Objektkonkrete Zustandsinformationen durch optische Inneninspektion von Trinkwasserleitungen

Im DVGW-Forschungsprojekt OptInspekt (Förder-Nr. W 202017) wurde untersucht, unter welchen Randbedingungen optische und optisch-akustische Inneninspektionen zur objektkonkreten Bewertung von Trinkwasserleitungen eingesetzt werden können. Geprüft wurden eine Schiebekamera, ein Fahrwagensystem und eine Wasserschlange mit Kamera und Hydrophon. Die Praxiseinsätze zeigen, dass insbesondere optische Inspektionen mit dem Fahrwagensystem bei geeigneten Randbedingungen verwertbare Informationen zum Innenzustand von Leitungen liefern können. Dazu zählen Hinweise auf Oberflächenzustand, Rohrverbindungen, Beschichtungen, Ablagerungen, Einbauten, Fremdkörper und Auffälligkeiten im Rohrquerschnitt. Für Wasserversorgungsunternehmen ergeben sich daraus praxisrelevante Anwendungsfelder, insbesondere die Zustandserfassung ausgewählter Leitungsabschnitte, die Vorbereitung grabenloser Sanierungen und die Qualitätskontrolle von Neubauleitungen. Voraussetzung für belastbare Ergebnisse sind eine klar definierte Fragestellung, eine sorgfältige Auswertung der Plandaten, ein abgestimmter Inspektionsablauf, ein tragfähiges Hygienekonzept und ein systematisches Risikomanagement.

von: Dr. Andreas Korth & Theresia Meltzer (beide: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser)

Die Bewertung des Zustands von Trinkwasserleitungen ist eine wesentliche Grundlage für Instandhaltung, Sanierung und Erneuerung. In der betrieblichen Praxis beruhen Entscheidungen häufig auf Leitungsalter, Werkstoff, Schadenshistorie, hydraulischen Randbedingungen und Betriebserfahrungen. Diese Informationen sind für ein systematisches Asset-Management zwar unverzichtbar, erlauben jedoch nur eingeschränkt Aussagen zum tatsächlichen Zustand eines einzelnen Leitungsabschnitts.

Objektkonkrete Inspektionsverfahren können diese Informationslücke verringern. Für die Trinkwasserversorgung gelten dabei besondere Anforderungen: Die Verfahren müssen unter hygienischen Bedingungen eingesetzt werden, sollen die Versorgung möglichst wenig beeinträchtigen und müssen Informationen liefern, die für konkrete betriebliche Entscheidungen verwertbar sind. Optische Verfahren bieten hier den Vorteil, dass sie die Innenoberfläche der Leitung unmittelbar sichtbar machen. Akustische Verfahren können ergänzend Hinweise auf Leckagen liefern, wenn durch eine Messung im Leitungsinneren die Entfernung zwischen Geräuschquelle und Sensor verringert wird.

Zielsetzung und Untersuchungsansatz

Im DVGW-Forschungsprojekt „Potenziale der optisch-akustischen Inspektion von Trinkwasserverteilungssystemen“ (kurz: OptInspekt) wurde das Potenzial zerstörungsfreier optischer und optisch-akustischer Verfahren zur Bewertung von Trinkwasserleitungen untersucht. Bewertet wurden drei Systeme: eine Schiebekamera, ein Fahrwagen und eine sogenannte Wasserschlange – ein kabelgebundenes Inspektionssystem mit Kamera und Hydrophon. Ziel war die Untersuchung geeigneter Einsatzfelder, technischer Grenzen und organisatorischer Voraussetzungen.

Die Untersuchungen erfolgten stufenweise. Zunächst wurden die Systeme in Versuchsnetzen am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser und bei HAMBURG WASSER getestet. Dort konnten Einbringung, Fortbewegung, Bogengängigkeit, Bildqualität, akustische Datenerfassung sowie hygienische und technische Randbedingungen unter kontrollierten, zugleich praxisnahen Bedingungen betrachtet werden. Auf dieser Grundlage wurden Praxiseinsätze bei Wasserversorgungsunternehmen vorbereitet, umgesetzt und ausgewertet. Mit Schiebekamera und Fahrwagen wurden mehr als 25 Inspektionen in Bestands- und Neubauleitungen durchgeführt.

Schiebekamera

Die Schiebekamera wurde als vergleichsweise einfaches kabelgebundenes System für kurze Inspektionsstrecken untersucht. Die Einbringung erfolgte über Freistromhydranten. Dabei zeigte sich, dass nicht allein die Nennweite der Leitung maßgeblich ist. Entscheidend sind der tatsächliche freie Querschnitt des Hydranten, des Steigrohrs und des Hydrantenanschlussbereichs sowie die Ausformung des Übergangs in die Leitung.

In Praxiseinsätzen konnte die Schiebekamera bei laufendem Betrieb in Lei-

Quelle (beide): TZW

Abb. 1 (links): Untersuchung in einem Trinkwassernetz mit Schiebekamera unter Druck

Abb. 2: Befahrung einer Leitung mit dem Fahrwagensystem

tungen eingebracht werden (**Abb. 1**). Bei einer DN 150-PE-Leitung wurde eine Inspektionsstrecke von mehr als 50 m erreicht. Zudem wurde ein stationärer Einsatz über mehrere Stunden erprobt, um das Rohrinnere über längere Zeiträume zu beobachten. Die Bildqualität war für die Bewertung der Oberflächenstruktur in den untersuchten Dimensionen ausreichend.

Grenzen ergeben sich aus der starren Blickrichtung, der nur indirekten Beeinflussung des Fokuspunktes und der mit zunehmender Strecke steigenden Reibung des Kabels. Das System ist daher vor allem für kurze Abschnitte, konkrete Verdachtsfälle und stationäre Beobachtungen geeignet. Für Wasserversorger kann dies beispielsweise relevant sein, wenn über einen vorhandenen oder nachgerüsteten Zugang eine konkrete Auffälligkeit überprüft werden soll. Darüber hinaus kann eine vorgeschaltete Kurzinspektion Hinweise darauf geben, ob ein Leitungsabschnitt für weitergehende Inspektionsverfahren grundsätzlich geeignet ist.

Fahrwagen

Das Fahrwagensystem wurde in einem breiten Spektrum von Praxiseinsätzen untersucht (**Abb. 2**). Die inspizierten Leitungen umfassten Bestands- und Neubauleitungen in Dimen- ▸

Sauberes Trinkwasser – Hygiene im Tank

HUBER Luftfilteranlagen:

- Optimale Hygiene im Trinkwassertank.
- Reduzieren der Risiken von Kontaminationen durch Staub, Bakterien, Viren und Keime.

HUBER Zugangstüren für Wasserkammern:

- Aus Edelstahl und doppelwandig für maximale Sicherheit.
- Universell einsetzbar als Zugang zu Gebäuden, Schalträumen, speziell für Anlagen im Bereich der Entsorgung und Versorgung.

Edelstahlausrüstung jetzt online bestellen unter: **shop.huber.de**

HUBER SE | Telefon: +49 8462 201-0 | info@huber.de | **www.huber.de**

HUBER TECHNOLOGY WASTE WATER Solutions

sionen von DN 200 bis DN 1200. Besonders günstige Einsatzbedingungen ergaben sich bei größeren Leitungsdimensionen, insbesondere im Bereich DN 400 bis DN 1200. Die Inspektionen erfolgten in entleerten, gefüllten und teilgefüllten Leitungen. Der Zugang wurde über im Rahmen von Baumaßnahmen geschaffene Öffnungen, Rohrfenster, ausgebaute Armaturen oder vorhandene Einbauten hergestellt.

Die Stärke des Fahrwagens liegt in der detaillierten optischen Erfassung. Durch Schwenk- und Rotationskamera, Hebearm, Fokusnachführung und Zoom können Oberflächen, Rohrverbindungen, Beschichtungen, Ablagerungen, Einbauten und Fremdkörper dokumentiert werden. In den Praxiseinsätzen wurden Inspektionsstrecken bis etwa 1.100 m erreicht. Damit ist das System grundsätzlich für längere Leitungsabschnitte geeignet, sofern Leitungsgeometrie, Zugangssituation, Traktion und Sichtbedingungen dies zulassen.

Zugleich wurden auch Einsatzgrenzen erkennbar. Bögen, Steigungen, Trübstoffe, Inkrustationen, Ablagerungen auf der Rohrsohle, hervorstehende Hindernisse, Klappen, scharfkantige Rohrverbindungen und ungünstige Kabelreibung können die Inspektionsstrecke begrenzen oder einen Abbruch erforderlich machen. Gefüllte Leitungen können zwar grundsätzlich befahren werden. Sind jedoch Trüb- oder Schwebstoffe im Wasserkörper vorhanden oder werden diese während der Befahrung mobilisiert, können Sichtverhältnisse und Autofokus beeinträchtigt werden. Bei teilgefüllten Leitungen sind wassergefüllte und luftgefüllte Bereiche getrennt zu betrachten, da die Phasengrenze reflektiert und die Sicht auf die jeweils andere Phase behindern kann.

Für die Praxis sind insbesondere drei Anwendungsfelder relevant: die Zustandserfassung ausgewählter Leitungsabschnitte, die Vorbereitung grabenloser Sanierungen und die Qualitätskontrolle von Neubauleitungen. Bei Neubauleitungen kann die optische Dokumentation vor Abnahme oder Inbetriebnahme dazu beitragen, Verschmutzungen, Fremdkörper oder Auffälligkeiten an der Rohroberfläche nachvollziehbar festzuhalten. Die Praxiseinsätze zeigen damit, dass der Fahrwagen bei geeigneten Randbedingungen ein leistungsfähiges Werkzeug für die objektkonkrete Bewertung von Trinkwasserleitungen sein kann.

Quelle: TZW

Abb. 3: Untersuchungen mit der Wasserschlange am Versuchsnetz

Wasserschlange

Die Wasserschlange wurde als optisch-akustisches System untersucht. Im Unterschied zum Fahrwagen besitzt sie keinen eigenen Antrieb und die Fortbewegung erfolgt entweder über einen Schirm im Wasserstrom oder über eine zuvor eingezogene Führungsschnur. Damit adressiert das System eine für die Trinkwasserversorgung interessante Fragestellung: die Inspektion gefüllter Leitungen.

Die Versuche in den Versuchsnetzen (**Abb. 3**) zeigen, dass mit der Wasserschlange grundsätzlich optische Informationen zur Innenoberfläche erfasst werden können. Oberflächenstrukturen, Beschichtungen und Einbauten waren erkennbar. Die Bildqualität hing jedoch von Bewegungsgeschwindigkeit, Trübung und Führung des Systems ab. Eine kontinuierliche Bewegung mit dem Wasserstrom erschwerte eine detaillierte Auswertung, während eine kontrollierte Bewegung über Führungsschnur und Kabel die Bildqualität verbesserte.

Für die akustische Komponente wurden simulierte Leckagen untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass Geräusche eines Wasseraustritts mit dem Hydrophon detektiert werden können, wenn die Wasserschlange ruht. Während der Bewegung überlagern Bewegungs- und Schleifgeräusche das Leckagesignal. Unter den Versuchsbedingungen konnte eine simulierte Austrittsstelle akustisch erkannt und räumlich eingegrenzt werden. Die Wasserschlange zeigte in den Versuchsnetzen somit ein Potenzial für die kombinierte optische und akustische Inspektion gefüllter Leitungen. Eine abschließende Bewertung für den Praxiseinsatz ist auf Grundlage der vorliegenden Untersuchungen jedoch noch nicht möglich, da innerhalb der Projektlaufzeit keine Praxisinspektion mit der Wasserschlange umgesetzt werden konnte.

> Der erfolgreiche Einsatz solcher Verfahren hängt nicht von der Kameratechnik allein ab, sondern von der Kombination aus geeigneter Fragestellung, sorgfältiger Planung, hygienischer Absicherung, Risikomanagement und erfahrener Durchführung.

Hygiene und Risikomanagement

Die Projektergebnisse verdeutlichen, dass Inneninspektionen im Trinkwasserbereich nicht allein als kameratechnische Aufgabe verstanden werden können. Alle Komponenten, die mit Trinkwasser oder dem Leitungsinneren in Kontakt kommen, müssen hygienisch beherrscht werden. Im Projekt wurde deshalb ein Hygienekonzept entwickelt und bei den Einsätzen umgesetzt. Die Systeme wurden gereinigt, desinfiziert und in sauberen Behältnissen transportiert. Für das während der Befahrung kontinuierlich nachgeführte Kabel wurde eine Einrichtung zur kontinuierlichen Kabeldesinfektion entwickelt.

Neben der Hygiene ist das Risikomanagement entscheidend. Das praktisch relevanteste Risiko ist das Steckenbleiben eines Systems. Weitere Risiken betreffen unzureichende Zugänglichkeit, instabile Kabelführung, unbekannte Hindernisse, eingeschränkte Sicht, Systemausfall, Beschädigung des Kabels, ungünstige Witterung, Stromversorgung und Arbeitsschutz. Aus den Praxiseinsätzen lässt sich ableiten, dass Bestandsunterlagen, Zugangssituation, Leitungsgeometrie und Betriebszustand vorab sorgfältig geprüft werden müssen. Während der Inspektion ist eine kontinuierliche Bewertung von Bilddaten, Systemparametern und Systembewegung erforderlich, um Risiken frühzeitig zu erkennen und die Inspektion ggf. abbrechen zu können.

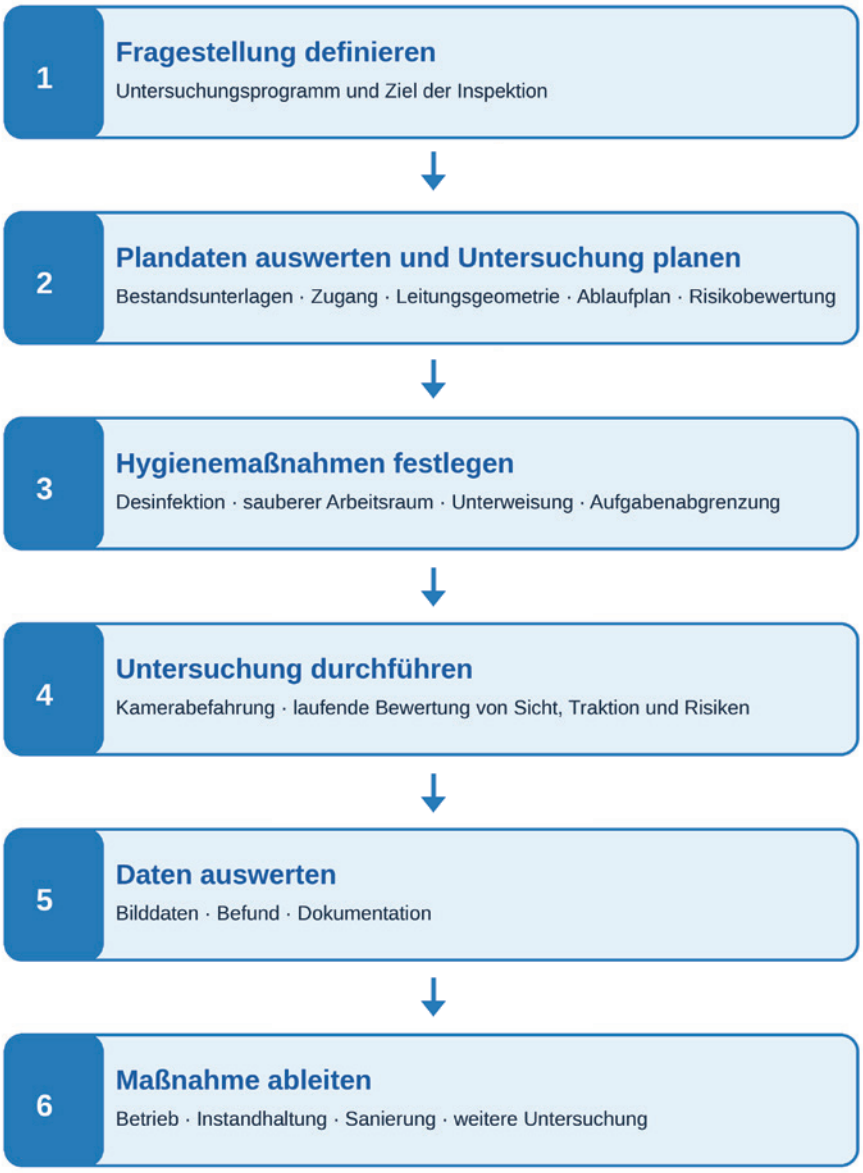
Nutzen für Wasserversorgungsunternehmen

Optische Inneninspektionen ersetzen keine materialtechnische Untersuchung und liefern keine direkte Aus- ▸

AUSSAGEN FÜR DIE PRAXIS

Für den Einsatz im Betriebsalltag von Wasserversorgungsunternehmen lassen sich die folgenden Aussagen treffen:

- ☑ **Optische Inneninspektionen können objektkonkrete Zusatzinformationen liefern, ersetzen aber keine materialtechnische Zustandsbewertung.**
- ☑ **Die Schiebekamera eignet sich vor allem für kurze Abschnitte, punktuelle Fragestellungen und stationäre Beobachtungen über Freistromhydranten.**
- ☑ **Der Fahrwagen ist besonders für größere Leitungen und längere Inspektionsstrecken geeignet, sofern Zugang, Leitungsgeometrie, Traktion und Sichtbedingungen günstig sind.**
- ☑ **Die Wasserschlange zeigt Potenzial für die kombinierte optisch-akustische Untersuchung gefüllter Leitungen, erfordert jedoch weitere Praxiserprobung.**
- ☑ **Hygiene, Risikomanagement und eine klare Fragestellung sind entscheidende Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz.**



Quelle: TZW

Abb. 4: Ablauf einer Kamerainspektion

sage zur Restwanddicke oder zur mechanischen Restnutzungsdauer. Ihr Nutzen liegt vielmehr in der objektkonkreten Sichtbarmachung des Rohrinneren. Dadurch können Annahmen überprüft, Auffälligkeiten eingegrenzt und weiterführende Maßnahmen gezielter geplant werden.

Für Wasserversorgungsunternehmen ergeben sich daraus mehrere Anwendungsfelder: Erstens kann die optische Inspektion zur Zustandserfassung ausgewählter Leitungsabschnitte beitragen. Zweitens unterstützt sie die Vorbereitung grabenloser Sanierungen, weil Innenbeschaffenheit, Abgänge, Durchmesseränderungen, Hindernisse und Fremdkörper erfasst werden können. Drittens eignet sie sich zur Qualitätskontrolle von Neubauleitungen. Und viertens kann sie bei konkreten Auffälligkeiten eingesetzt werden, etwa bei Verdacht auf Wurzeleinwuchs, Fremdkörper, Ablagerungen, hydraulische Einschränkungen oder Auffälligkeiten an Armaturen.

Der Informationsgewinn ist besonders hoch, wenn die Fragestellung vorab klar definiert ist und das gewählte System zu Leitungsdimension, Zugangssituation und Betriebszustand passt. Unter diesen Voraussetzungen kann die Inneninspektion eine praxisrelevante Ergänzung bestehender Bewertungsansätze sein und die Entscheidungsgrundlage für Betrieb, Instandhaltung und Sanierungsplanung verbessern.

Fazit

Das Forschungsprojekt zeigt, dass optische und optisch-akustische Inspektionsverfahren unter definierten Randbedingungen einen relevanten Beitrag zur objektkonkreten Bewertung von Trinkwasserleitungen leisten können. Besonders Schiebekamera und Fahrwagen lieferten in Praxiseinsätzen verwertbare Informationen für die Bewertung von Leitungsinnenzuständen, die Vorbereitung weiterführender Maßnahmen und die Dokumentation konkreter Auffälligkeiten. Die Wasserschlange zeigte in Versuchsnetzen Potenzial für die Kombination aus opti-

scher Inspektion und akustischer Leckagedetektion, bedarf jedoch weiterer Praxiserprobung.

Als zentrales Ergebnis lässt sich festhalten: Der erfolgreiche Einsatz solcher Verfahren hängt nicht von der Kameratechnik allein ab, sondern von der Kombination aus geeigneter Fragestellung, sorgfältiger Planung, hygienischer Absicherung, Risikomanagement und erfahrener Durchführung. Wesentliche Projekterkenntnisse sind in das DVGW-Merkblatt W 492 eingeflossen und tragen damit zur fachlichen Einordnung zerstörungsfreier Inspektionsverfahren im Trinkwasserbereich bei.

Auf Grundlage der Projektergebnisse und der umfangreichen Erfahrungen aus Praxiseinsätzen bietet das TZW die Kamerainspektion von Trinkwasserleitungen als Dienstleistung für Wasserversorgungsunternehmen an. Den Ablauf einer Kamerainspektion zeigt die **Abbildung 4**.

Danksagung

Das TZW dankt dem DVGW für die Förderung des Forschungsvorhabens sowie den beteiligten Wasserversorgungsunternehmen, der Firma Gullyver und allen weiteren Projektpartnern für die fachliche und praktische Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen. Besonderer Dank gilt den Mitgliedern der Projektbegleitgruppe, die das Vorhaben über die gesamte Laufzeit engagiert begleitet und durch ihre konstruktiven Hinweise wesentlich zur praxisnahen Ausrichtung des Projekts beigetragen haben.

Die Autoren

Dr. Andreas Korth ist Leiter der Abteilung Wasserverteilung am Standort Dresden des TZW: DVGW-Technologiezentrums Wasser.

Theresia Meltzer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Standort Dresden des TZW: DVGW-Technologiezentrums Wasser.

Kontakt:
Dr. Andreas Korth
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Wasserwerkstr. 2, 01326 Dresden
Tel.: 0351 85211-54
E-Mail: andreas.korth@tzw.de
Internet: www.tzw.de

IUWS ULTRASCHALL-WASSERZÄHLER

Erzielen Sie mit dem Ultraschall-Wasserzähler IUWS eine stets zuverlässige Erfassung der Zählerdaten zur individuellen Verbrauchsabrechnung! Mit der neuen Funktion „Parallelfunk“ kann der Zähler die Messdaten simultan über Wireless M-Bus und LoRaWAN® übertragen. Damit erhalten Sie die Flexibilität, zwei Methoden zur Funkablesung parallel einzusetzen und jetzt die neue ZENNER-Komplettlösung „Metering as a Service“ zur wirtschaftlichen Fernablesung von Wasserzählern zu nutzen.

www.zenner.de

ZENNER