

Sanierung von metallischen Druckrohrleitungen nebst Herstellung eines KKS für die sanierte Altrrohrleitung

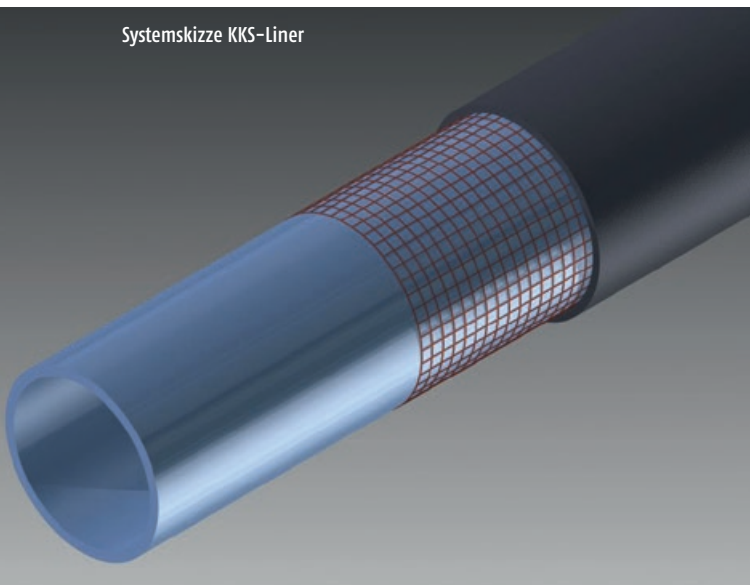
Gussrohrleitungen sind aufgrund der Ausführung der Rohrverbindungen als Muffe nicht durchgehend elektrisch leitfähig. Damit ist die entscheidende Voraussetzung nicht gegeben, sie mittels Kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) vor einem Materialabtrag durch Korrosion zu schützen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „KKS-Liner“ wird ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe die durchgängige elektrische Leitfähigkeit bestehender Gussrohrleitungen hergestellt werden kann. Hierbei soll während der Sanierung ein Metall-Gewebe in die Rohrleitung eingebracht werden. Versuche im Labor und in einem kleintechnischen Versuchsaufbau zeigten, dass ein mittels Close-Fit-Verfahren sanierter Leitungsabschnitt nach Beendigung des kristallinen Schrumpfungsprozesses des Liners eine elektrische Längsleitfähigkeit aufweist und damit mittels einer KKS-Anlage vor einem Außenkorrosionsangriff erfolgreich geschützt werden kann.

Das größte Anlagevermögen der Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland ist das Leitungsnetz mit einer Gesamtlänge von ca. 530.000 km. Jährlich werden mithilfe dieses Netzes ca. 5,2 Mrd. m³ Wasser transportiert. Die 6.200 deutschen Wasserversorgungsunternehmen stellten mit ihren ca. 60.000 Beschäftigten und einem Investitionsvolumen von ca. 2 Mrd. Euro im Jahr 2010 einen der größten Arbeit- und Auftraggeber in Deutschland dar. Der Aufbau der zentralen Trinkwasserversorgung, bei der oftmals metallische Leitungen aus Grauguss zum Einsatz kamen, erfolgte Mitte des 19. Jahrhunderts. Der Ausbau des

Trinkwassernetzes folgte zum größten Teil im 20. Jahrhundert. Hierbei kamen weitere Rohrwerkstoffe zum Einsatz, welche überwiegend aus metallischen Werkstoffen bestanden. Auf dem Gebiet der metallischen Rohrleitungen werden häufig Leitungen aus Duktillguss und Stahl mit einem entsprechend angepassten passiven Korrosionsschutz eingesetzt. Teile des Rohrnetzes weisen ein Alter von mehr als 100 Jahren auf. Dies trifft insbesondere für metallische Leitungen zu. Das Wasserversorgungsnetz in Deutschland besteht neben anderen Werkstoffen zu ca. 57 % aus Grauguss- und Duktillgussrohren und zu ca. 7 % aus Stahlrohrleitungen. Damit können rund zwei Drittel der in Deutschland verlegten Trinkwasserleitungen potenziell mittels eines Kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) geschützt werden. Beim KKS wird in dem Schutzobjekt ein Elektronenüberangebot geschaffen. So geschützte Anlagen geben die überschüssigen Elektronen an das umgebende Erdreich, welches den Elektrolyten darstellt, ab. Dadurch wird verhindert, dass das Metall des Schutzobjektes in Lösung geht und das Schutzobjekt korrodiert. Voraussetzung für die Anwendung eines KKS ist das Vorhandensein einer in Längsrichtung elektrisch leitfähigen Verbindung des zu schützenden Rohres. Derzeit kann diese elektrische Leitfähigkeit in den Muffenbereichen von Gussrohren nicht sichergestellt werden. Gussrohre sind damit nach dem derzeitigen Stand der Technik durch einen KKS nicht schützbar.

Wichtig ist dabei der passive Korrosionsschutz an der Rohraußenseite von Gussrohrleitungen. Gussrohrleitungen, welche an der Rohrrinnenwand noch vollkommen intakt sind, müssen bei starkem äußerem Korrosionsangriff ausgewechselt werden, weil derzeit kein Sanierungssystem auf dem Markt existiert, mit welchem man diese Rohrleitungen effektiv vor Außenkorrosion schützen kann (Abb. 1 & 2).

Systemskizze KKS-Liner



1/18



Abb. 1 – Intakte und korrosionsfreie Rohrwand...



Abb. 2 – ...bei massivem, äußerem Korrosionsangriff

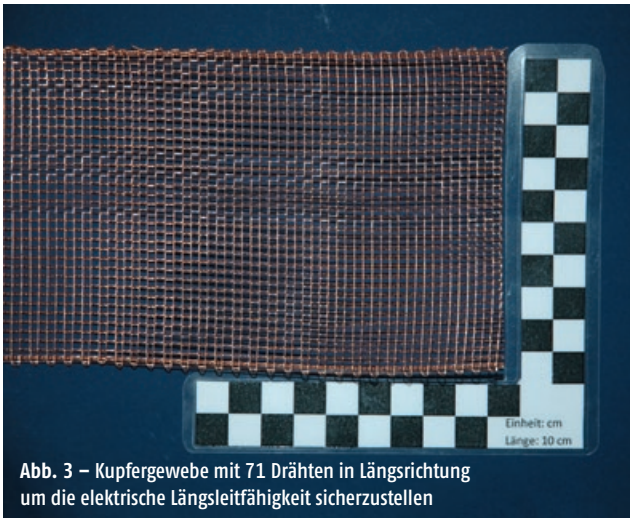


Abb. 3 – Kupfergewebe mit 71 Drähten in Längsrichtung um die elektrische Längsleitfähigkeit sicherzustellen



Abb. 4 – Laborversuch, die im oberen Bildrand dargestellten Halbschalen simulieren das Altrohr. Der Bereich ohne Halbschalen simuliert eine Fehlstelle. Am (im Bild nicht sichtbaren) gegenüberliegenden Ende sind zwei weitere Halbschalen angebracht. Der metallische Streifen muss in diesem Versuch die elektrische Leitfähigkeit zwischen den Halbschalen sicherstellen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „KKS-Liner“ wird ein Verfahren entwickelt, welches es dem Anwender ermöglicht, metallische Leitungen (vorzugsweise Gussleitungen), welche derzeit aufgrund der fehlenden elektrischen Längsleitfähigkeit nicht mittels eines KKS zu schützen sind, mit einem solchen Schutz auszustatten.

Grundgedanke

Der Grundgedanke hinter dem Forschungsvorhaben „KKS-Liner“ liegt in der dauerhaften Sicherstellung einer in Rohrlängsrichtung elektrisch leitfähigen Verbindung der einzelnen Rohrabchnitte untereinander, um damit die Möglichkeit zu schaffen,

Entwicklung eines elektrisch längsleitfähigen Gewebes

Zunächst galt es, ein geeignetes Gewebe zu entwickeln, welches zuverlässig Fehlstellen und Muffen überbrücken kann, den Kontakt zur metallisch blanken Rohraußenwand herstellt und den Einzugsvorgang unbeschadet übersteht. Als Zielparame-ter für die Länge der mittels des KKS-Liners zu sanierenden Leitungsabschnitte wurden 500 m angenommen. Ein weiterer Zielparame-ter war die Festlegung des zu sanierenden Durchmesserbereiches mit DN 100 bis DN 500. Eine optimale elektrische Längsleitfähigkeit für die Sanierung von metallischen Rohrleitungen mittels des KKS-Liners stellt sich bei einem elektrischen Widerstand im metallischen Gewebe von weniger oder gleich

» Das Verfahren ermöglicht dem Anwender, metallische Leitungen, die derzeit aufgrund der fehlenden elektrischen Längsleitfähigkeit nicht mittels eines KKS zu schützen sind, mit einem solchen Schutz auszustatten. «

auf die verbundenen Rohrleitungsabschnitte einen KKS zuverlässig und dauerhaft aufbringen zu können. Zur Sicherstellung dieser elektrischen Längsleitfähigkeit wurde ein geeignetes Gewebe entwickelt und auf ein Trägermedium appliziert, welches in das zu sanierende Rohr eingebracht wird. Das Gewebe liegt in der zu sanierenden Rohrleitung an der Innenwand an. Es stellt dadurch sicher, dass das Rohr elektrisch leitfähig sowohl mit dem Gewebe als auch über das Gewebe mit den benachbarten Rohren verbunden ist. Durch das Aufbringen eines Schutzstromes auf die Leitung wird der KKS komplettiert.

1 Ω unter den oben genannten Parametern ein. Kupfer erfüllt mit einer Querschnittsfläche von 9 mm² und einem spezifischen elektrischen Widerstand von 0,018 $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ die Vorgabe, die elektrische Leitfähigkeit in Längsrichtung unter 1 Ω zu halten. Darauf aufbauend wurde ein Kupfergewebe entwickelt, welches aus 71 Drähten mit einem Durchmesser von je 0,40 mm² besteht. Die sich daraus ergebende Gesamtquerschnittsfläche beträgt 8,91 mm², was die elektrische Leitfähigkeit in Rohrachse zur Überbrückung von Fehlstellen und Muffen hinreichend sicherstellt (Abb. 3).



Abb. 5 – Das metallische Gewebe liegt unmittelbar nach der Rückverformung eng an dem simulierten Altrohr an.

IAB



Abb. 6 – Versuch mit elastischer Unterlage um den Spalt beim kristallinen Schrumpfungsprozess überbrücken zu können.

IAB



Abb. 7 – Gewebe mit verschiedenen Federstahleinlagen

DDO



Abb. 8 – Rückformungsversuch des Close-Fit-Liners mit dem mittels Federstahl modifizierten Gewebe.

IAB



Abb. 9 – Vorversuch zum Verbinden des metallischen Gewebes mit einem PE-Grundmaterial.

IAB

Auswahl des Trägermaterials

Um das Gewebe in das mittels KKS-Liner zu sanierende Rohr einzubringen, musste ein geeignetes Trägersystem gefunden werden. Aufgrund der ermittelten, notwendigen Mindestquerschnittsfläche für das elektrisch leitfähige Gewebe konnte von dem ursprünglichen Gedanken – das Gewebe allseitig um das Trägermedium anzubringen – abgewichen werden. Als etabliertes Sanierungsverfahren für den Einsatz als KKS-Liner bot sich der Close-Fit-Liner an. Seine Geometrie bietet den Vorteil, dass das Gewebe im Liner-Inneren platziert werden kann und es so während des Einzugsvorganges vor Beschädigungen geschützt ist. Während des Rückverformungsprozesses wird der Kontakt zur Außenwand sichergestellt. Labortests zum Rückverformungsprozess zeigten positive Ergebnisse. Dabei wurde ein mittels des metallischen Gewebes präparierter Close-Fit-Liner in ein simuliertes metallisches Altrohr eingebracht. Das Altrohr wurde durch 2 x 2 metallische Halbschalen mit metallisch blanker Innenwand, welche jeweils einen (intakten) Leitungsabschnitt darstellten, abgebildet. Zwischen diesen „Leitungsabschnitten“ befand sich keine elektrisch leitfähige Verbindung. Dieser Bereich sollte eine Fehlstelle simulieren, welche es mithilfe des Gewebes zu überbrücken galt (Abb. 4).

Nach erfolgreicher Rückverformung des so präparierten Close-Fit-Liners lag das metallische Gewebe eng an den die Rohrwandung darstellenden Halbschalen an (Abb. 5). Es konnte ein elektrischer Widerstand nahe 0 Ω gemessen werden. Um die elektrische Leitfähigkeit nach Ende des nun einsetzenden kristallinen Schrumpfungsprozesses des Kunststoffliners ermitteln zu können, wurde der Liner zunächst in den Halbschalen belassen. Untersuchungen drei Wochen später ergaben, dass der sich einstellende elektrische Widerstand zwar noch immer im Bereich von nahe 0 Ω gemessen wurde, das Gewebe sich jedoch ohne viel Kraftaufwand innerhalb der Halbschalen bewegen ließ. Die elektrisch leitfähige Verbindung zum Altrohr war zwar noch gegeben, jedoch hat sich nach Beendigung des kristallinen Schrumpfungsprozesses des Liners ein Spalt gebildet, sodass die Gefahr bestand, die elektrische Leitfähigkeit in Längsrichtung nicht jederzeit zuverlässig sicherstellen zu können.

Redesign des Gewebes

Aufbauend auf der Erfahrung aus dem Laborversuch wurde das Gewebe an den Umstand des kristallinen Schrumpfungsprozesses angepasst. Um den Kontakt des Gewebes mit dem Altrohr nach Beendigung des kristallinen Schrumpfungsprozesses sicherstellen zu können, wurden folgende zwei Möglichkeiten untersucht:

Variante 1: Verwendung einer elastischen Unterlage zwischen Gewebe und Close-Fit-Liner

Bei dieser ersten Variante kam ein ca. 10 mm dickes, elastisches Band zum Einsatz. Die Anforderungen an das Band bestanden in einer hohen thermischen Beständigkeit während des Einbringvorganges und in einer dauerhaften Elastizität. Laborversuche mit diesem Band als Unterlage verliefen positiv. Der sich beim kristallinen Schrumpfungsprozess entwickelnde Spalt konnte dauerhaft mit dieser Konstruktion überwunden werden (Abb. 6). Darauf aufbauende Versuche verliefen positiv. Nach Beendigung des kristallinen Schrumpfungsprozesses lag das Metallgewebe immer noch satt an der Rohrwandung an, die elektrische Leitfähigkeit zwischen Gewebe und simulierten Altrohr war gegeben.

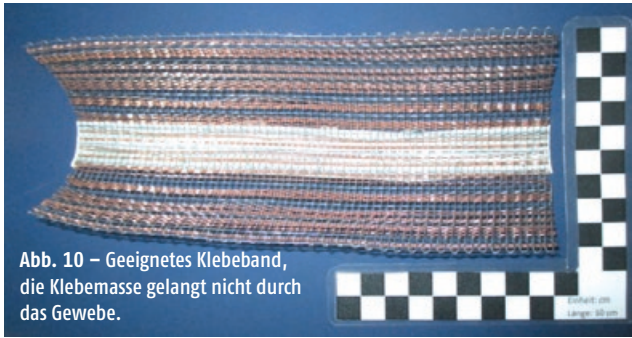


Abb. 10 – Geeignetes Klebeband, die Klebemasse gelangt nicht durch das Gewebe.

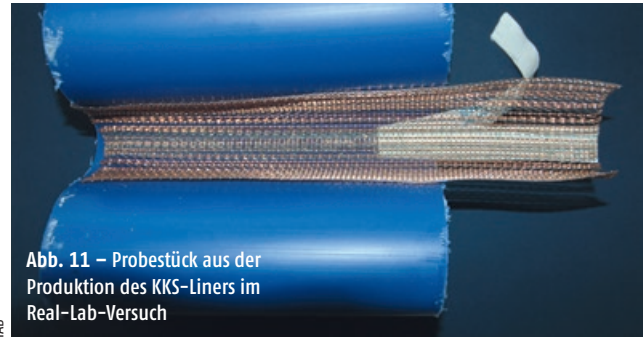


Abb. 11 – Probestück aus der Produktion des KKS-Liners im Real-Lab-Versuch

Variante 2: Einweben von Federstahl

Diese Variante zielt auf das Einweben von Federstahldrähten in das metallische Gewebe ab. Um die optimale Ausbildung und Position des Federstahls im Gewebe beurteilen zu können, wurden mehrere Probanden mit einer unterschiedlichen Federstahllage entwickelt (Abb. 7). Als erfolgversprechendste Federstahlausbildung ergab sich das Einweben der Federstahldrähte in Querrichtung. Auch unter fertigungstechnischen Aspekten ist diese Ausbildung zu favorisieren, weil damit die Möglichkeit gegeben ist, das so hergestellte Gewebe problemlos für den Weitertransport aufzutrommeln. Auch mit dieser Variante wurden nach Beendigung des kristallinen Schrumpfungsprozesses sehr gute Resultate erzielt, um den dauerhaften Kontakt zwischen Altrohr und Rohrrinnenwand sicherzustellen (Abb. 8). Im Ergebnis zeigten sich beide untersuchten Varianten als geeignet. Im Projektverlauf wurde jedoch nur die Variante des mittels Federstahl modifizierten Gewebes weiterverfolgt. Diese besitzt gegenüber der weiteren Variante den Vorteil, kostengünstiger zu sein und wirtschaftlicher in den Produktionsprozess eingebunden werden zu können. Der Federstahl kann problemlos während des Webvorganges in das Gewebe eingebracht werden. Weitere Zwischenschritte in der Produktion können demzufolge entfallen.

Verbindung zwischen Gewebe und Trägermaterial

Vorversuche zum Forschungsvorhaben hatten ergeben, dass ein entsprechend geformtes metallisches Gewebe problemlos und mit überschaubarem Aufwand in das Trägermaterial selbst eingebracht werden kann (Abb. 9). Dabei kommt es jedoch zu einer Beschädigung der Rohroberfläche des Trägermaterials. Im Projektverlauf zeigte sich durch die finale Gewebedimensionierung und dem errechneten Mindestgewebequerschnitt in Längsrichtung, dass eine Verbindung zwischen Gewebe und Trägermaterial durch Einbringen in den Träger direkt nicht notwendig war. Es genügte ein Gewebestreifen, der in geeigneter Weise ohne Beschädigung des Inliners auf diesen aufzubringen war. Die Herausforderung war die Suche nach einem geeigneten Klebemittel, welches Gewebe und Kunststoff zuverlässig für die Zeit des Einbringvorganges verbindet und sich dabei neutral gegenüber Kunststoff und Metallgewebe verhält. Die Wahl fiel dabei auf doppelseitiges Klebeband, welches im Gewebeherstellungsprozess auf das Gewebe appliziert wird und zusammen während der Fertigung des Close-Fit-Liners mit dem Metallgewebe aufgebracht werden kann, ohne den Herstellungsprozess des Trägermaterials negativ zu beeinflussen. Die beiden zu verklebenden Ausgangsmaterialien, Kupfer und PE, stellen dabei hohe Anforderungen an die Klebkraft der Verbindung. In die engere Wahl kamen zwei Klebebänder. Eines der gewählten Klebebänder erwies sich jedoch als ungeeignet, weil es zu tief

in das Metallgewebe eindrang und damit die problemlose Weiterverarbeitung verhindert. Die einzelnen Lagen des Gewebes verklebten miteinander.

Das zweite Klebeband konnte durch seine hohe Haftkraft, seine anwenderfreundliche Handhabung und sein neutrales Verhalten gegenüber dem PE des Trägermaterials überzeugen. Durch seine Beschaffenheit drang auch kein Klebemittel durch das Gewebe, sodass es zum Transport mühelos aufgetrommelt werden konnte (Abb. 10). Dadurch wird es möglich, das Gewebe in entsprechender Menge herzustellen, mit einem Klebeband zu versehen und für die Weiterverarbeitung zu transportieren. Produktionsversuche zum Aufbringen des Klebebandes auf das Metallgewebe ergaben positive Resultate. Das Klebeband konnte also in den Webprozess so integriert werden, dass es möglich war, dieses auf das Metallgewebe in großen Längen zu applizieren, aufzutrommeln und für die weitere Anwendung zu transportieren. In einem Real-Lab-Versuch konnte darauf aufbauend gezeigt werden, dass es mit dem so präpariertem Gewebe im Produktionsprozess des Close-Fit-Liners möglich ist, das Gewebe einzubringen und damit einen baustellenfertigen KKS-Liner herzustellen (Abb. 11).

Ausblick

Das Forschungsvorhaben „KKS-Liner“ wird im August 2018 erfolgreich abgeschlossen. Die Planung und Durchführung einer praxisnahen Versuchsbaustelle ist der nächste Schritt. Im Rahmen dieser Versuchsbaustelle wird eine metallische Leitung erstmals mit dem neuartigen Verfahren zum nachträglichen Aufbringen eines KKS ausgerüstet und an eine KKS-Anlage angeschlossen. Mittels Messungen an dieser KKS Anlage wird dann der Kathodische Korrosionsschutz überwacht und geregelt. Damit wird dem Netzbetreiber ein innovatives Mittel in die Hand gegeben, die vorhandene metallische Leitungssubstanz aktiv in das statische Grundsystem einbinden zu können und deren Zustand zu überwachen. Der Materialabtrag durch Außenkorrosion kann somit signifikant zurückgedrängt werden, das Anlagevermögen und das Image der Versorgungsunternehmen langfristig gesichert werden.

Autoren

Christoph Förster
Gabriele Krüger
IAB – Institut für angewandte Bauforschung Weimar gGmbH
Über der Nonnenwiese 1
99428 Weimar
Tel.: 03643 8684-834
g.krueger@iab-weimar.de
www.iab-weimar.de

