rohrleitungen

Die **Veröffentlichung von Regelwerken** der jüngeren Vergangenheit zeigt speziell in der aktuellen Fragestellung der Instandhaltungsplanung von Rohrleitungsnetzen eine nicht zu unterschätzende Begriffsverwirrung, die sowohl dem Hersteller als auch dem Anwender Probleme bereitet und gegebenenfalls die Sinnhaftigkeit der dort verankerten Verfahrensweisen in Frage stellt. Dieser Beitrag soll solche **Unstimmigkeiten** verdeutlichen und damit **Hilfestellung** für eine später vorgesehene Revision dieser Regelwerke bieten.

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. Während im Falle kathodisch geschützter Leitungen mit Hilfe der Messdaten eine Instandhaltungsplanung umsetzbar ist, sind im Falle nicht kathodisch geschützter Rohrleitungen aussagekräftige Zustands- und Schadensdaten erforderlich, um auf statistischer Basis eine Instandhaltungsplanung umzusetzen.

Im Rahmen der Instandhaltungsplanung von Leitungsnetzen wird das Nutzungsverhalten von Bauteilen und Werkstoffen im DVGW-Merkblatt G 403 bzw. DVGW-Merkblatt W 403 sowie den dazugehörigen Regelwerken zur Erfassung der

erforderlichen Daten, den DVGW Arbeitsblättern G 402 und W 402, behandelt [1, 2, 3, 4]. Während sich bei kathodisch geschützten Leitungen der Handlungsbedarf für Instandsetzungsmaßnahmen weitgehend direkt aus Messergebnissen ableiten lässt, ist die Maßnahmenplanung bei nicht kathodisch geschützten Leitungen derzeit auf die Auswertung von Schadenstatistiken angewiesen. Zur Beschreibung des Nutzungsverhaltens im Sinne der DVGW-Arbeitsblätter G 402 und W 402 müssen bei nicht kathodisch geschützten Leitungen in den Schadenstatistiken nicht nur die jeweiligen Bauteilausführungen Berücksichtigung finden. In den Schadenstatistiken muss darüber hinaus auch das Bauteilversagen auf die jeweilige Nutzungsdauer bezogen sein. In Abhängigkeit von Schadensrate und Nutzungsdauer ergibt sich

dann eine empirische Funktion, die das Nutzungsverhalten beschreibt. Im Zusammenhang mit einer Instandhaltungsplanung sind dabei nicht nur Begrifflichkeiten wie Betriebsfähigkeit, Lebensdauer und Nutzungsdauer, sondern auch Begriffe wie Beschädigung, Schaden oder das Versagen des Bauteils gegeneinander abzugrenzen.

## Begrifflichkeiten der Instandhaltungsplanung

### Betriebsfähigkeit

Unter der Betriebsfähigkeit ist die Zeit zu verstehen, in der ein Bauteil oder ein Werkstoff die für eine Anwendung erforderlichen Leistungsmerkmale bietet und im Rahmen seiner Auslegung betrieben werden kann. Anorganische Werkstoffe wie Guss, Stahl, Beton, Asbestzement oder Steinzeug haben unter der überwiegend ruhenden Beanspruchung einer erdverlegten Rohrleitung eine unendliche Betriebsfähigkeit. Aus diesem Grunde sind in den technischen Lieferbedingungen für diesen Anwendungsbereich auch keine Zeitstanduntersuchungen vorgesehen. Die mechanischen Eigenschaften bleiben unverändert. Bei Rohren aus organischen Werkstoffen wie beispielsweise Polyethylen wird die Betriebsfähigkeit nach DIN 8075 ermittelt [5]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Betriebsfähigkeit nicht wie bei anorganischen Werkstoffen die Gesamtheit der mechanischen Eigenschaften umfasst, sondern auf den Festigkeitsaspekt eingeschränkt ist (siehe Erläuterungen [5]).

Zur Betriebsfähigkeit eines Bauteils können dementsprechend von einem Hersteller oder Prüfinstitut Angaben zur Verfügung gestellt werden. Für Wasserverteilungsanlagen wird laut DIN EN 805 eine planerische Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren angesetzt, eine Forderung, die letztlich nur durch den Einsatz von Bauteilen erfüllt werden kann, die mindestens über eine ebenso große Betriebsfähigkeit verfügen [6].

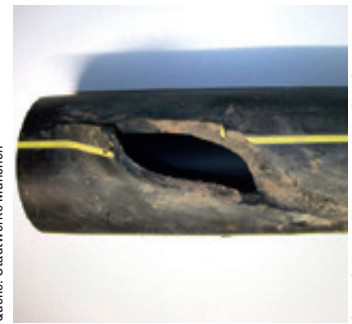
### Lebensdauer

Im Gegensatz zur Betriebsfähigkeit wird die Lebensdauer von Bauteilen begrenzt durch Faktoren wie produktionsbedingte Materialunterschiede, die Sorgfalt einer Verlegung, die Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen eines Bauteils und im Falle der Rohrleitungen auch durch äußere Beanspruchungen und Fremdeinwirkungen (Abb. 1a und b). Damit sind sicher nicht einzelne Ereignisse wie z. B. der einzelne Baggerschaden entscheidend. Hier geht es letztlich um die Häufigkeit von Schäden, die sich aus den Schadenstatistiken ableiten lässt.

Im Falle der Rohrleitungen gilt, dass ein Bauteilschaden unabhängig vom Werkstoff maßgeblich auf eine Kombination von Korrosion bzw. Alterung und äußeren Einwirkungen zurückzuführen ist. Bei einigen Werkstoffen ist lediglich eine Umkehrung der Kausalität zu berücksich-



Quelle: Stadtwerke München



Quelle: Salzgitler Mannesmann Line Pipe GmbH

Abb. 1 a und b: Baggerzahnangriff an einer polyethylenumhüllten Gasleitung aus Stahl und einer Polyethylenleitung

tigen. Während beispielsweise beim korrosionsgeschützten umhüllten Stahlrohr ein Korrosionsschaden üblicherweise das Ergebnis einer äußeren Einwirkung und damit einer Beschädigung der Umhüllung ist, wird bei Werkstoffen wie Polyethylen und PVC im Falle einer Werkstoffversprödung die aufgrund der geringen Festigkeit ohnehin schon größere Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einwirkungen noch verstärkt. Das spröde Werkstoffverhalten ergibt sich im Laufe der Zeit durch Korrosion oder Alterung des Werkstoffes (Abb. 2). Der Zeitraum bis zur Versprödung des Materials ist dabei nicht mit der auf die Festigkeit bezogenen Betriebsfähigkeit des Materials zu verwechseln. Schaut man sich dazu beispielsweise die Zeitstandsinnendruckkurven der ersten Kunststoffrohrgeneration an, wird klar, dass diese mit Blick auf eine durch Extrapolation ermittelte Betriebsfähigkeit von 50 Jahren bis in den Sprödbereich hinein kalkuliert ist; vergleiche z. B. Bild 1 in [7] mit Bild 4 in [8].

Ähnliches gilt prinzipiell für den Grauguss. Die Bruchanfälligkeit kann im Laufe der Zeit durch die Spongiose zunehmen (Abb. 3). Die Spongiose ist eine Schadensform, bei der Eisen aus dem Werkstoffgefüge herausgelöst wird. Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes im Grauguss verbleibt ein praktisch formgleiches Grafitgefüge ohne die erforderlichen Materialfestigkeiten. Diese zumeist muldenförmige Werkstoffschädigung hat im Falle von Setzungen, Punkt- oder dynamischen Lasten eine entsprechende Kerbwirkung und begünstigt den



**TECHNETICS**  
Datenlogger + Messtechnik GmbH

Datenlogger Druckprüfsysteme  
Fernabfrage Lecküberwachung  
**TECHNETICS.de 0761-452190**

*Komplettsysteme Wasserleitungsprüfung*








Abb. 2: Riss eines versprödeten PE-Rohres unter Punktlagerung

Quelle: Salzgitte Mannesmann Line Pipe GmbH



Abb. 3: Spongiose bei einem Graugussrohr

Quelle: Salzgitte Mannesmann Line Pipe GmbH

Bruch des Materials. Auch im Falle der Bauteile aus Faserzement nimmt die Bruchanfälligkeit zu, wenn im sauren Boden die Mörtelmatrix zersetzt wird.

Äußere Einwirkungen, aber auch Betriebszustände oder Umgebungsbedingungen sind über den Trassenverlauf

einer Leitung keineswegs als homogen zu bezeichnen. Schäden an einer Leitung oder einem Leitungsnetz sind zwangsläufig erst einmal lokale Erscheinungen, deren Häufigkeit letztlich als eine der wesentlichen Einflussgrößen für die Bewertung einer Nutzungsdauer anzusehen ist. Hier können sich beispielsweise auch aufgrund der Bodenverhältnisse schon regional sehr deutliche Unterschiede ergeben, wenn spröde Rohrwerkstoffe im Sand der Lüneburger Heide oder aber in den heterogenen Böden der Mittelgebirge betrieben werden.

### Nutzungsdauer

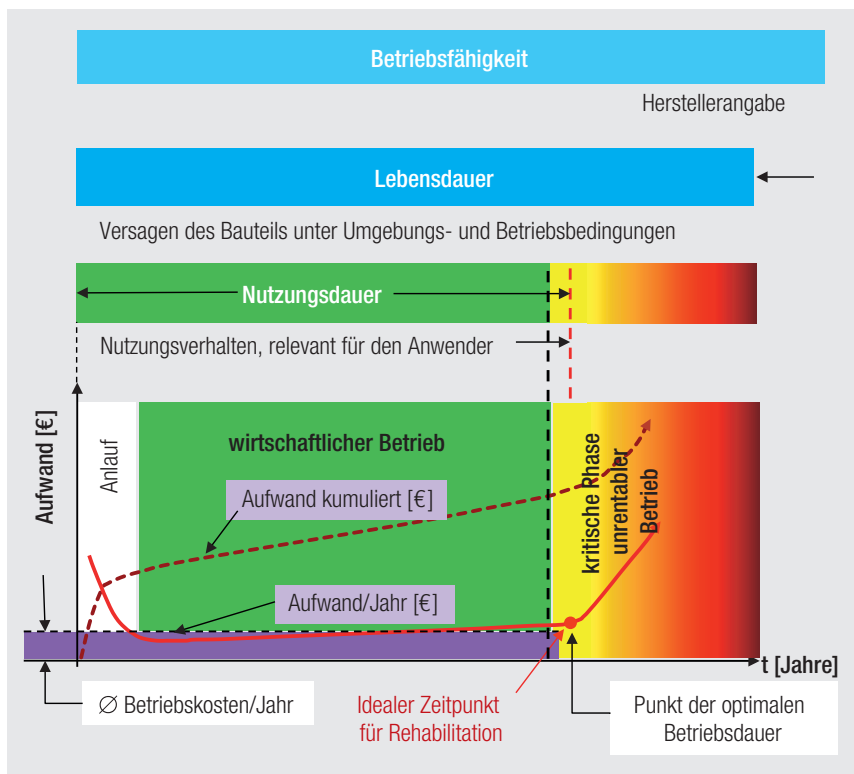
Die Nutzungsdauer ist speziell für den Betrieb von Rohrleitungen gegenüber der Lebensdauer abzugrenzen. Im Falle einer ausfallorientierten oder korrektiven Instandhaltung entspricht die Nutzungsdauer der Brauchbarkeitsdauer im Sinne der DIN EN 13306 [9]. Laut DVGW-Regelwerk ist jedoch eine ausfallorientierte bzw. korrektive Instandhaltung für Leitungsnetze nicht zu empfehlen [4, 10]. Mit der Vermeidung einer korrektiven oder ausfallorientierten Instandhaltung ist zwangsläufig eine Nutzungs-

reserve zwischen Lebens- und Nutzungsdauer verbunden. Die angestrebte Nutzungsdauer ist im Idealfall der maximale Zeitraum des Betriebs von Rohrleitungen, bevor aufgrund der alterungs- oder korrosionsbedingten Materialveränderungen die Schadenshäufigkeit zunimmt und damit die mittleren Instandsetzungskosten die Reinvestitionskosten übersteigen. Diese angestrebte Nutzungsdauer sollte dem optimalen Ersatz- bzw. Rehabilitationszeitpunkt entsprechen, sofern nicht andere betriebsbedingte Gründe die Nutzungsdauer einschränken oder gegebenenfalls auch ausweiten. Solche betriebsbedingten Gründe liegen vor, wenn beispielsweise im Zuge einer Straßenerneuerung Leitungen vorzeitig ausgetauscht werden oder aber im Falle eines hohen Verkehrsaufkommens der Austausch von Leitungen unzumutbar ist und damit ein größeres Ausfallrisiko und gegebenenfalls höhere Instandhaltungskosten in Kauf genommen werden.

Aufgrund der vielfältigen Einflussgrößen während des Betriebs sind die Lebensdauer und insbesondere das Nutzungsverhalten von Bauteilen oder Bauteilkomponenten nur durch eine systematische Zustands- und Schadens Erfassung durch den Anwender zu ermitteln. Lebens- oder Nutzungsdauervorhersagen oder gar -zusagen können angesichts einer Vielzahl relevanter Faktoren keinesfalls durch Hersteller oder Prüfinstitute getroffen werden.

### Schaden und Beschädigung

Bei der Zustandsbewertung von Rohrleitungen aus Eisenwerkstoffen mit Umhüllung ist der Unterscheidung zwischen einem Schaden und einer Beschädigung besondere Aufmerksamkeit zu widmen. In den DVGW-Regelwerken G 402 und W 402 ist der Leitungsschaden per Definition eine lokale, unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Versorgungsleitung, die in der Regel mit einem Mediumaustritt verbunden ist [3, 4]. Eine Fehlstelle in der Umhüllung und ein damit verbundener Korrosionsabtrag



Quelle: Stadtwerke München

Abb. 4: Zusammenhang der Begrifflichkeiten zum Nutzungsverhalten und der Instandhaltungsplanung

ist definitionsgemäß kein Schaden, solange die für den Betrieb erforderliche Wanddicke (rechnerische Wanddicke + Sicherheitsbeiwert) nicht unterschritten ist. Eine derartige Beschädigung bedeutet keine Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils. Die Integrität des Bauteils kann ohne Einbuße der Funktionalität durch eine Reparatur vollständig wieder hergestellt werden. Dies gilt insbesondere für kathodisch geschützte Leitungen, da durch den Schutzstrom ein Materialabtrag freiliegender Stahlflächen im Bereich beschädigter Umhüllungen auf ein Minimum ( $\leq 10 \mu\text{m/a}$ ) reduziert wird.

#### Versagen

Die DIN EN ISO 8044 kennt über den Schadensbegriff hinaus auch das Versagen des Bauteils als den vollständigen Verlust der Funktion des technischen Systems [11]. Hier schließt sich der Kreis zu den eingangs behandelten Begrifflichkeiten rund um das Nutzungsverhalten der Bauteile (Abb. 4). Am Ende der Lebensdauer steht das Versagen des Bauteils. Diese extreme Form der Bauteilschädigung spielt jedoch in der Rohrleitungspraxis kaum eine Rolle, weil sich schon aus wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Erwägungen heraus eine niedrigere Nutzungsdauer ergibt. Unzureichend gegen Korrosion geschützte Stahlrohre beispielsweise bedürfen in Abhängigkeit der Böden und Umgebungsbedingungen in einem Trassenverlauf lokal sehr unterschiedlicher Zeiträume bis zum Korrosionsdurchbruch. Unter wirtschaftlichen Aspekten ist es jedoch unsinnig, die Leitung immer wieder zu reparieren, bis auch unter den moderatesten Bedingungen des Trassenverlaufes eine für die vorliegenden Betriebsbedingungen kritische Wanddicke erreicht ist.

Abgesehen von betrieblichen Erfordernissen, wie beispielsweise den Umverlegungen, ist es für den Instandhalter entscheidend, wann aus wirtschaftlichen Gründen die erforderlichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Integrität einer Rohrleitung mit den Kosten für die Behebung von Schäden und Folgeschäden gegenüber

dem Aufwand für einen Neubau oder einer Sanierung nicht mehr zu vertreten sind oder unter sicherheitstechnischen Erwägungen der Neubau oder die Sanierung sinnvoll ist (vgl. ausfallorientiertes und präventives Instandhaltungskonzept). Diese Aspekte sind letztlich entscheidend für die Nutzungsdauer eines Systems.

#### Schadensursache – Schadensart

Die Korrosion als ein elektrochemischer Prozess eröffnet im Falle einer Verbundrohrtechnologie wie dem umhüllten Stahlrohr die Möglichkeit einer messtechnischen Zustandserfassung durch den kathodischen Korrosionsschutz. Diese Zustandserfassung bezieht sich dabei primär auf den Zustand des Korrosionsschutzes. Da jedoch dem Schaden im Falle eines beschichteten oder umhüllten Rohres aus Eisenwerkstoffen eine Schädigung des Korrosionsschutzes vorausgeht, kann durch die Messmethoden des kathodischen Korrosionsschutzes schon sehr frühzeitig ein Gefährdungspotenzial abgeschätzt werden. (Anm.: Die Zustandsbewertung bezieht sich allerdings nur auf den Zustand der Umhüllung und gegebenenfalls auf die ordnungsgemäße Funktion des KKS und nicht auf den Zustand der Rohrleitung.) Der Instandhaltungsaufwand wird durch diese zustandsorientierte Instandhaltung und die damit verbundene zielgerichtete Instandsetzung von Leitungen auf ein Minimum reduziert und erlaubt die Nutzung der Leistungsreserven eines derart überwachten Leitungsnetzes. Unabhängig von einem Einsatz als Werkzeug für eine zustandsorientierte Instandhaltung ist unter Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes ein Schaden, sei es durch Fremdeinwirkungen oder Materialversagen, konzeptionell nicht vorgesehen. Darum ist unter sicherheitstechnischen Erwägungen für Gasleitungen ab 5 bar in den Regelwerken und je nach Anwendungsbereich sogar per Verordnung (TRFL) ein kathodischer Korrosionsschutz vorgeschrieben [12]. Bei kathodisch geschützten Leitungen erfolgt die Planung von Instandset-

**sebaKMT**

Ein Mitglied der Megger Gruppe

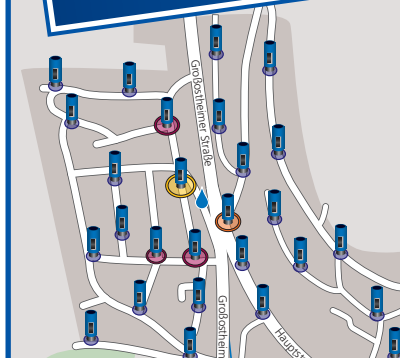
### Sebalog N-3 Netzwerk

Korrelierendes Geräusch-logger-Netzwerk



Monitoring

Automatisierte  
Leckageortung



Projektbeispiele unter:

[www.trinkwasserverluste.de](http://www.trinkwasserverluste.de)

Broschüre unter:

[www.sebakmt.com/n3-netzwerk](http://www.sebakmt.com/n3-netzwerk)

Interesse an einer Test-  
Netzwerk-Installation?

Schreiben Sie uns eine Email:  
[info@trinkwasserverluste.de](mailto:info@trinkwasserverluste.de)



Quelle: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH

**Abb. 5:** Korrosionsschaden Stahlrohr



Quelle: Stadtwerke München

**Abb. 6:** Korrosionsschaden GGG 1. Generation

zungsmaßnahmen nicht durch die Auswertung von Schadenstatistiken. Die Planung von möglichen Instandsetzungsmaßnahmen erfolgt hier auf Basis der Messdaten des kathodischen Korrosionsschutzes. Bei diesen Instandsetzungsmaßnahmen handelt es sich dabei nicht zwangsläufig um den Austausch von Leitungen, sondern gegebenenfalls auch um punktuelle Reparaturen.

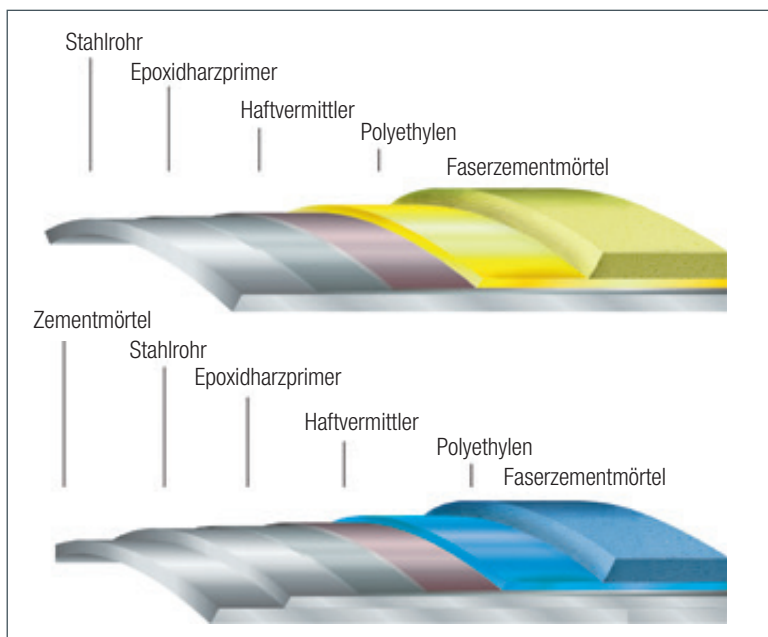
Nur im Falle der Leitungen aus nicht metallischen Werkstoffen sowie der nicht oder nicht von Anfang an kathodisch geschützten Leitungen aus Eisenwerkstoffen liegen gegebenenfalls Schadensdaten vor, die eine Instandhaltungsplanung auf statistischer Basis ermöglichen. Hier wird der Instandhaltungsaufwand durch die Auswertung statistischer Daten zum Nutzungsverhalten und die damit verbundene Bewertung von Schadensursachen und Schadensart ermittelt. In den Schadenstatistiken ist es von größter Bedeutung, mögliche Schadensursachen zu differenzieren, um die relevanten Einflussgrößen auf das Nutzungsverhalten zu erkennen. Aus solchen Auswertungen ergibt sich der Handlungsbedarf, wenn beispielsweise aufgrund bestehender Produktmängel technische Lieferbedingungen angepasst oder bei einem ausgeprägten Mangel an Verlegesorgfalt Verfahrensanweisungen für die Baustellen geändert werden müssen.

Bei Rohren aus Eisenwerkstoffen sind zwei unterschiedliche Konzepte einer Auslegung zu berücksichtigen. Rohre ohne Umhüllung bzw. Rohre mit Dünnbeschichtungen mussten in

der Praxis laut Regelwerk mit einem Korrosionszuschlag kalkuliert werden. Aus dem Waddickenzuschlag ergibt sich zwangsläufig eine planerische Nutzungsdauer, bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist. In Wasserleitungsnetzen sind auch heute noch vielfach Rohre aus Eisenwerkstoffen im Betrieb, die über keinen oder nur einen unzureichenden Korrosionsschutz verfügen (Abb. 5). Dazu zählen z. B. auch die duktilen Gussleitungen der ersten Generation (Abb. 6). Bei Rohren dieser Bauform ist Korrosion sowohl Schadensart als auch Schadensursache.

Bei den heute üblichen Rohrausführungen aus Eisenwerkstoffen ist eine Verbundrohrtechnologie üblich. Die statischen Anforderungen während des Betriebes bestimmen die Auslegung des Kernrohres aus Guss oder Stahl. Auf einen Korrosionszuschlag wird dabei verzichtet. Beschichtungen oder Umhüllungen aus Bitumen oder Polyolefinen übernehmen den äußeren Korrosionsschutz. Im Falle der Wasserrohre wird unter hygienischen Aspekten als innerer Korrosionsschutz üblicherweise auf Kunststoffe verzichtet und Zementmörtel eingesetzt (Abb. 7). Die Korrosion des Grundmaterials ist nicht mehr die Ursache von Schäden, sondern immer die Folge, beispielsweise einer Fremdeinwirkung, mangelnder Verlegesorgfalt, von Bodenbewegungen oder das Materialversagen der Umhüllung und damit eine Schadensart.

**Abb. 7:** Verbundrohrtechnologie am Beispiel des Stahlrohres



Quelle: Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH

## Die Verwendung der Begrifflichkeiten in den Regelwerken

### Lebensdauer – Nutzungsdauer – Betriebsfähigkeit

In den Regelwerken werden die Begrifflichkeiten rund um das Nutzungsverhalten von Werkstoffen bisher keineswegs eindeutig verwendet. Dies betrifft nicht nur die Regelwerke für die Anwendung der Bauteile, sondern berührt auch technische Lieferbedingungen. Die DIN 8075 für Rohre aus Polyethylen beispielsweise spricht im Zusammenhang mit der Zeitstandinnendruckprüfung in den ersten Versionen aus 1976 und 1987 von „Lebensdauer“-Kalkulationen, während in der Folgeversion von 1999 in korrekter Weise der Begriff der „Betriebsfähigkeit“ eingeführt ist [13, 14, 15]. In diesem Wechsel der Begrifflichkeit liegt vermutlich die Ursache, dass im Kunststoffbereich noch heute überwiegend von einer Lebensdauer der Bauteile gesprochen wird, wenn eigentlich die Betriebsfähigkeit gemeint ist. In

der aktuellen DIN 8075 vom Dezember 2011 wird zwar weiterhin von der Betriebsfähigkeit gesprochen [5]. In der gleichzeitig aufgenommenen englischen Version wird die Betriebsfähigkeit jedoch nicht mit „Serviceability“, sondern mit „Minimum Operating Time“, der Mindestnutzungsdauer, übersetzt. Im Gegensatz zur „Minimum Operating Time“ wird in der DIN EN ISO 9080 der Begriff „Lifetime“, also Lebensdauer, verwendet [16]. Bei Kunststoffrohren sind damit alle diese Begrifflichkeiten in missverständlicher Weise in den Regelwerken vereint und einander gleichgestellt.

Bei den Stahlrohren ist diese Begrifflichkeit derzeit keineswegs besser geregelt. So sprechen beispielsweise auch die europäische Norm DIN EN 13480-3 und ihre nationale Vorgängernorm, die DIN 2413-1, von Lebensdauerkalkulationen [17, 18]. Im Unterschied zu den für Kunststoffe relevanten Normen sind diese jedoch nicht Bestandteil von technischen Lieferbedingungen.

In der Konsequenz verbindet ein Anwender oder Instandhalter gegebenenfalls mit dem Begriff der Lebensdauer eines Bauteils etwas völlig anderes als der Rohrhersteller. Auch in der Diskussion von Werkstoffeigenschaften werden diese Begrifflichkeiten munter durcheinandergewürfelt. Für die Lebensdauer von Kunststoffrohren wird immer wieder die in der Norm angegebene Betriebsfähigkeit von 50 oder 100 Jahren herangezogen. Dem wird gern bei den Eisenwerkstoffen mit Blick auf die Korrosion als Folge von Beschädigungen, Bodenbewegungen, mangelnder Verlegesorgfalt usw. die tatsächliche Nutzungsdauer gegenübergestellt.

#### Schadensursache – Schadensart

Eine Schwäche vieler Schadenstatistiken bei Rohren aus Eisenwerkstoffen ist die Gleichbehandlung der Schadensart Korrosion mit Schadensursachen wie Fremdeinwirkungen, mangelnde Verlegesorgfalt, Bodenbewegungen usw. Im DVGW-Arbeitsblatt ►

## Warum entscheiden sich immer mehr Unternehmen für den FRIAMAT? Ganz einfach:

Der FRIAMAT schweißt



und schweißt



und schweißt



und schweißt



und schweißt



und schweißt



## DER FRIAMAT®

**FRIATEC Aktiengesellschaft**

**Division Technische Kunststoffe**

Steinzeugstraße 50 · 68229 Mannheim

Tel: +49 621 486-2828 · Fax: +49 621 486-1598

info-frialen@friatec.de · www.friatools.de



G 410 beispielsweise kann in den Abfragen gleichberechtigt neben den eigentlichen Schadensursachen auch die Schadensart Korrosion angegeben werden [19]. Im Falle einer im Gasbereich üblichen Verbundrohrtechnologie können durch die Angabe der Korrosion somit die eigentlichen Schadensursachen nicht mehr differenziert werden, zumal im Allgemeinen auch noch eine Differenzierung zwischen Stahlrohr und Stahlverbundrohrleitungskonzepten vernachlässigt wird. Eine statistische Auswertung auf Basis solcher Daten hat für eine Instandhaltungsplanung praktisch keine Aussagekraft und ist für den Anwender ohne Nutzen. Werden solche Daten darüber hinaus zur probabilistischen Auslegung von Rohren verwendet, ist die damit verbundene statistische Aussagekraft der sich ergebenden Schadenswahrscheinlichkeiten vernachlässigbar [20].

Für die Instandhaltungsplanung sind heute die DVGW-Arbeitsblätter W 402 und G 402 bindend. In diesen Arbeitsblättern sind die Unterschiede in den Begrifflichkeiten weitgehend berücksichtigt [3, 4]. Während bei der im Gasbereich heute üblichen Verbundrohrtechnologie die Korrosion generell als Schadensart behandelt wird [3], muss im Falle der oft noch betriebenen unbeschichteten oder mangelhaft beschichteten Wasserrohre aus Guss oder Stahl die Korrosion mit entsprechender Differenzierung auch noch als Schadensursache Berücksichtigung finden [4]. Gleiches gilt prinzipiell auch für Werkstoffe, die durch Alterung oder Korrosion einer Veränderung der bruchmechanischen Eigenschaften unterliegen, wie Grauguss, Asbestzement, PVC oder PE.

### Instandhaltung und Korrosion

Die genauere Betrachtung der Einflussgrößen für die Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer von Rohrleitungen zeigt, dass Instandhaltung und Korrosions- bzw. Alterungsverhalten der Werkstoffe in der Praxis fast untrenn-

bar miteinander verknüpft sind. Korrosion ist nach DIN EN ISO 8044 die Wechselwirkung eines Bauteils mit seiner Umgebung, die zu einer Änderung der mechanischen Eigenschaften und damit zum Versagen des Bauteils führen kann. Diese Wechselwirkungen können physikalischer, chemischer oder elektrochemischer Natur sein. Bei Metallen sind diese überwiegend, aber nicht ausschließlich elektrochemischer Natur [11].

Jeder Werkstoff korrodiert. Sehr wohl bekannt ist die Begrifflichkeit der Korrosion im Zusammenhang mit metallischen Werkstoffen wie Stahl oder Guss und nicht metallischen Werkstoffen wie Beton oder Glas. Im Bereich der Kunststoffe wird dieser Ausdruck gern gemieden. Mit der oftmals angewendeten Aussage: „Kunststoffe korrodieren nicht“ ist vermutlich primär die Material abtragende Korrosion im Sinne der lateinischen Herkunft des Wortes (*corrodere* = zernagen) gemeint. Korrosion ist entsprechend der Definition in ISO 8044 aber nicht nur auf Material abtragende Effekte begrenzt. So führt eine wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion beim Stahl zum Bauteilversagen, ohne dass dabei ein Materialabtrag zu beobachten ist. Nicht anders ist letztlich z. B. eine durch Chlor oder Netzmittel induzierte Spannungsrissbildung bei Polyethylen oder Polypropylen einzustufen [21, 22, 23]. Im Kunststoffbereich werden Begriffe wie die Werkstoffalterung oder die „Werkstoffdegradation“ (Herabsetzen von Eigenschaften) bevorzugt [23]. Ein Begriff wie die Werkstoffdegradation beispielsweise beschreibt aber letztlich auch nur die Wirkung eines Korrosionsangriffes.

Die Definition des Korrosionsbegriffes zeigt: Die Umgebungs- und Betriebsbedingungen eines Bauteils bestimmen maßgeblich das Nutzungsverhalten einer Anlage. Neben dem Verschleiß, der insbesondere bewegliche Anlagenteile betrifft, haben speziell im Falle der Rohrleitungen die Korrosion bzw. die Alterung von

Werkstoffen und die damit verbundenen Änderungen der mechanischen Eigenschaften mit Blick auf die Lebens- bzw. Nutzungsdauer erhebliche Bedeutung.

Gerade der in den Regelwerken W 402 und G 402 für die Instandhaltungsplanung vorgesehene Ausschluss einer Schadensursache wie Fremdeinwirkungen ist in diesem Zusammenhang mehr als kritisch zu sehen; zumal sich die Frage der sinnvollen Abgrenzung von werkstoffbedingtem, nutzungsdauerrelevantem oder durch mangelnde Sorgfalt verursachtem Fremdschaden in der Praxis sehr wohl stellt. Unstrittig ist, dass der direkte Baggerschaden für das Nutzungsverhalten des Werkstoffes prinzipiell keine Aussagekraft hat und als Singularität zu behandeln ist. Als solche würde aber die Erfassung dieser Form der Fremdeinwirkung in einer Schadenstatistik auch nur von untergeordneter Bedeutung sein und lediglich ein „Grundrauschen“ in den statistischen Auswertungen darstellen.

In Bezug auf einen spröden oder im späteren Betriebsverlauf durch Korrosion oder Alterung versprödeten bzw. durch andere Korrosionsvorgänge geschwächten Rohrwerkstoff muss das Rohr von einem Bagger gar nicht getroffen werden. Für eine Undichte mit Mediumaustritt reicht beispielsweise eine Verpressung des Bodens im Umfeld der Rohrleitung und die damit verbundene Deformation des Rohrkörpers. Gleiches gilt prinzipiell für nicht vorschriftsmäßige Verlegebedingungen bzw. Imperfektionen im Trassenbereich wie Setzungen, Punktlasten und Punktlagerungen.

Asbestzementrohre und PVC-Rohre werden seit Jahrzehnten nicht mehr eingesetzt, obwohl die heute eher unauffälligen Schadensraten einen Einsatz scheinbar rechtfertigen würden [24]. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die durch Imperfektionen verursachten Schäden in der Vergangenheit überwiegend repariert sind. Bei den derzeit noch betriebenen Leitungen

fehlen zwangsläufig solche bei durchgängiger Anwendung immer wieder neu auftretende und damit schadensursächliche Imperfektionen im Trassenbereich. Werden bei spröden bzw. versprödeten Werkstoffen auch noch die Fremdeinwirkungen mit sofortiger Undichte in den Schadenstatistiken eliminiert, liegt die Schadensrate zwangsläufig bei Null. Es ergibt sich praktisch kein Handlungsbedarf, obwohl solche Werkstoffe je nach Anwendungsbereich ein nicht zu unterschätzendes Risiko darstellen. So sind beispielsweise laut Tabelle 8 des DVGW-Arbeitsblattes W 392-2 wie beim Graugussrohr abrupte Wasserverluste als zu erwartende Folge eines Schadens auch im Falle der Asbestzement- und PVC-Rohre zu berücksichtigen [25]. Nur durch einen Anstieg der Schäden u. a. im Bereich der Fremdeinwirkungen könnten sehr wohl Korrosionsvorgänge wie Versprödungen beim PE und PVC, eine kritische Schadenstiefe durch Spongiose

im Falle von Graugussleitungen oder eine Werkstoffveränderung beim Asbestzement durch saure Böden erkannt werden.

### Die Korrosion bzw. Alterung in der Instandhaltungsplanung

Die Reduktion der Instandhaltungs- bzw. Rehabilitationsplanung auf die statistische Betrachtung von Schäden ist sinnlos, wenn materialspezifische Veränderungen und damit die Korrosion oder gegebenenfalls die Werkstoffalterung unberücksichtigt bleiben. Die Frage der Instandhaltungs- oder Rehabilitationsplanung ist daher nicht nur eine Frage der statistischen Auswertung von Schadensdaten, sondern vor allem auch eine Werkstofffrage. Das Schließen dieser Lücke ist, zumindest für Eisenwerkstoffe, primäres Ziel der aktuell bearbeiteten DVGW-Regelwerke GW 18 und GW 19 [26, 27]. Das DVGW-Merkblatt GW 18 beschreibt die Zustandsbewertung auf der Basis von Messdaten

des kathodischen Korrosionsschutzes, während die Datenerfassung zur Erstellung eines Zustandskatasters für nicht kathodisch geschützte Leitungen Gegenstand des DVGW-Merkblattes GW 19 ist. Wie im Falle einer zustandsorientierten Instandhaltung durch den kathodischen Korrosionsschutz soll mit einem solchen Zustandskataster letztlich ein Entscheidungszeitraum für eine planmäßige Rehabilitation von Leitungsnetzen realisiert werden, ohne dass Schäden und Ausfälle das Planungsgeschehen bestimmen.

Eine derartige Bewertungsgrundlage ist auch für andere Werkstoffe wie Asbestzement, PE oder PVC erforderlich, zumal zumindest im Falle der Kunststoffe inzwischen auch eine Bewertung des Versprödungsgrades im DVGW-Arbeitsblatt W 402 vorgesehen ist [4]. Offen ist jedoch im Regelwerk, wie eine solche Bewertung erfolgen soll und welche Konsequenzen sich daraus für den Betreiber ergeben. Während der Zu- ▶



INTERNATIONALE  
GEOTHERMIE  
INDUSTRIEMESSE

Neue Energiemärkte,  
internationales Business:  
Seien Sie ganz vorn dabei!

Save the date

11.–13. November 2014

[www.geotexpo.com](http://www.geotexpo.com)



STARKE MESSEPARTNER –  
GEBALLETE KOMPETENZ



DER GEOTHERMIKONGRESS  
DGK 2014

#### KONTAKT

Anna Pietler  
Project Manager  
Norbertstraße, 45131 Essen  
Telefon: +49 (0)201 7244-742  
[anna.pietler@messe-essen.de](mailto:anna.pietler@messe-essen.de)



LORENZ KOMMUNIKATION



Der  
Geothermie  
Kongress  
2014

\* Angesichts fehlender Regelwerke für die Verlegung und den Betrieb von PE-Rohren im Gashochdruckbereich (> 10 bar) wurde hier die grundlegende Anforderung zum Einsatz alternativer Werkstoffe der Technischen Richtlinie für Fernleitungen TRFL herangezogen [12]. Lt. TRFL müssen die Rohre bei den niedrigsten betriebsbedingten bzw. witterungsbedingten Temperaturen eine ausreichende Zähigkeit aufweisen. Diese Forderung kann in einem zukünftigen DVGW-Regelwerk für die Anwendung von Kunststoffrohren im Gashochdruckbereich prinzipiell nicht vernachlässigt werden.

sammenhang von sauren Böden und dem Verlust an Festigkeit bei Asbestzementrohren noch weitgehend bekannt ist, stellt sich die Frage, wer im Schadensfall den Versprödungsgrad von PE- oder PVC-Rohren jemals bestimmt hat. Dabei ist die Sprödigkeit von Bauteilen oder Bauteilkomponenten an der Baustelle relativ leicht nachweisbar [28].

Beim Polyethylen sind im Allgemeinen Schäden aufgrund der Versprödung nicht so spektakulär wie im Falle der Grauguss-Asbestzement- oder PVC-Leitungen [25]. Das Beispiel einer angestrebten Anwendung der PE-Rohre zur Errichtung von Gasrohrnetzen mit Betriebsdrücken > 10 bar jedoch zeigt, dass nicht nur die geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber Fremdeinwirkungen und die fehlende Überwachbarkeit, sondern auch die fehlende Datenbasis zur alterungsbedingten Änderung der Bruchmechanik ein Manko ist, zumal die Bestätigung einer auf den Festigkeitsaspekt reduzierten Betriebsfähigkeit hier kaum Hilfestellung bieten kann.

Das Bruchverhalten neuwertiger PE-Materialien ist angesichts der für Rohrleitungen angestrebten Nutzungsdauer ohne Bedeutung. Auch die immer wieder diskutierten Kurzzeituntersuchungen in Gegenwart von Netzmitteln liefern zur Zeitabhängigkeit einer Änderung der bruchmechanischen Eigenschaften keinen Beitrag; siehe Vorwort zu [29].

Der Nachweis einer Eignung alternativer Werkstofflösungen, wie er beispielsweise im Sinne einer Rohrfernleitungsverordnung\* erforderlich ist [12], kann mangels Daten zur zeitlichen Änderung der Bruchmechanik nur durch eine entsprechend aussagefähige Erfassung und Bewertung von Schadensstatistiken und Zustandsdaten ermöglicht werden. Die erforderlichen Daten sollten aufgrund jahrzehntelanger Erfahrungszeiträume vorliegen. Die Anwendung von Kurzzeituntersuchungen für eine Langzeitaussage durch Extrapolation ist dabei ohne eine entsprechende Verifizierung in einem sicherheitstechnisch sensiblen Gashochdruckbereich aus heutiger Sicht mehr als fragwürdig. Eine solche Bewertung erübrigt sich nicht mit dem Hinweis auf die Weiterentwicklung der Materialien. Bei weiterentwickelten Materialien mögen sich zeitliche Abläufe der korrosions- oder alterungsbedingten Materialveränderungen zwar verlagern, die Mechanismen bleiben jedoch erhalten.

## Handlungsempfehlungen

Der vorliegende Beitrag zeigt, dass weder das Regelwerk noch die im Anwendungsbereich übliche Kommunikation in Bezug auf die Nutzungsdauerrelevanten Begrifflichkeiten von Eindeutigkeit geprägt sind. Hier wären klare Definitionen, beispielsweise in Form einer Richtlinie, wünschenswert. Eine solche Richtlinie würde im Falle einer Revision der bereits bestehenden Arbeitsblätter und Merkblätter rund um die Instandhaltung sehr hilfreich sein. Nur im Falle einer sauberen Differenzierung der Begrifflichkeiten bieten diese Statistiken die Grundlage für eine qualifizierte Instandhaltungsplanung. Dies gilt insbesondere dann, wenn an übergeordneter Stelle einzelne Statistiken miteinander verglichen oder zusammengeführt werden sollen.

Schadenstatistiken bedürfen einer eindeutigen Zuordnung von Schadensursachen und Schadensart und erlauben keinesfalls den Ausschluss praxisrelevanter Einflüsse wie Fremdeinwirkungen. Während eine Schadenstatistik werkstoffunabhängig auf den Anwendungsbereich ausgerichtet sein sollte, sind bei der Zustandsbewertung die werkstoffspezifischen Einflussgrößen zu berücksichtigen. Dabei geht es nicht um die Überprüfung von Angaben in den technischen Lieferbedingungen, sondern um die Erfassung praxisrelevanter mechanischer Eigenschaften bzw. Materialveränderungen. Ohne Kenntnis der Zusammenhänge von Materialveränderung und Zeit ist eine Instandhaltungsplanung undenkbar. Für Eisenwerkstoffe werden die zu erfassenden relevanten Daten in den DVGW-Regelwerken GW 18 und GW 19 derzeit zusammengestellt [26, 27].

Für andere Werkstoffe ist die Erstellung einer Richtlinie zur Zustandserfassung und -bewertung gleichermaßen relevant. Die Besonderheit im Falle der Leitungen und Leitungsnetze ist der jahrzehntelange Betrieb der Anlagen, der in keinem anderen Bereich zu finden ist. Erfahrungswerte können daher weder von Prüfinstituten noch von Rohrherstellern oder Vormaterialielieferanten bereitgestellt werden. Solche Daten sind zwangsläufig vom Anwender selbst systematisch zu erfassen, wenn mit einer präventiven oder zustandsorientierten Form der Instandhaltung von Leitungen und Leitungsnetzen neue Wege beschritten werden sollen. Dies ist beispielsweise auch der

Hintergrund einer Prüfung der Sprödigkeit von Bauteilen und Bauteilkomponenten aus Kunststoff, wie sie das DVGW-Arbeitsblatt W 402 vorsieht. Da derzeit jedoch in den Regelwerken für nicht metallische Werkstoffe die geeigneten Verfahrensweisen zur Beurteilung derartiger Werkstoffveränderungen an der Baustelle fehlen, besteht hier ein entsprechender Handlungsbedarf. ■

#### 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; April 2010.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt G 402; Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze; Juli 2011.
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 402; Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen; September 2010.
- [5] DIN 8075; Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen; Dezember 2011.
- [6] DIN EN 805; Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden, März 2000.
- [7] Wüst, J.; Wenzel, M.; Scholten, F.; Wolters, M.; Heinemann, J.; Bockenheimer, A.; Integrität von PE-Gas- und Wasserleitungen der ersten Generation; 3R international 44 (2010) S. 534-540.
- [8] Schulte, U.; Vogt, H.; Enderle, H.-F.; Druckprüfung an Rohrleitungen aus HDPE 3R international 44 (2010) S. 541-547.
- [9] DIN EN 13306; Begriffe der Instandhaltung; September 2001.
- [10] DVGW-Arbeitsblatt W 400-3; Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 3: Betrieb und Instandhaltung September 2006.
- [11] DIN EN ISO 8044; Korrosion von Metallen und Legierungen – Grundbegriffe und Definitionen; November 1999.
- [12] TRFL – Technische Regeln für Rohrfernleitungsanlagen; Januar 2011.
- [13] DIN 8075-1 Rohre aus PE hart (Polyäthylen hart) Typ 1 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung; August 1976.
- [14] DIN 8075 Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung; Mai 1987.
- [15] DIN 8075 Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen; August 1999.
- [16] DIN EN ISO 9080; Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens von thermoplastischen Rohrwerkstoffen durch Extrapolation; Oktober 2003.
- [17] DIN EN 13480-3; Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung; November 2012.
- [18] DIN 2413-1; Berechnung der Wanddicke von Stahlrohren gegen Innendruck, Oktober 1993.
- [19] DVGW-Arbeitsblatt G 410; Bestands- und Ereignisdatenerfassung Gas; März 2012.
- [20] Verfahren zur Ermittlung der Sicherheit von Rohrfernleitungen. Bericht AfR-06 des Ausschusses für Rohrfernleitungen 2012.
- [21] Heinemann, K.-J.; Desinfektion von Kunststoff-Trinkwasserleitungen; IKZ-Haustechnik Sonderheft Trinkwasserhygiene 2011.
- [22] Schmitt, G.; Der Korrosionsbegriff bei nichtmetallischen Werkstoffen; Materials and Corrosion 55 (2004) S. 367 – 372.
- [23] Kocks, H.-J.; Die Spannungsrissbildung von Polyethylen; 3R international 45 (2006) 135-142.
- [24] Walther, G.; Schroeder, T.; Drescher, D. DVGW-Schadenstatistik Wasser; DVGW energie | wasser-praxis 2012 H. 12, S. 110-115.
- [25] DVGW-Arbeitsblattes W 392-2; Inspektion, Wartung und Betriebsüberwachung von Wasserverteilungsanlagen – Teil 2: Fernwasserversorgungssysteme; Maßnahmen, Verfahren und Bewertungen; März 2011.
- [26] DVGW-Merkblatt GW 18; Zustandsbewertung von kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; in Bearbeitung.
- [27] DVGW-Merkblatt GW 19; Zustandsbewertung von nicht kathodisch geschützten metallischen Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung; in Bearbeitung.
- [28] Kocks, H.-J.; „Prüfung und Bewertung der Sprödigkeit von Bauteilen und Bauteilkomponenten aus Kunststoff“; 3R international 51 (2012) 714-717.
- [29] DIN 30670; Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl – Anforderungen und Prüfungen; April 2012.

## Die Autoren

### DVGW Technisches Komitee Außenkorrosion

#### Kontakt:

Dipl.-Phys. Rainer Deiss  
Obmann DVGW Technisches Komitee  
Außenkorrosion  
EnBW Regional AG  
Kriegsbergstr. 32  
70174 Stuttgart  
Tel.: 0711 289-47414  
E-Mail: r.deiss@enbw.com  
Internet: www.enbw.com

#### Hans Gaugler

Mitglied DVGW Technisches Komitee  
Außenkorrosion  
SWM Stadtwerke München GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2  
80287 München  
Tel.: 089 2361-3600  
E-Mail: gaugler.hans@swm.de  
Internet: www.swm.de

#### Dr. Hans-Jürgen Kocks

Mitglied DVGW Technisches Komitee  
Außenkorrosion  
Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH  
In der Steinwiese 31  
57074 Siegen  
Tel.: 0271 691-170  
E-Mail: hans-jürgen.kocks@smlp.eu  
Internet: www.smlp.eu

**Weiter, schneller, präziser:  
HYDRUS misst smarter**



Der HYDRUS Ultraschallzähler sorgt für eine präzise Verbrauchsmessung - und eine vollautomatische Auslesung. Das integrierte Funkmodul und die einfache Installation per Plug & Play machen HYDRUS zum perfekten Messgerät für Systemtechnik und Smart Metering. Dank der Ultraschall-Technologie misst er präzise und langfristig stabil. Für eine effiziente Wassernutzung und einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb.

Weitere Informationen unter: [www.diehl.com/metering](http://www.diehl.com/metering)

Besuchen Sie uns auf der E-world in Essen - Halle 7 / Stand 7-315

 smart in solutions

**DIEHL**  
Metering