

Das Unsichtbare sichtbar machen – Zustandsbewertung von Spannbetonleitungen

Erdverlegte Spannbetonrohre sind die am schwersten zu inspizierenden und zu bewertenden Transportleitungen. Die heterogenen Materialien des Rohrleitungsaufbaus zwingen zum Einsatz visueller, akustischer und elektromagnetischer Methoden bei der Begutachtung und Bewertung von Trinkwasserleitungen.

Beton hält ewig – fast. Als ab Mitte der 1930er-Jahre Wasserrohre aus Spannbeton verlegt wurden, war die Technik ziemlich neu. Dass der Werkstoff noch nicht ausgereift war, zeigte sich vor allem überirdisch: So stürzte die 1957 erbaute Kongresshalle in Berlin, die „Schwangere Auster“, im Jahr 1980 spektakulär ein: Spannungsrissskorrosion führte zum Abbruch des südlichen Außendachs und des Randbogens. Ursache war die ungenügende Verpressung der Hüllrohre der Spannglieder und die dadurch ausgelöste Korrosion des Spannstahls. In der Folge wurden weltweit Brücken und Gebäude geprüft und repariert.

Derartige Fabrikationsfehler kommen bei den hochfesten Spannbetonrohren eher selten vor, doch auch unter der Erde nagt der Zahn der Zeit. Solange Probleme aber nicht offensichtlich werden, mag der Verzicht auf regelmäßige Prüfungen in Zeiten knapper Kassen sogar nachvollziehbar sein – doch es ist ein gefährliches Abwarten: Die in Europa zwischen den 1930er- und den 1980er-Jahren verlegten Spannbetonrohre der Haupt- und Transportleitungen der Trinkwassernetze erreichen sehr bald ein kritisches Betriebsalter.

Doch wie ist mit den 30 bis 80 Jahre alten Spannbetonrohren umzugehen? Alle Wasserversorger teilen das Problem: Sie müssen ihre Anlagen dauerhaft funktionsfähig erhalten und sollen gleichzeitig sparen. Die sogenannte reaktive Instandhaltung, also kleinere Wasserverluste hinzunehmen und zu warten, bis – in Analogie zur Berliner Kongresshalle – spektakulär das Hauptrohr zur Versorgung der Hauptstadt platzt, kann keine Entscheidung sein. Ökonomisch und ökologisch ebenso unklug wäre es, prophylaktisch sämtliche Rohre auszugraben und durch neue Stahlrohre zu ersetzen. Im Allgemeinen lassen sich durch regelmäßige Inspektionen und frühzeitige Reparaturen umfassendere Schäden vermeiden. Dieser Ansatz ist damit langfristig die günstigste Lösung. Und bei allen Inspektionen ist die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (ZfP) – soweit möglich – die Methode der Wahl: Sie ist ökologisch am verträglichsten und ökonomisch am günstigsten.

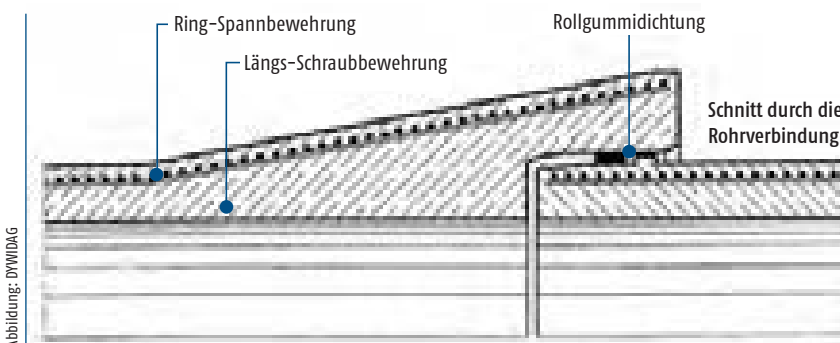


Abb. 1a – Bauart „DYWIDAG SENTAB“

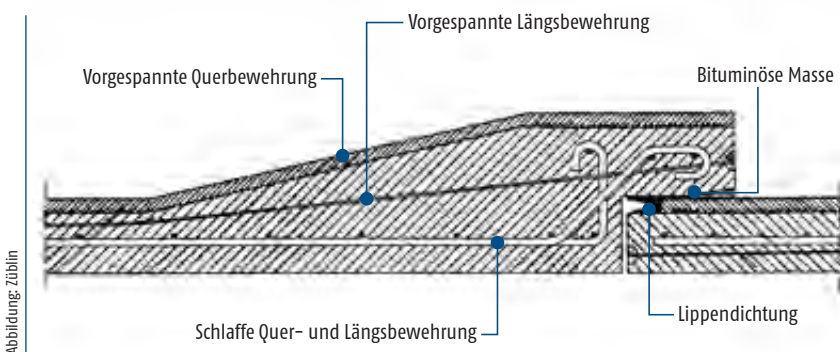


Abb. 1b – Bauart Züblin

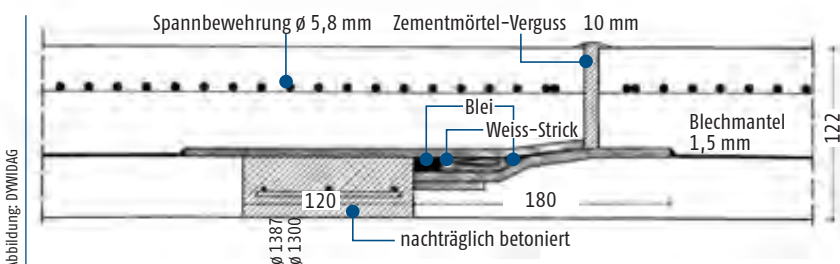


Abb. 1c – Bonna-Rohr (Blechmantelrohr)

Die Gretchenfrage: Wie hoch ist die technische Restnutzungsdauer?

Entsprechend führt kein Weg an einer Zustandsbewertung und der Ermittlung der technischen Restnutzungsdauer vorbei. Letzteres auch unter Einbeziehung möglicher Rehabilitierungsmaßnahmen. Aus gutem Grund setzten sich Management-Programme für Spannbetonleitungen weltweit immer weiter durch. Ein vorbildliches Management-Programm basiert auf einer umfassenden und ganzheitlichen Strategie, die individuell für jede Rohrleitung entwickelt werden muss. Leider gibt es keinen „One fits all“-Ansatz beim Rohrleitungsmanagement. Erdverlegte Spannbetonrohre sind die am schwersten zu inspizierenden und zu bewertenden Transportleitungen: Bauformen, Betonstruktur und Stahlgeflecht der Rohrleitungen unterscheiden sich extrem.

Spannbetonrohr ist nicht gleich Spannbetonrohr

Der Rohrleitungsaufbau ist extrem heterogen, da alle Hauptanbieter eigene Lösungen entwickelt haben [1]. Zu den wichtigsten Typen zählen:

- Dywidag Sentab kombiniert eine Ring-Spannbewehrung und eine Längsspannbewehrung; in den Verbindungen werden Rollgummidichtungen eingesetzt.
- Socoman von Züblin hat vorgespannte Längs- und Querbewehrungen, die mit „schlaffen“ Quer- und Längsbewehrungen ergänzt sind. Die Verbindungsstellen werden mit einer bituminösen Masse und einer Lippendichtung verbunden.
- Das Bonna-Rohr ist ein Blechmantelrohr, das zusätzlich mit einer starken Spannbewehrung ausgestattet ist. Die Verbindungen der Rohrsegmente werden mit Weißstrick, Blei und Zementmörtelverguss abgedichtet (Abb. 1c).

Das Problem: Die heterogenen Materialien des Rohrleitungsaufbaus lassen Untersuchungen mit Molchen, wie sie in der Öl- und Gasindustrie üblich sind, nicht zu. Abgesehen vom hohen Aufwand einer Entleerung sind etwa Schäden in den Dichtungen der Verbindungsmuffen oder Spanndrahtbrüche mit einer rein visuellen Inspektion nicht zu erkennen. Speziell Dichtungen in Muffenverbindungen können jedoch in den meisten Fällen nur akustisch auf Leckagen untersucht werden. Deshalb müssen bei der ganzheitlichen Begutachtung von Spannbetonleitungen



Abb. 2a – Kleine kluge Kugel: Der SmartBall verbirgt in seinem Inneren einen knapp 6,5 Zentimeter großen Aluminiumkern.

Abbildung: Seeas

visuelle, akustische und elektromagnetische Methoden kombiniert werden.

Die Rohre der Haupt- und Transportleitungen europäischer Wassernetze haben im Allgemeinen einen Durchmesser zwischen 800 und 2.000 Millimetern. Die technische Restnutzungs-

Der Verzicht auf regelmäßige « Prüfungen aus Kostengründen birgt große Risiken.

dauer einer Trinkwasserleitung hängt von mehreren Parametern ab. Undichte Muffenverbindungen, Spanndrahtbrüche sowie Schäden am Blechmantelrohr sind die Hauptprobleme: Undichte Muffenverbindungen können eine Unterspülung der Leitung verursachen. Eine zu hohe Zahl von Spanndrahtbrüchen →

Wir haben den Bogen...
...raus!



LMR Drilling GmbH
Ammerländer Heerstr. 368
D-26129 Oldenburg
Tel.: +49 441 - 9 71 91 - 0
Fax: +49 441 - 9 71 91 - 91
E-Mail: info@lmr-drilling.de
www.lmr-drilling.de



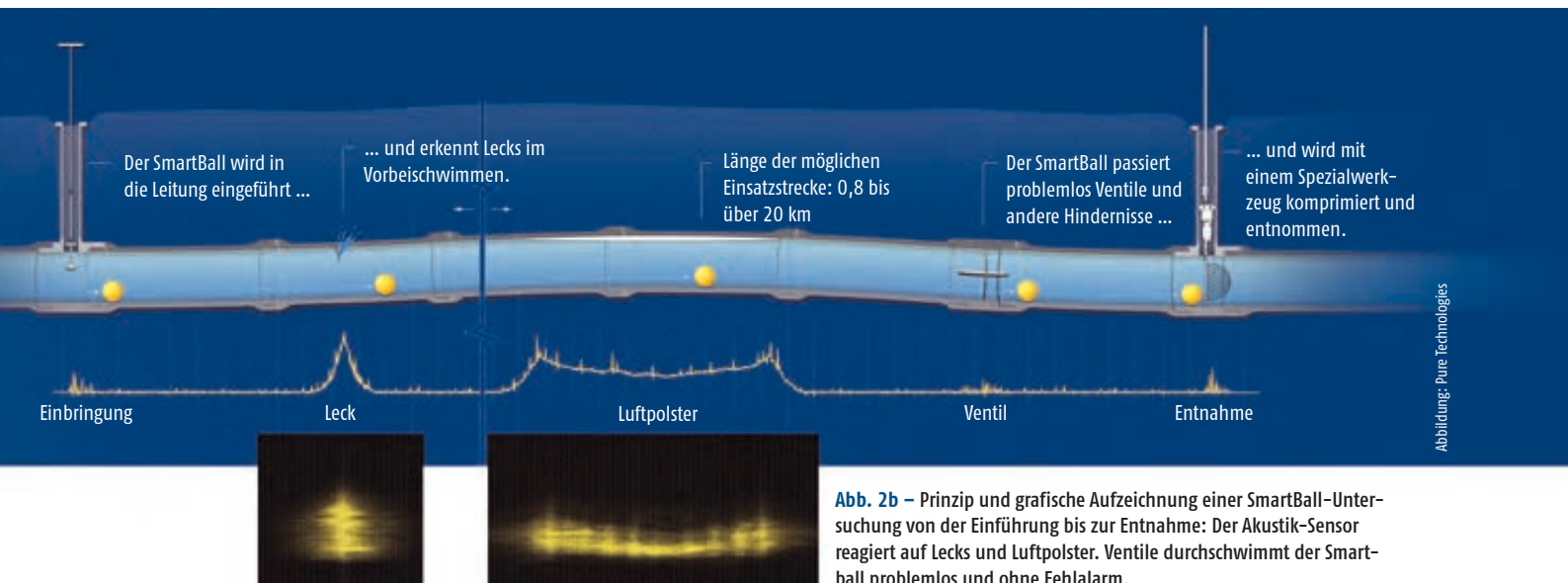


Abb. 2b – Prinzip und grafische Aufzeichnung einer SmartBall-Untersuchung von der Einföhrung bis zur Entnahme: Der Akustik-Sensor reagiert auf Lecks und Luftpolster. Ventile durchschwimmt der Smartball problemlos und ohne Fehlalarm.

bedroht die Statik der gesamten Leitung ebenso wie zunehmende Korrosionen am Blechmantelrohr. Besonders gefährdet sind Rohre, die starken Einflüssen von außen unterliegen – vor allem, wenn diese zum Zeitpunkt der Verlegung noch nicht absehbar waren. Die wichtigsten Faktoren sind:

- Der Boden: Beispielsweise fördern und beschleunigen aggressive Böden mit hohem Salz- oder Wassergehalt die Betonkorrosion.
- Die Verlegung: Montagefehler können Gummidichtungen oder Muffen beschädigen. Unerwartete Gefahrenstellen bilden z. B. Hochspannungsleitungen. Sie können Kriechstromstrecken bilden und Streustromkorrosion verursachen.
- Die Belastungen: Verkehrslasten und Bauprojekte wie Tunnel, Brücken oder Schienentrassen sowie Bodenlasten belasten die Rohre von außen.
- Die Qualität der Werkstoffe: Die Gummimischung der Dichtungen, die Betonqualität, die Stahlqualität der Spanndrähte und des Blechmantelrohres sind kritische Faktoren.

Rohrleitungsmanagement in vier Phasen

Um nachhaltige, preiswerte und sichere Ergebnisse zu erzielen, sollte die Zustandsbewertung von Spannbetonrohren in vier Phasen ablaufen:

- Phase 1: Prüfung auf Dichtheit der Rohrleitung (Muffen und Risse),
- Phase 2: Visuelle Prüfung und Prüfung der innen liegenden Spanndrähte und des Blechmantels,
- Phase 3: Zustandsbewertung, Gutachten und Rehabilitationskonzept,
- Phase 4: Online-Monitoring – Langzeitüberwachung und Leitungsmanagement.

Phase 1: Akustische Prüfung auf Dichtheit der Rohrleitung (Muffen und Risse)

Verlustmengenmessung und Druckprüfung geben keine Hinweise, wo sich ein Leck befindet. Weil die zeitweise Stilllegung einer wichtigen Trinkwasserleitung kaum möglich ist, hat das kanadische Unternehmen Pure Technologies den „SmartBall“ entwickelt (Abb. 2a). Dieser schwimmt mit der Strömung, benötigt also keine Kabelverbindung für Stromversorgung und Datentransfer. Geschützt in einem Schaumstoffball birgt der nur knapp 6,5 Zentimeter große Aluminiumkern des SmartBall Hydrophon,

KARRIERE EINES BAUSTOFFS: BETON IM WASSERLEITUNGSBAU

„Es kommt drauf an, was man draus macht.“ Dieser Slogan der deutschen Zement- und Betonindustrie aus den 1990er-Jahren war so genial wie der Stoff, der zwischen den 1930er- und den 1980er-Jahren für viele Haupt- und Transportleitungen der Trinkwassernetze in Deutschland, Österreich und der Schweiz eingesetzt wurde: Spannbeton.

Die Erkenntnis, dass Beton ein geniales Produkt ist, ist nicht neu. Tatsächlich ist Beton einer der ältesten Baustoffe: Das Kolosseum in Rom kennt jeder, doch die Baumeister der Antike setzten „opus caementitium“, den „Römischen Beton“, auch schon für Trink- und Abwasserleitungen ein. Die Zusammensetzung entsprach nicht ganz der heutigen Zusammensetzung von Beton, doch schon dieser Vorläufer machte die Menschen unabhängig von Natursteinen, die mühsam behauen werden mussten. Tatsächlich wurde auch der römische Beton schon formgegossen. Die Gussformen bestanden aus einer äußeren und einer inneren, jeweils aus Quadern gemauerten Schale, deren Zwischenraum ausgegossen wurde. Schon 1.000 Jahre früher mischten die Phönizier ihren Mörtel mit Puzzolanen und schufen so ein Material, das etwa die Festigkeit und Dichte von Beton aufwies. Nur auf die Idee, das Material mit einem metallische Gerüst zu verstärken, waren die Römer noch nicht gekommen: Stahl- und Spannbeton sind Erfindungen der jüngsten Neuzeit.

Das frühe Wissen um die Wirkung von bindefähigen Gesteinen in Verbindung mit Calciumhydroxid und Wasser ging im Mittelalter verloren oder war nicht mehr zugänglich – ein schwerer Rückschlag für die Bauindustrie.

Und so verhielt es sich mit dem Beton ähnlich wie mit dem Porzellan, das viele Jahre nach den Chinesen in Europa neu erfunden wurde: Um das Jahr 1800 herum wurden Romanzement, künstlicher hydraulischer Kalk und Portlandzement „neu“ erfunden. Etwa seit 1850 wurde Beton gezielt für den Bau von Wasserleitungen eingesetzt. 1867 ließ Joseph Monier seinen Stahlbeton patentieren – noch heute ist der damals geprägte Begriff des „Moniereisens“ geläufig. Spannbeton, dessen in Längsrichtung gespannte Stahleinlagen größere Stützweiten ermöglichen, wurde im ersten Drittel des 20. Jahrhundert entwickelt. Nicht nur im Brückenbau, auch im Rohrleitungsbau war das Material unverzichtbar. Dabei war Beton zunächst nur eine Notlösung, denn Betonrohre waren erheblich preiswerter als gusseiserne Rohre. Stahlrohre werden erst seit den 1980er-Jahren bei Neuverlegungen und Reparaturen eingesetzt.

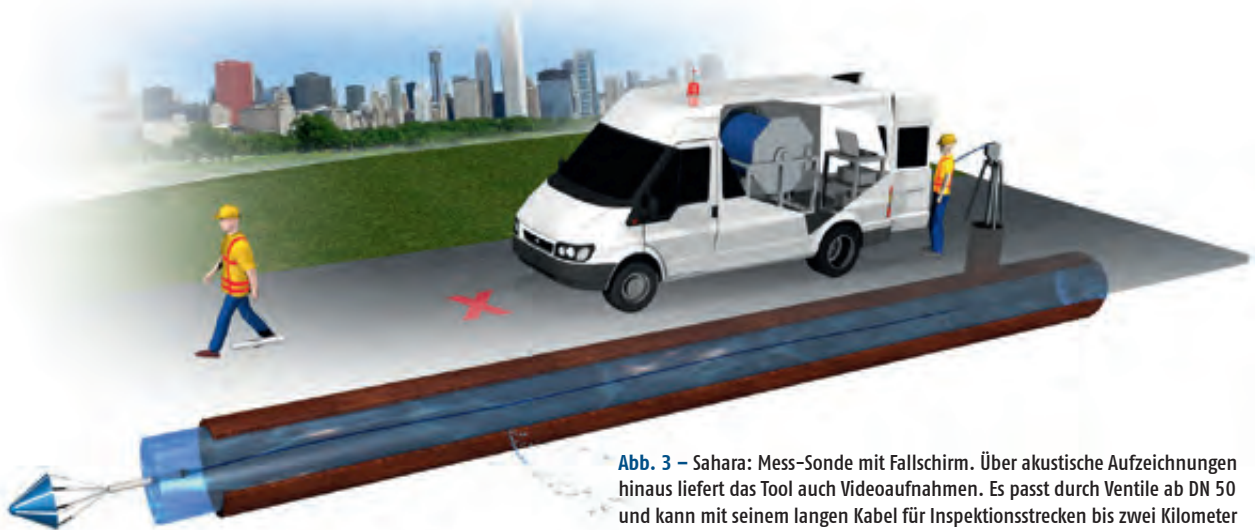


Abb. 3 – Sahara: Mess-Sonde mit Fallschirm. Über akustische Aufzeichnungen hinaus liefert das Tool auch Videoaufnahmen. Es passt durch Ventile ab DN 50 und kann mit seinem langen Kabel für Inspektionsstrecken bis zwei Kilometer Länge eingesetzt werden.

3D-Beschleunigungssensoren, Mikroprozessor und SD-Speicherkarte. Seine Einsatzdauer beträgt bis zu 15 Stunden und die mögliche Streckenlänge bis zu 35 Kilometer bei einer Fließgeschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde. Durch seine geringe Größe kann der SmartBall problemlos durch Ventile der Nennweite DN 100/150 in die Leitung eingeschleust werden.

Der SmartBall erkennt die akustischen Signale, die Lecks und Luftpolster im normalen Wasserfluss verursachen, und eignet sich damit zur Prüfung von wasserführenden Rohrleitungen im laufenden Betrieb, etwa von Wasser- oder Abwasserleitungen

sowie anderen Druckleitungen, Leitungen zur Wasserrückgewinnung oder Brauchwasserleitungen (Abb. 2b). Er eignet sich speziell für Muffen, die nicht visuell oder elektromagnetisch untersucht werden können.

Ähnlich funktioniert das Pure-Tool Sahara: Es nutzt die gleiche Technologie für die Leckerkennung wie der SmartBall und liefert darüber hinaus Videoaufnahmen. Das Tool passt durch Ventile ab DN 50 und kann mit seinem langen Kabel für Inspektionsstrecken bis zu zwei Kilometer Länge eingesetzt werden (Abb. 3).

Phase 2: Visuelle Prüfung und Prüfung der innen liegenden Spanndrähte und des Blechmantels

Visuelle Kontrollen lassen sich mit verschiedenen Inspektionsgeräten durchführen. Ein ROV (Remotely Operated Vehicle), also ein ferngesteuertes Mini-U-Boot, wird eingesetzt, wenn die Leitung drucklos, aber mit Wasser gefüllt ist (Abb. 4). Über ein Mannloch DN 500 oder DN 600 wird das Gerät in die Leitung eingeführt und kann dann am Kabel jeweils zwei Kilometer in jede Richtung „geflogen“ werden. ROVs sind im Allgemeinen ausgestattet mit Videokamera, Lasermessung und Pipesonar. Sie können zusätzlich mit Ultraschall und Lasermappern aufgerüstet werden.

Visuelle Kontrolle ist auch möglich in Kombination mit dem Sahara-Tool oder – nach Entleerung der Leitung – mit einer trinkwassertauglichen Inspektionskamera, wie der PureRobotics oder der Gullyver-Kamera. Letztere wird in Deutschland, Österreich und der Schweiz ausschließlich von der auf Trinkwasserleitungen spezialisierten Karl Reiner GmbH aus Wertingen eingesetzt.

Für die Prüfung der innenliegenden Spanndrähte und des Blechmantels empfehlen sich magnetische Verfahren. Korrosion ist der Hauptgrund für das Brechen innen liegender Spanndrähte und der Zerstörung von Blechmantelrohren. Insbesondere, wenn bei der visuellen Prüfung bereits Risse im Beton festgestellt wurden, ist die Gefahr groß, dass auch Spanndrähte und/oder der innen liegende Blechmantel betroffen sind. Doch auch, wenn keinerlei Schäden am Beton festgestellt wurden, können die Spanndrähte geschädigt sein – etwa durch wasserstoffinduzierte Korrosion. Die verborgenen Metallteile lassen sich nur mit einer elektromagnetischen Inspektionen via magnetischer Streufeldmessung [2] bzw. mittels einer Remanenzmessung. [3] prüfen.

Abb. 4 – Ein ROV (Remotely Operated Vehicle) oder auch „Mini-U-Boot“: Das ROV ist mit dem Schwimmkörper rund 35 Zentimeter lang, 35 Zentimeter hoch und 47 Zentimeter breit.



Abbildung: Pure Technologies

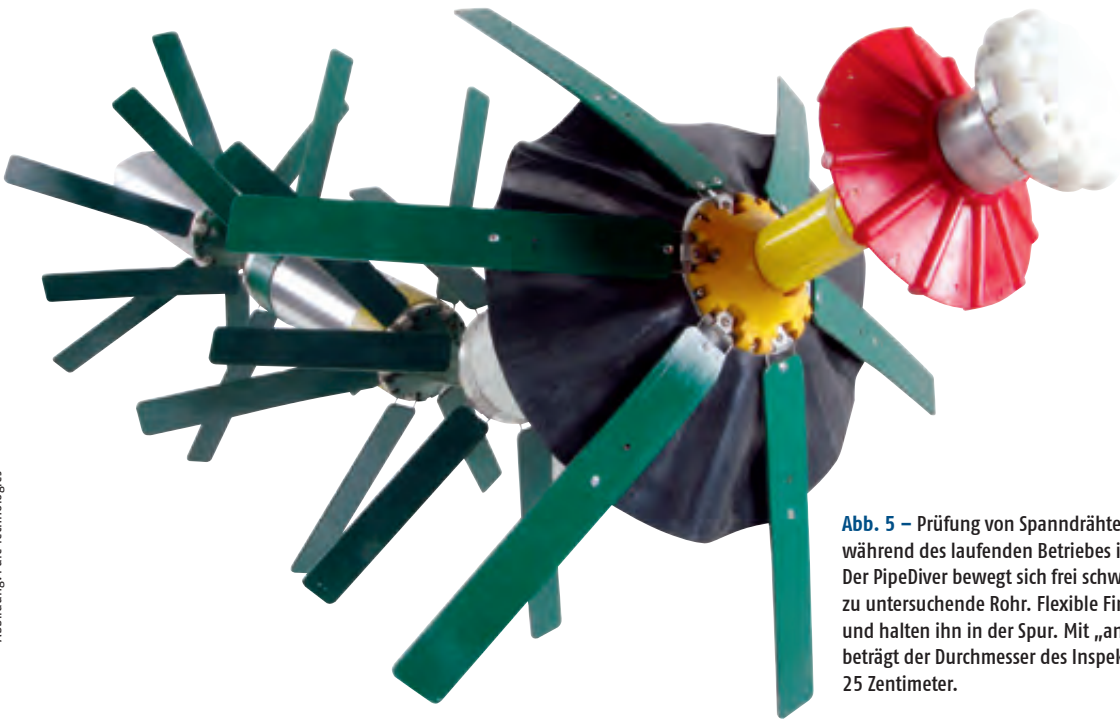


Abb. 5 – Prüfung von Spanndrähten und Blechmantel während des laufenden Betriebes in Rohren über DN 600: Der PipeDiver bewegt sich frei schwimmend durch das zu untersuchende Rohr. Flexible Finnen treiben ihn an und halten ihn in der Spur. Mit „angeklappten“ Finnen beträgt der Durchmesser des Inspektionstools nur rund 25 Zentimeter.

Abbildung: Pure Technologies



Abb. 6 – Die kleine Raupe PureRobotics passt auch in Leitungen DN 400 und eignet sich deshalb besonders für die Untersuchung von – entleerten – Hauptleitungen in Städtetzen.

Abbildung: 8seas



Abb. 7 – Geborstene Spannbetonrohre sind nicht nur eine theoretische Gefahr: Bei mehr als zehn Spanndrahtbrüchen in einem Segment droht die Vorspannung das Rohrsegment zu sprengen und eine Kettenreaktion auszulösen.

Im Optimalfall kann eine Leitung während des laufenden Betriebes untersucht werden, ohne dass sie entleert werden muss, Rohrsegmente freigelegt werden müssen oder der Druck auf Null reduziert werden muss – was die Gesamtkosten einer Inspektion erheblich senkt. Bei einem Rohrdurchmesser ab DN 600 ist der Einsatz des PipeDiver (Abb. 5), ebenfalls eine Entwicklung von Pure Technologies, möglich. Hierzu müssen lediglich Druckschleusen montiert werden. Der PipeDiver besteht aus drei Bauteilen: Einem Batteriemodul, einem elektromagnetischen Sensor und einem Trackingmodul. Das Gerät bewegt sich frei schwimmend durch das zu untersuchende Rohr. Flexible Finnen treiben den PipeDiver an und halten ihn in der Spur in der Mitte der Pipeline. Seine elektromagnetischen Sensoren erfassen Spanndrahtbrüche. Etwa 30 bis 40 Kilometer schafft der „Rohrtaucher“ in sechs bis sieben Stunden. Mit „angeklappten“ Flossen beträgt der Durchmesser des Inspektionstools nur rund 25 Zentimeter. So kann er leicht durch Druckschleusen mit 30 Zentimeter Durchmesser ein- und ausgeführt werden.

In Leitungen mit nur 400 Millimeter Durchmesser kann der PureRobotics (Abb. 6) eingesetzt werden. Die kleine Raupe wird durch ein offenes Leitungsende in die entleerte Leitung eingesetzt. Sie ist ausgestattet mit elektromagnetischen Sensoren, einer Kamera, einem Ortungssystem und Messlaser. Weil der Robotics anders als der PipeDiver auch Leitungen unter DN 600 untersuchen kann, eignet er sich besonders für Hauptleitungen in Städtetzen.

Der PipeScanner eignet sich für die Untersuchung an der Außenseite von Rohren ab DN 400. Dazu müssen mindestens drei Rohrsegmente im Bereich der 12-Uhr-Position zu einem Drittel freigelegt werden. Tiefbau ist aufwendig und teuer, deshalb wird das System vor allem in dünn besiedelten ländlichen Räumen eingesetzt oder wenn es keine anderen Zugangsmöglichkeiten, also Mannlöcher gibt, und die Leitung nicht aus dem Betrieb genommen werden kann.

In große Rohre von 900 und mehr Millimeter Durchmesser können die Prüfer unter Beachtung der Arbeitsschutzrichtlinien des jeweiligen Landes auch direkt einsteigen und zu untersuchende Segmente etwa mit dem PipeWalker abgehen. Dabei wird der PipeWalker vom Anlagenführer durch das zu untersuchende, außer Betrieb gesetzte und geleerte Rohr gefahren.

Phase 3: Zustandsbewertung, Gutachten und Rehabilitationskonzept

Auswertung und Einschätzung der Messergebnisse bilden den Auftakt zur Bewertung des Zustandes der untersuchten Leitung. Eine FEM (Finite-Elemente-Methode)-Analyse simuliert auf Basis der Daten des Rohrsegments (Konstruktion, Dichte, Material, etc.) den Innendruck und gegebenenfalls auch Druckstöße und bewertet die Statik des Bauteiles. So zeigt sich, ob das geschädigte Segment noch den jeweiligen Anforderungen, also meist dem 1,5-fachen des Nenndruckes, standhalten kann.

In den letzten Jahren haben Untersuchungen dieser Art überall ähnliche Ergebnisse gezeigt: 85 bis 96 Prozent der Rohrsegmente weisen keinerlei Schäden auf. Vier bis 15 Prozent zeigen überschaubare Schäden. Vier Prozent der Rohrsegmente haben

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung ist ökologisch und ökonomisch am sinnvollsten. ‹‹

definitiv Fehler. Nur vier Prozent? Ja – noch. Nicht nur beim eigenen Auto tritt das „Phänomen“ auf, dass in den ersten Jahren gar nichts passiert, die Zahl der Schäden aber mit steigendem Betriebsalter überproportional zunimmt: Zum einen ist davon auszugehen, dass gerade ältere Rohrsegmente, die heute noch keine oder nur geringe Schäden aufweisen, in den nächsten Jahren verstärkt korrodieren können. Zum zweiten reduziert sich die Lebenszeit eines Rohres rapide, wenn bereits erste Schäden vorliegen.

Eine Leitung mit mehr als zehn Spanndrahtbrüchen in einem Segment muss in den meisten Fällen sofort außer Betrieb genommen werden. Bei diversen Rohrtypen droht bei mehr als zehn Spanndrahtbrüchen in einem Segment, die Vorspannung des Rohrsegment zu sprengen und eine Kettenreaktion hervorzurufen (Abb. 7).

Am Ende steht die abschließende Zustandsbewertung mit Zustandsdatenanalyse und Risikobewertung [4]. Sie

- berechnet die Ausfallwahrscheinlichkeit in Relation zur Nutzungsdauer,
- berechnet die wirtschaftlichen und finanziellen Folgen des Versagens der Leitung,
- bewertet die Folgen des Versagens der Leitung für Menschen und Umwelt und
- liefert eine Gesamtrisikobewertung aus Wahrscheinlichkeit und Konsequenz.

Das Gutachten: Ist-Zustand + Fortschrittsgrad = verbleibende Nutzungsdauer

Die Zustandsbewertung ist die Basis für ein herstellerunabhängiges Gutachten zur technischen Restnutzungsdauer der Leitung und ein ebenso herstellerunabhängiges Rehabilitationskonzept. Welche Schäden sind tolerabel? Welche Schäden können wie lange warten, um eventuell später kostengünstiger im Rahmen einer größeren Maßnahme behoben zu werden?

Phase 4: Online-Monitoring – Langzeitüberwachung und Leitungsmanagement

Damit eine Leitung nicht im Abstand von wenigen Jahren immer wieder kostenintensiv untersucht werden muss, wurde ein Online-Monitoring für den laufenden Betrieb entwickelt. Für die dauer-

hafte Überwachung wird ein Glasfaserkabel in der jeweiligen Trinkwasserleitung installiert. Diese Lichtwellenleiterkabel dienen auf ihrer gesamte Länge als „optisches Mikrofon“. Spanndrahtbrüche bewirken eine geänderte Lichtreflexion, mithilfe derer sich Ort und Stärke von Spanndrahtbrüchen erkennen lassen. In Ländern wie den USA oder Kanada wird diese Methode seit einigen Jahren erfolgreich angewendet, in Deutschland wird sie zurzeit noch geprüft.

Literatur

- [1] Treiber, J., Weise, S.: „Besondere Werkstoffe erfordern besondere Lösungen“, 3R international (47), Heft 3-4 / 2008, S. 196 ff.
- [2] Sawade, G.: „Anwendung der Methode der magnetischen Streuflussmessung zur Ortung von Spanndrahtbrüchen“, sDGZFP-Berichtsband 66, Vortrag 7, Januar 1999
- [3] Choi-I Pak: „Optimierung des Remanenzmagnetismus-Verfahrens zur Stahlbruchortung in Bauwerken – Theoretische Weiterentwicklung“, Dissertation D38, sTU Berlin Fakultät IV, Januar 2010
- [4] Sorge, H.-Chr.: „Risikobasierte Instandhaltungsstrategie für Trinkwasser-Fernleitungen“, DVGW energiewasser-praxis, Mai 2012, wvgw mbH, Bonn

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Tim Krüger
8seas consulting engineers for water and energy
Holunderweg 4
55299 Nackenheim
Tel.: 06135 704738
tim.krueger@8-seas.com
www.8-seas.com



Beermann Bohrtechnik
- jeder Aufgabe gewachsen!
www.beermann.de

Grabenlose Rohrverlegung
Bohrlänge bis 1.500 m u. bis Ø 1,2 m

... alles im grünen Bereich
beermann bohrtechnik

Heinrich-Niemeyer-Str. 50 - 48477 Hörstel-Riesenbeck
Tel.: (0 54 54) 93 05 - 0 - Fax: (0 54 54) 93 05 - 72
E-Mail: info@beermann.de - Internet: www.beermann.de