

Instandsetzung von Trinkwasserversorgungsleitungen mittels Gewebeschlauchrelining

Fabric-hose relining for repair of drinking-water pipelines

Von Andreas Hüttemann

Die Situation der Trinkwasserversorgung

In Deutschlands Untergrund befinden sich rund 1,9 Mio. km öffentliches Leitungsnetz (Druckrohre und Kanäle) und 1,5 Mio. km Kabel [1].

Damit auch die nachfolgenden Generationen sicher und in ausreichender Menge mit Gas, Wasser und Strom versorgt, sowie von Abwasser entsorgt werden können, müssen jährlich insgesamt ca. 15 Mrd. Euro in die Leitungsnetze investiert werden [1]. Derzeit werden jährlich nur 7,5 Mrd. Euro investiert. Diese Investitionen sind zur nachhaltigen Werterhaltung der Netze bei weitem nicht ausreichend. Bei der Zugrundelegung einer 50-jährigen Nutzungsdauer der Leitungen, die im DVGW-Regelwerk verankert ist, sollte die jährliche Erneuerungsrate mindestens

2 % betragen. Erwartete Kosteneinsparungspotentiale haben allerdings in letzter Zeit dazu geführt, dass zunehmend eine zustandsorientierte, d.h. nur an konkreten Schadensauffälligkeiten festgemachte, Rohrnetzerneuerung betrieben wird.

Mitunter liegen die Erneuerungsraten in der Wasserversorgung daher nur in der Größenordnung von 0,5 % bis 0,8 %, die langfristig zu einem Durchschnittsalter des betreffenden Versorgungsnetzes von mehr als 125 Jahren führen würde. Die Leitungsnetze werden deshalb immer älter und schadensanfälliger. Schadhafte Versorgungsleitungen führen jedoch zu großen Problemen bei der Versorgungssicherheit und zu potentiellen Sicherheitsrisiken. Als Wasserverluste bezeichnet man die Differenz aus gesamter eingespeister Wassermenge minus der verkauften Wassermenge [1]. Dabei ist der Prozentsatz

der Wasserverluste im Verteilungsnetz der wohl wichtigste Qualitätsparameter für den baulichen Zustand von Rohrleitungen und Armaturen einschließlich des Wartungszustandes und Betriebes. Wasserverluste haben die unterschiedlichsten Ursachen. Sie entstehen durch Rohrbrüche, unsachgemäße Benutzung von Hydranten, durch Wasserspülungen des Rohrnetzes, Schleichverluste, illegale Wasserentnahme, usw. Einen wesentlichen Schwerpunkt für Wasserverluste bilden jedoch Alterungsprozesse sowie äußere und innere Beanspruchungen denen Wasserverteilungsanlagen unterliegen und aufgrund derer sie nicht auf Dauer dicht bleiben. Durch diese Undichtigkeiten in Trinkwassernetzen gehen Jahr für Jahr große Wassermengen, allein in den alten Bundesländern 8 bis 9 %, in den neuen Ländern geschätzte 25 % bis 30 % der geförderten und aufbereiteten Menge verloren. In einigen Regionen von Afrika, Asien, Südamerika sowie der MOE-Länder betragen Wasserverluste sogar über 50 %. Durch Undichtigkeiten besteht aber auch eine potentielle Gesundheitsgefahr, da infolge dieser Undichtigkeiten Keime und Krankheitserreger in Wassertransport- und -verteilungsnetze gelangen können.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass aus betriebswirtschaftlichen Gründen oftmals ein Handlungsbedarf zur Minimierung von Wasserverlusten erst bei signifikanten Größenordnungen besteht. Diese Vorgehensweise steht daher mitunter im Widerspruch zu einem nachhaltigen und umweltschonenden Umgang mit der lebenswichtigsten Ressource Trinkwasser. Doch dieses Thema gewinnt selbst in vermeintlich sicheren Versorgungsnetzen der Industrienationen zunehmend an globaler Bedeutung. Jüngste Beispiele sind u.a. die Situation der nicht ausreichenden Trinkwasserversorgung der Stadt London im Sommer 2006 sowie die aktuellen Programme zum Ressourcen sparenden Umgang der Stadt New York mit Trinkwasser. Das dieses Programm längst überfällig ist zeigt Bild 2.



Bild 1: Gewebeschlauchrelining in Tschechien, Dr. Dec Downey (links im Bild), Vizepräsident der ISTT, vor der starline®HPLW-Drucktrommel

Fig. 1: Fabric-hose relining in the Czech Republic, Dr. Dec Downey (left in picture), Vice-President of ISTT, in front of the starline®HPLW pressure drum

Gewebeslauchrelining als Lösungsmöglichkeit

Aus vorgenannten Gründen wird eine kostengünstige, schnelle und dauerhafte Rehabilitationstechnologie benötigt, die eine Wiederherstellung der Betriebssicherheit der Trinkwassernetze und damit die sichere Versorgung der Verbraucher mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser gewährleistet. Rehabilitationen mittels Gewebeslauchrelining werden mit dem Ziel durchgeführt, die bestehende Rohrleitung zu erhalten. Rohrleitungen sollen nach Abschluss der Rehabilitation in ihren strömungstechnischen Eigenschaften und in ihrer technischen Bewertung neuen Rohrleitungen in gleicher Dimension nahe kommen. Rehabilitationen beziehen sich immer auf größere Abschnitte des Rohrleitungsnetzes, nicht auf Einzelschäden. Einzelschäden werden durch Reparatur- oder Instandsetzungsmaßnahmen behoben und verbessern damit nicht den Zustand des Rohrleitungsnetzes insgesamt.

Der Vorteil von Gewebeslauchverfahren gegenüber einer grabenlosen bzw. konventionellen Auswechslung liegt insbesondere in einer schnellen Bauweise.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik wird das Gewebeslauchrelining als ein bruchsicheres Rehabilitationsverfahren angesehen. Die vorhandene Rohrleitung wird dabei vollflächig und hinterwanderungsdicht durch einen alterungsbeständigen Gewebeslauch mit einer Lebensdauer von mindestens 50 Jahren ausgekleidet. Gegenwärtig sind vier verschiedene Gewebeslauchverfahren bekannt. Allein mit dem *starline*[®]-Verfahren der Unternehmensgruppe Karl Weiss wurden seit 1991 über 600 km Rohrleitungen im Nennweitenbereich DN 100 bis DN 600 erfolgreich rehabilitiert.

Der Verfahrensursprung liegt in Japan, wo Gewebeslauchrelining zur Rehabilitation von Druckrohrleitungen der Gasversorgung angewendet wird, um schnell und grabenlos die Erdbebensicherheit von Graugussrohrleitungen anzuheben. Bei einem Bruch der Rohrleitung aus Grauguss infolge eines Erdbebens oder infolge von Bodenbewegungen durch Verkehrslasten bleibt der Gewebeslauch intakt und das Ausströmen des Gases wird verhindert. Neben der Dichtheit nach Rohrbruch war es insbesondere bei der Anwendung von Gewebeslauchrelining in Europa das Ziel, die aufgrund des Wechsels von Stadtgas zu Erdgas und des erhöhten Betriebsdruckes undicht gewordenen Hanfmuffen schnell und kosteneffizient abzudichten. Da die rehabilitierte Leitung bei ungeschwächter Statik der Altrohrleitung eine annähernd gleich lange Lebensdauer wie eine neu verlegte Rohrleitung erwarten lässt, sind diese Verfahren auch sehr wirtschaftlich und kosteneffizient.

Bild 2: Situation der Infrastrukturanlagen in New York, Wall Street, um 1920

Fig. 2: Infrastructure situation in Wall Street, New York, around 1920



Inzwischen wird Gewebeslauchrelining auch zunehmend für die Rehabilitation von Trinkwasserleitungen eingesetzt. Hierbei sind neben der Wiederherstellung der Betriebssicherheit (auch nach Rohrbruch) weitere Ziele, Wasserverluste zu vermeiden, Strömungsverluste zu reduzieren und insgesamt eine Beeinträchtigung der Wasserqualität zu verhindern.

Für das Gewebeslauchrelining von Trinkwasserleitungen ist die Erfüllung der trinkwasserhygienischen Unbedenklichkeit in Bezug auf Physiologie und Mikrobiologie, die anhand der heranzuziehenden KTW-Empfehlungen bzw. UBA-Leitlinie sowie des DVGW-Arbeitsblattes W 270 geprüft wird, eine unabdingbare Voraussetzung. Mit der Weiterentwicklung des *starline*[®]-Verfahrens steht nun ein erprobtes System für die Rehabilitation von Trinkwasser-Druckrohrleitungen zur Verfügung. Alle vorgenannten Anforderungen für den unbedenklichen Kontakt mit Trinkwasser werden sowohl für die Einzelkomponenten als auch für das Verbundsystem erfüllt und durch entsprechende Prüfzeugnisse belegt.

Weiterhin befindet sich derzeit das DVGW-Arbeitsblatt G 478 in der Überarbeitung. Es erfolgt eine Erweiterung im Bereich Gas auf die Sanierung von Gashochdruckleitungen bis 30 bar Betriebsdruck sowie die Aufnahme des Anwendungsbereichs Wasser. Damit wird in absehbarer Zeit eine Technische Regel zur Verfügung stehen, die unter der Bezeichnung GW 327 Anforderung, Gütesicherung und Prüfungen für das Relining von Gas- und insbesondere Wasserrohrleitung mit einzuklebenden Gewebesläuchen festlegt. Nachfolgend werden die Einsatzbereiche und Möglichkeiten für die Rehabilitation von Trinkwasserleitungen aufgezeigt.

Der Klimaschutz-(Neben-)Effekt

Durch Anwendung innovativer grabenloser Technologien werden die mit Rohrleitungsarbeiten verbundenen Beeinträchtigungen für Bewohner, Umwelt und Verkehr auf ein notwendiges Minimum reduziert. Insbesondere für die Tiefbauarbeiten ergeben sich Einsparungen von 80 bis über 90 % gegenüber der konventionellen, offenen Bauweise [2]. Damit verbunden ist für die grabenlose Bauweise auch eine positive Auswirkung auf den Klimaschutz.

In Zeiten erforderlicher CO₂-Minderungsprogramme zur Reduzierung von Treibhausgasen und den damit verbundenen Auswirkungen auf den globalen Klimawandel lässt sich durch die grabenlose Bauweise eine erhebliche Einsparung der CO₂-Emission gegenüber der offenen Bauweise erreichen. Dieses soll anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht werden:

Für die Erneuerung eines 150 m langen Trinkwasserrohrleitung DN 150 wird ein Bodenaushub von ca. 270 m³ erforderlich. Bei einer angenommenen Bodendichte von 2,0 t/m³ müssen im Falle eines Bodenaustauschs ca. 540 t Bodenmaterial von der Baustelle zu einer Lagerstätte transportiert und für die Rückverfüllung des Baugrabens in gleicher Menge zur Baustelle angeliefert werden. Geht man dabei von einer einfachen Entfernung von 25 km aus, so ergibt für einen LKW mit einer Ladekapazität von 10 t und einem Durchschnittsverbrauch an Dieselmotorkraftstoff von 25 Liter/100 km eine CO₂-Gesamtemission von bis zu 3,5 t. Demgegenüber steht bei der grabenlosen Bauweise eine Einsparung von bis zu 90 %, d.h. eine Reduktion der nur für Bodentransporte hervorgerufenen CO₂-Emission auf 350 kg. Nicht berücksichtigt sind bei diesem Beispiel die durch Baugeräte für das Herstellen des Baugrabens bzw. die Bodenverdichtung her-



Bild 3: Verbundsystem bestehend aus mit der Rohrwand vollflächig und hinterwandungsdicht verklebtem Gewebeschlauch

Fig. 3: Composite system consisting of a fabric hose adhesively bonded infiltration-tight with the inner pipe wall across its full surface area

vorgeschriebene Emission sowie der Verbrauch an fossilen Energieträgern.

Rehabilitation von Wasserrohrleitungen durch Gewebeschlauchrelining

Gewebeschlauchrelining für Trinkwasser-Versorgungsleitungen mit Installationsabschnitten bis 150 m

Beim Gewebeschlauchrelining wird ein mit einem Kunststoff beschichteter nahtloser Gewebeschlauch zunächst mit einem lösungsmittelfreien Zweikomponenten-Klebstoff getränkt. Mittels Druckluft erfolgt dann die Reversion in die zu rehabilitierende Rohrleitung. Dabei wird die klebstoffbenetzte Seite des Gewebeschlauchs umgestülpt und vollflächig mit der zuvor gereinigten Rohrinneenseite verklebt (**Bild 3**).

Dabei ist es nennweitenabhängig möglich, eine bis mehrere Richtungsänderungen zu durchfahren. Der Gewebeschlauch wird unter Aufrechterhaltung des Innendruckes vollflächig mit der gereinigten Altrohrwand verklebt. Der kaltaushärtende Zweikomponenten-EP-Klebstoff härtet innerhalb von ca. 16 Stunden bei Umgebungstemperaturen aus. In der Regel werden hierzu die Nachtstunden genutzt. Die rehabilitierte Rohrleitung kann somit am darauffolgenden Morgen nach Ablassen des Haltedruckes und Durchführung des Dichtheitsnachweises wieder in Betrieb genommen werden. Betriebs-sichere Hausanschlussabgänge oder andere Abgänge werden vorher grabenlos von innen mittels Robotertechnik geöffnet und vermeiden dadurch kostenintensive Tiefbauarbeiten. Neue Anschlüsse können mittels Anbohrgerät problemlos und hinterwand-

ungsdicht in konventioneller Bauweise angeschlossen werden.

Der gesamte Rehabilitationsablauf lässt sich stichpunktartig wie folgt darstellen:

- Herstellen von Start- und Zielbaugruben
- Außerbetriebnahme der Rehabilitationsstrecke
- Rohrreinigung mit anschließender TV-Inspektion (**Bild 4**)
- Rehabilitationsvorgang mit Aushärteperiode und Dichtheitsnachweis
- Durchführung der Druckprüfung
- Anbindung von Hausanschlüssen mit TV-Cutter-System und Inspektion
- Inbetriebnahme der Rehabilitationsstrecke
- Verfüllen der Baugruben und Wiederherstellung der Oberflächen.

Als Ergebnis ist die Altrohrleitung mit einem alterungsbeständigen Gewebeschlauch ausgekleidet. Existierende Leckagen (undichte Muffenverbindungen bzw. Korrosionslöcher) werden dauerhaft abgedichtet und zukünftige Undichtigkeiten sowie Innenkorrosion mit dem zusätzlichen Vorteil der Dichtheit nach Rohrbruch sicher verhindert. Die Dimension der Rohrleitung bleibt dabei erhalten und eine Reduzierung des Versorgungsquerschnittes ist aufgrund des günstigen Strömungsbeiwertes nicht in Ansatz zu bringen. Die rehabilitierte Rohrleitung ist somit bei späteren Rohrbrüchen und lokalen Korrosionsdurchbrüchen betriebssicher, sofern die Statik des Rohrkörpers nicht insgesamt beeinträchtigt wird. Die Lebensdauer der rehabilitierten Rohrleitung ist unter dieser Voraussetzung mit einer neuen PE-Leitung vergleichbar. Daher werden die so rehabilitierten Rohrleitungen auch einer neuen Leitung gleichgesetzt und im Gegensatz zu Reparaturverfahren als werthaltige, abschreibungs-fähige Leistung voll aktiviert.



Bild 4: Übliche Verfahrensschritte für das Gewebeschlauchrelining von Versorgungsleitungen

Fig. 4: Standard operations for fabric-hose relining of supply pipelines

Einsatzbereiche

- Medium: Trinkwasser, Brauchwasser mit analogen physikalischen und chemischen Eigenschaften (ohne Fest-/Schwebstoffe) mit geprüfem Gewebeschlauch-Klebstoff-Verbundsystem (nach KTW-Empfehlungen/UBA-Leitlinie sowie DVGW-Arbeitsblatt W 270)
- Dimension: DN 80 – DN 600 (größere Nennweiten auf Anfrage)
- Länge: bis 180 m und bis zu 600 m mit Spezialausrüstung (Hochdrucktechnologie)
- Altrohrmaterial: Grauguss, Stahl, duktiles Gusseisen, ggf. AZ, PVC sofern statisch tragfähig

Voraussetzungen

Der zu rehabilitierende Leitungsabschnitt ist außer Betrieb zu nehmen und muss am Anfangs- und Endpunkt frei zugänglich sein. In der Rohrleitung befindliche Hindernisse, wie



Bild 5: Drucktrommel im Feldeinsatz
Fig. 5: Pressure drum in field use



Bild 6: Sanierung des Luznice-Doppeldükers
Fig. 6: Refurbishing of the Luznice double culvert

beispielsweise feste Ablagerungen/Inkrustationen, Teeranstriche, Bitumenauskleidungen, einragende Stützen müssen entfernt werden. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist die statische Tragfestigkeit des Altrohres gegenüber Innen- und Außendruck. Weiterhin ist vor der Rehabilitation eine qualitätsgerechte Reinigung (metallisch blank) durchzuführen.

Die Rehabilitationsrichtung ist so zu wählen, dass Richtungsänderungen möglichst im Endbereich der zu rehabilitierenden Strecke liegen. Vorteilhaft ist die Rehabilitation von Versorgungsleitungen mit betriebssicheren Hausanschlüssen, die mittels Robotertechnik und ohne kostenintensive Tiefbauarbeiten von innen geöffnet (wieder angeschlossen) werden.

Im Vergleich zur offenen Bauweise ist das Gewebeschlauchrelining durch folgende Vorteile gekennzeichnet:

Schnelligkeit

Im Vergleich zur Leitungserneuerung ist die Rehabilitation zeitlich wesentlich schneller abzuwickeln. Abgesehen von den Vorbereitungen und Nacharbeiten, im Wesentlichen sind dies Tiefbauarbeiten, die um über 90 % reduziert werden, werden für Trennung, Reinigung, Rehabilitation und Wiedereinbindung eines ca. 125 m langen Leitungsabschnittes im Normalfall ein bis zwei Tage benötigt. Beim *starline*[®]-Verfahren ermöglicht eine mobile, vom Rehabilitationsfahrzeug unabhängige Rehabilitationseinheit auch Rehabilitationen in Bereichen, die für Lkw nicht direkt zugänglich sind.

Kostenvorteil

Im innerstädtischen Bereich ist das *starline*[®]-Verfahren besonders wirtschaftlich gegenüber der Erneuerung von Rohrleitungen

mit gleichzeitiger Bergung und Entsorgung der vorhandenen Leitungen. Die Rehabilitationseinheit selbst kann nach dem Rehabilitationsvorgang von der rehabilitierten Leitung abgekoppelt werden. Somit besteht die Möglichkeit, mehrere Strecken mit einer Ausrüstung an einem Tag zu rehabilitieren.

Umweltschonend

Im Wesentlichen sind hier infolge des geringeren Umfangs an Tiefbauarbeiten die geringere Beeinträchtigung der Anwohner und des Verkehrs sowie die Verhinderung der Beschädigung von Wurzeln bei überpflanzten Leitungstrassen zu sehen. Vorteilhaft ist auch die Weiterverwendung des alten Rohres, da die Entsorgung entfällt bzw. der Verbleib stillgelegter Leitungen im jetzt bereits überbelegten Erdreich vermieden wird. Weiterhin wird durch die Rehabilitation der undichten Wasserleitungen eine hygienisch problematische und unkontrollierte Kontamination der Rohrleitung bei vorübergehender Außerbetriebnahme ausgeschlossen.

Gewebeschlauchrelining für Trinkwasser-Transportleitungen mit Installationsabschnitten bis 600 m

Mit diesem speziell entwickelten Gewebeschlauchreliningverfahren können Trinkwasser-Transportleitungen in Einzellängen von bis zu 600 m rehabilitiert werden. In Abhängigkeit der Festigkeit des Gewebematerials ist ein Betriebsdruck von bis zu 40 bar möglich. Damit lässt sich sowohl der erforderliche Sicherheitsstandard als auch die Hygiene dieser Leitungen schnell und dauerhaft wiederherstellen. Als Material kommt ein nahtlos gewebter, kunststoffbeschichteter Gewebeschlauch aus hochfesten Garnen in Verbindung mit einem speziellen, kaltaushärtenden Epoxidharzsystem zum Einsatz. Gewebeschlauch und Klebstoff erfüllen

selbstverständlich die erforderlichen Anforderungen als Komponenten wie auch als Verbundsystem in der erforderlichen Kategorie Rohre der KTW-Empfehlungen/UBA-Leitlinie sowie des DVGW-Arbeitsblatts W 270.

Da der Gewebeschlauch in seinem Durchmesser auf den Innendurchmesser der zu rehabilitierenden Leitung ausgelegt ist, wird trotz des hochfesten Gewebes eine faltenfreie Auskleidung erreicht. Durch das kaltaushärtende Klebstoffsystem mit einer sehr langen Topfzeit werden die bei Warmaushärtung auftretenden thermisch induzierten Spannungen in der vorhandenen Rohrleitung, die insbesondere bei bitumenummantelten Transportleitungen Schweißnahtbrüche verursachen, ausgeschlossen. Nach der Aushärtung des Klebstoffes ist der Gewebeschlauch vollflächig und dauerhaft mit dem Altrohr verklebt.

Existierende und zukünftige Korrosionsdurchbrüche, die insbesondere bei Transportleitungen ein enormes hygienisches und sicherheitstechnisches Risikopotential darstellen, können daher effizient, schnell und nachhaltig beseitigt werden. Dadurch wird der erforderliche Sicherheitsstandard dauerhaft wieder hergestellt und zusätzlich eine Minimierung des Risikos von Schweißnahtbrüchen erreicht.

Eine wirtschaftliche Verfahrensdurchführung wird durch die Inspektion und Rehabilitation von nennweitenabhängig bis zu 600 m langen Rohrleitungsabschnitten, für die eine völlig neuartige und auf die spezifischen Anforderungen abgestimmte weltweit einmalige Verfahrenstechnik zur Verfügung steht, ermöglicht.

Der gesamte Ablauf zur Rehabilitation basiert auf dem Grundprinzip des Verfahrensablaufs für das Gewebeschlauchrelining von



Bild 7: Arbeiten unter erschwerten Bedingungen

Fig. 7: Work under adverse conditions



Bild 8: Abbau des Fangkorbs für den Gewebeschlauch nach erfolgter Aushärtung in der Zielbaugrube

Fig. 8: Removal of the catch-cage for the fabric hose in the receiving pit after curing

Versorgungsleitungen, wobei folgende grundlegende Änderungen bestehen:

- TV-Inspektion einschließlich 12-Punkt-Kalibermessung zur dokumentierten Zustandserfassung und Bestimmung des Innendurchmessers bzw. etwaiger Deformationen mit selbstfahrendem Roboter bis zu 1000 m Länge. Unzulässige Innendurchmesserabweichungen werden dabei automatisch erfasst und lokalisiert.
- Tränkung des Gewebes mit dem Klebstoff mittels automatischer Hochleistungs-Klebstoffmisch- und -Dosieranlage mit einem Durchsatz von bis zu 2 t/h und völlig neuartiger Liner-Applikationsvorrichtung.
- Reversion des klebstoffgefüllten Schlauches in die Rohrleitung mittels Spezialdrucktrommel für Reversionsdrücke bis 4,5 bar mit Luft.

Einsatzbereiche

- Medium: Trinkwasser, Brauchwasser mit analogen physikalischen und chemischen Eigenschaften (ohne Fest-/Schwebstoffe)

- Dimension: DN 200 – DN 600 (größere Durchmesser bis DN 1200 auf Anfrage in Abhängigkeit von der Projektgröße wegen hohem Investbedarf für Erweiterung der Schlauchherstellung)
- Länge: bis 600 m
- Altrohrmaterial: geschweißte Stahlleitungen, Duktill- und Grauguss sowie Faserzementrohre

Anwendungsfälle

- Wiederherstellung der erforderlichen Hygiene und Wasserqualität
- Nachhaltige Beseitigung von Wasserverlust
- Dauerhafte Wiederherstellung der hydraulischen Eigenschaften
- Auch bei weichem Wasser einsetzbar

Das *starline*[®]HPL-W-Verfahren kann zur Wiederherstellung der Betriebssicherheit eingesetzt werden. Nach der Rehabilitation kann die Leitung wieder mit dem ursprünglichen Betriebsdruck genutzt werden. Leitungen mit Durchrostungen von bis zu 50 mm Durchmesser bleiben betriebssicher. Daher können die so rehabilitierten Rohrleitungen

auch einer neuen Leitung gleichgesetzt werden.

Tiefbauarbeiten werden gegenüber der offenen Bauweise um über 95 % reduziert, da durchmesserabhängig nur noch alle ca. 450 bis 600 m eine Reversionsbaugrube benötigt wird.

Voraussetzungen

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist die statische Tragfestigkeit des Altrohres gegenüber dem Innen- und Außen-Druck. Die Leitung muss messtechnisch vor der Rehabilitation kalibriert werden. Weiterhin ist vor der Rehabilitation eine qualitätsgerechte Reinigung (metallisch blank) durchzuführen.

Die Anzahl der Bögen und deren Gradzahl müssen verfahrenstechnisch beschränkt sein.

Das Verfahren ist für eine sehr hohe Rehabilitationsleistung ausgelegt, d.h. für sehr lange Rehabilitationsabschnitte.

Anforderungen an das eingesetzte Material für lange Installationsabschnitte

Für die Rehabilitation von Rohrleitungen mit großen Durchmessern und Längen werden folgende zusätzliche Anforderungen an das System Gewebeschlauch und Klebstoff gestellt:

Gewebeschlauch

Da Rehabilitationsabschnitte von 500 m und mehr angestrebt werden, muss eine qualitätsgesicherte Schlauchherstellung gewährleistet sein. Unter Verwendung elektronischer Methoden der Prozessdatenerfassung sowie Prozesssteuerung und -regelung ist die Herstellung von *starline*[®]-Schläuchen mit Längen von bis zu 1000 m möglich.

Klebstoff

Da die Rehabilitation von Hochdruckleitungen aus wirtschaftlichen Gründen in größeren Streckenabschnitten erfolgen muss als die Rehabilitation von Versorgungsleitungen, müssen die Parameter des Klebstoffsystems entsprechend angepasst werden.

Hierfür werden relativ lange Verarbeitungszeiten des Klebstoffes bis 10 Stunden benötigt. Andererseits ist bei i.d.R. bitumenummantelten Stahlrohren wegen der Schweißnahtbruchgefahr keine bzw. nur eine geringe Erwärmung auf maximal 30 °C zulässig. Der *starline*[®]-Klebstoff ermöglicht im Gegensatz zu bekannten Klebstoffen bei einer extrem langen Verarbeitungszeit auch ohne externe Wärmezufuhr eine vollständige Aushärtung. Diese Neuentwicklung ermöglicht überhaupt erst die Rehabilitation von großen Rohrdurchmessern und -längen.

Technische Ausrüstung für lange Installationsabschnitte

Die Entwicklung eines zuverlässigen Verfahrens (d.h. Ausrüstung und Installationsverfahren) wurde erforderlich, um den Rohrnetzbetreibern eine kosteneffektive und praktikable Wartungsalternative zur Abdichtung bestehender und potenzieller Leckagen zu bieten. Dadurch wird eine Verringerung der Gefahren beim Betrieb älterer Rohrleitungen erreicht. Primäres Ziel ist daher eine Verfahrenstechnik, die eine kosteneffiziente und sichere Installation des Hochdruckliners in Rohrleitungsabschnitten mit bis zu 600 m Länge ermöglicht.

Hierfür wurde eine ganz neue Rehabilitationstechnik für das *starline*[®]HPL-Verfahren entwickelt. Die erprobte *starline*[®]-Rehabilitationstechnik für Versorgungsleitungen ist beispielsweise nur auf Rehabilitationslängen bis ca. 200 m einsetzbar. Entsprechendes gilt für die Reinigungstechnik und TV-Inspektionstechnik. Die neue Rehabilitationstechnik musste insbesondere auch an die zu erwartenden größeren Streckenlängen angepasst werden. Die aus der hohen Druckbeständigkeit resultierende steifere Ausführung des Gewebeschlauhes wurde dabei ebenso berücksichtigt wie die größeren Gewichte der Rehabilitationsausrüstung für große Durchmesser. Zu den wesentlichsten Ausrüstungskomponenten zählen:

- Inspektionssystem für visuelle und messtechnische Untersuchung der Rohrleitung. Das Verfahren ist für Inspektionenlängen von bis zu 1000 m und Rohrdurchmesser von DN 200 bis zunächst DN 600 einsatzbereit. Die visuelle Inspektion der Rohrleitung einschließlich Kalibermessung des Rohrinneindurchmessers wird vor Rehabilitation (Kontrolle des Reinigungszustandes) als auch nach der Schlauchinstallation und Aushärtung (als Qualitätskontrolle der vollflächigen Verklebung und qualitätsgerechten Installation des Liners) durchgeführt. Das Ergebnis der Kalibermessung zur Bestimmung des Innendurchmesserprofils wird protokolliert und aufgezeichnet.
- Klebstoff-Misch- und Dosiersystem. Das System verarbeitet bis zu 2 Tonnen Klebstoff pro Stunde. Diese Klebstoffmengen erfordern eine Klimatisierung. Der Klebstoffmischvorgang erfolgt blasenfrei.
- Liner-Applikation mit Klebstoff-Einfüll- und Verteilungssystem. Dieses System besteht aus einem höhenverstellbaren Schlauchhalter sowie einer klimatisierten Transport- und Abwickelvorrichtung für den Hochdruckschlauch. Der Einfüllvorgang erfolgt ebenfalls blasenfrei.
- Reversionstechnik. Es sind eine Neukonstruktion der erforderlichen Drucktrommel sowie grundlegende Änderungen an der Ausrüstung vorzunehmen, um die Reversionsstrecken auf 600 m auszudeh-

nen. Die Drucktrommel ist so gestaltet, dass der max. Durchmesser für die Aufnahme einer größtmöglichen Gewebeschlauhlänge in Abhängigkeit der minimalen Höhe der Tiefbettlader sowie der maximal möglichen Brückendurchfahrts-höhe nutzbar wird (d.h. bis DN 600 ergeben sich Reversionslängen bis 600 m, bei \geq DN 600 – DN 1200 können durch Längsfalten des Gewebeschlauhes entsprechend reduzierte Reversionslängen erzielt werden). Die Drucktrommel verfügt über ein Raupenfahrwerk, damit sie geländegängig ist.

Anwendungshinweise

Ob Gewebeschlauhrelining sowohl angesichts des Ausgangszustands (Werkstoffe, Drücke, Medium, ggf. Beseitigung schadhafter Stellen usw.) als auch im Hinblick auf den späteren Betrieb in Frage kommt muss durch den Betreiber bzw. das Versorgungsunternehmen festgestellt werden. Kriterien hierfür sind in **Tabelle 1**, die dem in Bearbeitung befindlichen DVGW-Arbeitsblatt GW 327 entnommen ist, mit weiteren Anwendungshinweisen zusammengefasst.

Praktische Anwendung von Gewebeschlauhrelining

Die Leistungsfähigkeit von Gewebeschlauhrelining zur Sanierung von Trinkwasserrohrleitungen auch außerhalb des angestammten Anwendungsgebiets im innerstädtischen Bereich mit befestigten Oberflächen soll anhand eines kürzlich beendeten Bauvorhabens in Tschechien verdeutlicht werden. Zu den Randbedingungen des Bauvorhabens zählten Leitungen, die sowohl über landwirtschaftlich genutzte Flächen als auch durch Waldgebiete führten. Weiterhin mussten mehrere Gewässerdücker (einschließlich eines Moldau-Dreifachdückers DN 400) sowie Hangleitungen DN 300/400 mit einem Höhenunterschied von bis zu 40 m bewältigt werden. Der erfolgreiche und termingerechte Abschluss des Bauvorhabens erfolgte am 4. April 2007.

Im Rahmen der letzten Teilstrecke, die mit dem *starline*[®]HPL-W-Gewebeschlauhverfahren ausgekleidet wurde, konnte dabei auch noch ein neuer Rekord aufgestellt werden. Nach dem Aufwickeln des mit dem Klebstoff gefüllten Gewebeschlauhs DN 400 in die Drucktrommel zeigte das Zahl-

Tab. 1: Kriterien für die Anwendung/Auswahl des Gewebeschlauhrelinings

Table 1: Criteria for selection and application of fabric-hose reliners

	Gas		Wasser	
	Verteilung	Transport (nur St)	Verteilung	Transport
Rohrwerkstoffe	Grauguss (GG), Duktulguss (GGG), Stahl (St)			
Gewebeschlauh mit Klebstoff	DIN 30658-1	VP 404	W _{xyz}	
Betriebsdrücke ¹	bis 4 (5 ²) bar	bis 30 bar	bis 10 bar	bis 25 bar
Durchmesser (keine Reduzierung)	ab 80 mm	ab 200 mm	ab 80 mm	ab 200 mm
Wiedereinbindung, neue Anschlüsse	konventionell		konventionell (bis auf Schweißen)	
Alte Anschlüsse	Öffnung von innen			
Streckenlängen	in der Regeln von 50 m (Verteilung) bis 500 m (Transport), größere sind möglich			
Richtungsänderung	je nach Anzahl, Bauart, Durchmesser und Lage, in der Regel bis 30° (Transport) bzw. 45° (Verteilung), u.U. bis 90°			
ggf. zu beseitigende Hindernisse	Wassertöpfe, Armaturen, Dehner/Kompensatoren*, Querschnittsprünge* und Versätze*, scharfkantige Schweißwurzeldurchhänge, hineinragende Schrauben und Gewindestutzen, Hohlräume* etc.			
Reinigung	ja nach Ablagerungen/Inkrustationen mit Wasserhöchstdruck bzw. Granulatstrahlen			
Vorteile/Ziele	Verhinderung von Rohrbrüchen (GG) und Innenkorrosion/ABlagerungen/Inkrustationen, Überbrückung späterer Korrosionsbrüche bis 50 mm Ausdehnung, Erhöhung der Schweißnahtsicherheit (St)			
Weiternutzungsdauer	Unter der Voraussetzung, dass die Rohrleitung nach Vorbereitung und Reinigung frei von Schäden ist, die ihre dauerhafte Stützfunktion beeinträchtigen (Kriterien hierfür sind u.a.: Restwanddicke, Korrosion, Spongiose, Längsrisse; zu beurteilen anhand von Probestücken, Intensivmessungen, Schadenstatistik etc.), kann nach ihrer Auskleidung eine Weiternutzungsdauer von 50 Jahren angesetzt werden.			
Druckprüfung	Auch die vorbereitete, noch nicht ausgekleidete Rohrleitung muss für den Prüfdruck statisch tragfähig sein, sie braucht nicht notwendigerweise dicht zu sein.			

* Je nach Umständen kann eine Verspachtelung (insbesondere bei Transportleitungen) oder ein Ausbau erforderlich sein

werk der Schlauchlängenmessung die Zahl 560,46 m an, d.h. es handelte sich um die bislang längste ausgeführte Sanierungsstrecke mit dem *starline*[®]-Verfahren.

Die wichtigsten Highlights des Projekts in Tschechien im Überblick:

- ca. 8 km DN 400 und DN 300 in unwegsamem Gelände
- längster Streckenabschnitt ca. 540 m
- 2 x 60 m DN 400 Dükerleitung mit 4 x 45° Bogen unter der Luznice
- 3 x 80 m DN 400 Dükerleitung mit 4 x 30° Bogen unter der Moldau
- 1 x 90 m Hangleitung DN 400 mit sechs Bögen zwischen 15° - 30° und einem Höhenunterschied von ca. 30 m
- 1 x 125 m Hangleitung DN 400 mit fünf Bögen zwischen 11° und 30° und einem Höhenunterschied von ca. 40 m.

Fazit

Der Anwendungsbereich von Gewebeschlauchrelining erstreckt sich inzwischen von der Sanierung bruchempfindlicher Graugussnetze der Ortsgasversorgung bis hin zur Wassertransportleitung.

Mit dem *starline*[®]-Gewebeschlauchverfahren steht inzwischen ein hinsichtlich der trinkwasserhygienischen und mikrobiologischen Eigenschaften DVGW-geprüftes Gewebeschlauchsystem zur Rehabilitation von Versorgungs- und Transportleitungen im Wasserbereich zur Verfügung. Die Rehabilitation ermöglicht unter der Voraussetzung, dass der Rohrkörper weiterhin den statischen Anforderungen genügt, eine erhebliche Erhöhung der Restnutzungsdauer bruch- oder korrosionsgefährdeter Rohrleitungen. Dies führt zu einer deutlichen Einsparung an Materialien und Energie. Weiterhin wird die

Betriebssicherheit der Rohrleitungen erhöht oder wieder hergestellt. Hinzu kommt eine starke Entlastung der städtischen oder natürlichen Umwelt durch einen deutlich reduzierten Anteil von Baugraben bei diesen Baumaßnahmen. Baulärm, durch Maschinen und Verkehr hervorgerufene Emissionen und die damit verbundene Beeinträchtigung von Mensch und Umwelt werden damit wesentlich reduziert.

Durch die Anwendung von Gewebeschlauchrelining zur Rehabilitation von Rohrleitungen ergeben sich für den Leitungsbetreiber eine Reihe von Vorteilen:

- Abdichtung sämtlicher Leckagen im ausgekleideten Rohrabschnitt und somit Steigerung bzw. Wiederherstellung der Betriebssicherheit
- Wiederherstellung der erforderlichen Hygiene bei Trinkwasserleitungen
- Vorbeugender Korrosionsschutz gegenüber Innenkorrosion
- Vorbeugende Abdichtung gefährdeter Schweißnähte
- Abdichtung von Leckagen in Rohren an schwer zu erreichenden Stellen, an Kreuzungen, in ökologisch sensiblen Bereichen, auf felsigen Böden usw.
- Keine Probleme mit Zugangsrechten und keine Notwendigkeit zu Arbeiten unter beengten Bedingungen
- Unterstützung für den Rohrnetzbetreiber bei der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften
- Kosteneffektives Verfahren zur Verringerung von Risiken und zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Rohrleitungen

Erfahrungen haben gezeigt, dass den Rohrnetzbetreibern mit dieser Technologie eine praktikable Wartungsalternative zur Abdich-

tung bestehender und potenzieller Leckagen zur Verfügung steht. Dadurch wird insbesondere eine Verringerung der Gefahren beim Betrieb älterer Rohrleitungen erreicht.

Derzeit befindet sich das DVGW-Arbeitsblatt G 478 in der Überarbeitung. Es erfolgt eine Erweiterung im Bereich Gas auf die Sanierung von Gashochdruckleitungen bis 30 bar Betriebsdruck sowie die Aufnahme des Anwendungsbereiches Wasser. Damit wird in absehbarer Zeit eine Technische Regel zur Verfügung stehen, die unter der Bezeichnung GW 327 Anforderung, Gütesicherung und Prüfungen für das Relining von Gas- und insbesondere Wasserrohrleitung mit einzuklebenden Gewebeschläuchen festlegt.

Literatur

- [1] Bauindustrie aktuell 11-12/2004
- [2] Bayer, H.-J.: Vergleich von Geräteinsatz und Transportfahrten am Beispiel HDD, 3R international 43 (2004) Nr. 1

Autor:

Dipl.-Ing. Andreas Hüttemann
Karl Weiss Technologieunternehmen GmbH & Co. KG, Berlin

Tel. +49(0)30/809700-22
E-Mail: huettemann@karl-weiss.com



Redaktionsleitung: Dipl.-Ing. (FH) Nico Hülsdau
Tel. +49(0)201/82002-33
n.huelsdau@vulkan-verlag.de

Redaktionsbüro: Barbara Pflamm
Tel. +49(0)201/82002-28
b.pflamm@vulkan-verlag.de

Anzeigenverkauf: Helga Pelzer
Tel. +49(0)201/82002-35
h.pelzer@vulkan-verlag.de

Leserservice: Monika Kull
Tel. +49(0)201/82002-16
m.kull@vulkan-verlag.de

3R
INTERNATIONAL

VULKAN-VERLAG – verbindet Märkte