

Sanieren von Trinkwasser- und Gashochdruckleitungen in Einzellängen bis 600 m

Dipl.-Ing. Andreas Hüttemann

Gewebeslauchrelining für die Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen mit einem Betriebsdruck von 30 bar bzw. Wassertransportleitungen bis 40 bar

Sanieren von Trinkwasser- und Gashochdruckleitungen in Einzellängen bis 600 m

Fabric-hose relining for rehabilitation of high-pressure gas pipelines with 30 bar operating pressure and water transmission pipelines up to 40 bar

Rehabilitation of potable-water and high-pressure gas pipelines in individual lengths of up to 600 m

Als jüngstes Produkt hat das Technologieunternehmen Karl Weiss die neuartige und speziell für das Gewebeslauchrelining von Hochdruck- und Transportleitungen ausgelegte starline®20000-Rehabilitationstechnologie entwickelt. Die hierfür erforderlichen Verfahren und technischen Ausrüstungen ermöglichen die Inspektion und Profilerfassung auf Längen bis 1000 m, eine Reversion bis 600 m sowie Mischung und Verteilung von bis zu 2 t Klebstoff pro Stunde. Damit steht ein Rehabilitationsprozess zur Verfügung, mit dem die Vorteile vom starline®20000 HPL („High Pressure Liner“) in vollem Umfang genutzt werden können. Dieses Spezialverbundsystem wurde in dem von der E.ON Ruhrgas AG geleiteten Projekt zur „Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen bis 30 bar Betriebsdruck durch Gewebeslauchrelining“ entwickelt. Mit einer vom DVGW bescheinigten Lebensdauer von mindestens 50 Jahren bei einem Betriebsdruck von 30 bar und zweifacher Sicherheit an Korrosionsstellen mit 50 mm Durchmesser wird eine erheblich verlängerte Nutzungsdauer von Hochdruckleitungen möglich. Der folgende Aufsatz stellt Anforderungen und Aufgaben an das Gewebeslauchrelining für Gashochdruck- und Wassertransportleitungen zusammen. Er gibt weiterhin einen Überblick über die Technologie und erste kommerzielle Anwendungen im Gashochdruckbereich.

The latest product from technology enterprise Karl Weiss is its innovative starline®20000 rehabilitation system developed specifically for fabric-hose relining of high-pressure and other transmission pipelines. The procedures and equipment needed for this purpose permit inspection and line profile plotting across lengths of up to 1000 m, inversion up to 600 m, and mixing and delivery of up to 2 t of adhesive per hour. There is thus now a rehabilitation process available with which the benefits of starline®20000 HPL („High Pressure Liner“) can be exploited to the full. This special composite system has been developed in the context of the project for „Rehabilitation of high-pressure gas pipelines of up to 30 bar operating pressure using fabric-hose relining“ conducted under the overall leadership of E.ON Ruhrgas AG. An effective service-life of not less than fifty years at an operating pressure of 30 bar, as certified by the DVGW (German Association of Gas and Hydraulic [Water] Engineers) and a doubled safety margin at points of corrosion of greater than 50 mm diameter, indicate a significantly enhanced service period for high-pressure pipelines. The following article compiles and summarizes the requirements and tasks involved in the fabric-hose relining of high-pressure gas and water transmission lines. In addition, it also provides an overview of the relevant technology and of initial commercial applications in the high-pressure gas sector.



Dipl.-Ing. Andreas Hüttemann

Karl Weiss Technologieunternehmen
GmbH & Co. KG
Tel. +49(0)30/809700-22
E-Mail: huettemann@karl-weiss.com

Einleitung

Aufgrund des umweltpolitischen Umdenkens, der Sensibilisierung der Bevölkerung und den volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden seit Beginn der 90er Jahre immer häufiger Verfahren zur grabenlosen Erneuerung und Rehabilitation entwickelt.

Insbesondere die deutschen mittelständischen Tief- und Rohrleitungsbauunternehmen konnten aus der Problemstellung der Praxis heraus die Notwendigkeiten für technische Entwicklungen und deren Umsetzung erkennen und realisieren.

Als bislang jüngstes Produkt hat das Unternehmen Karl Weiss in einem von der E.ON Ruhrgas AG geleiteten Projekt zur „Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen bis 30 bar Betriebsdruck durch Gewebeslauchrelining“ die Materialentwicklung des starline®20000 HPL („High Pressure Liner“)-Verfahrens erfolgreich abgeschlossen. Das völlig neuentwickelte und vom DVGW nach VP 404 geprüfte Gewebeslauch-Klebstoff-Spezialverbundsystem, kurz starline®20000 HPL genannt, stellt dabei die materialseitige Weltneuheit dar und ist einsatzbereit.

Mit dem Abschluss von Zeitstandversuchen, die über einen Zeitraum von 10000 Stunden (fast 14 Monate) durchgeführt wurden, bescheinigt der DVGW dem starline®20000 HPL-Spezialverbundsystem bei einem Betriebsdruck von 30 bar sogar eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahren bei zweifacher Sicherheit selbst an Korrosionsstellen mit bis zu 50 mm Durchmesser.

Eine derartige Schadensgröße ist gemäß einer Untersuchung der Ruhrgas zum Korrosionsverhalten von Gastransportleitungen außerhalb von Streustrombeeinflussung und bei einem reduzierten KKS ausgehend von ersten Undichtigkeiten frühestens nach einem Zeitraum von 40 Jahren zu erwarten. Existierende und zukünftige Korrosionsdurchbrüche, die insbesondere bei Gashochdruckleitungen ein enormes Risikopotential darstellen, werden daher mit dem starline®20000 HPL-Verfahren effizient, schnell und dauerhaft beseitigt. Dadurch wird der erforderliche Sicherheitsstandard wieder permanent hergestellt und zusätzlich eine Minimierung des Risikos von Schweißnahtbrüchen erreicht.

Das Unternehmen Karl Weiss deckt mit seinen starline®-Gewebesläuchen und speziell darauf abgestimmten Installationsverfahren die gesamte Bandbreite der Rehabilitation vom Gashausanschluss mit der Nennweite DN 20 bis zur Gas-Hochdruckleitung mit einem Betriebsdruck von 30 bar ab (siehe Tabelle 3 für eine Verfahrensübersicht). Mit der Verwendung von trinkwasserzugelassenen Materialien können im Was-

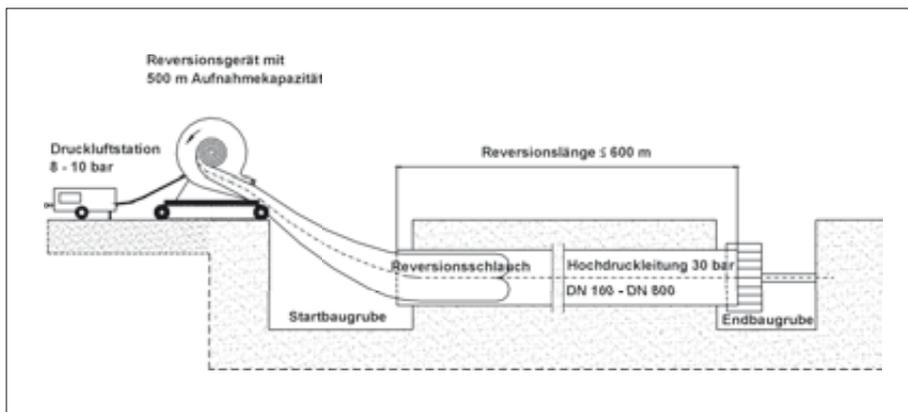


Bild 1: Schematische Darstellung des Reversionsvorganges bei großen Längen

Fig. 1: Schematic view of the inversion procedure for large lengths

serbereich Versorgungsleitungen mit dem *starline*[®]1000-Verfahren rehabilitiert werden. Unter der Bezeichnung *starline*[®]10000 HPL steht weiterhin ein Verfahren zur Rehabilitation von Wassertransportleitungen bis 40 bar Betriebsdruck zur Verfügung.

Aber erst mit der erfolgreichen Entwicklung, Herstellung und Demonstration einer völlig neuartigen Rehabilitationstechnologie für Hochdruck- und Transportleitungen, der hierfür erforderlichen Verfahren und technischen Ausrüstungen, steht erstmals auch der Gewebeschlauch-Rehabilitationsprozess zur Verfügung. Mit dieser bislang noch nicht bekannten und einzigartigen Technologie wird ein praktisches, wirtschaftliches Verfahren zur Verbesserung der Betriebssicherheit und zur Reduzierung von Risiken in Verbindung mit der Wartung älterer Rohrleitungen ermöglicht. Zusammen mit dem leistungsfähigen und langlebigen Hochdruck-Gewebeschlauch ergibt sich daraus ein hoher Nutzen für Betreiber und Hersteller von Erdgasleitungen sowie ein neues zukunftsträchtiges Arbeitsfeld für das Unternehmen Karl Weiss.

Bei der abgeschlossenen Materialentwicklung des *starline*[®]20000 HPL im Rahmen des „Ruhrgas-Projektes“ wurde jedoch nicht auf den „Installationsprozess“ eingegangen. Dieser beruht auf dem mit inzwischen über 600000 m erfolgreicher Anwendung bewährten Verfahrensprinzip des *starline*[®]2000-Verfahrens für die Rehabilitation von Gas-Versorgungsleitungen. Dabei wird der mit Klebstoff gefüllte Gewebeschlauch mit Hilfe von Druckluft in den zuvor gereinigten Abschnitt der zu rehabilitierenden Rohrleitung reversiert. Doch damit sind die Gemeinsamkeiten der *starline*[®]20000 HPL-Verfahrenstechnologie mit dem bekannten Gewebeschlauchrelining erschöpft, denn zur Realisierung der Installationsziele für Gas-Hochdruck- bzw. Wassertransportleitungen sind völlig neuartige technische Lösungen erforderlich geworden.

Die von Karl Weiss in einem mehrjährigen Projekt durchgeführten Entwicklungen der *starline*[®]20000 HPL-Verfahrenstechnologie haben sich dabei auf drei spezifische installationsbezogene Hauptbereiche konzentriert, die unter anderem die folgenden Aktivitäten beinhalten:

- Verfahren zur Inspektion vor und nach Auskleidung bis 1000 m Länge
- Verfahren für erweiterte Reversion bis 600 m
- Klebstoff-Misch-/Zufuhr- und Verteilungssystem für die Verarbeitung von Klebstoffmengen von mehr als 2 t/h.

Im betrachteten Durchmesserbereich lässt die bislang verfügbare Technik im Vergleich nur Inspektionslängen bis maximal 180 m, Reversionslängen bis maximal 250 m und manuell verarbeitbare Klebstoffmengen bis maximal 0,5 t/h zu.

Der folgende Aufsatz stellt Anforderungen und Aufgaben an das Gewebeschlauchrelining für Gashochdruck- sowie Wassertransportleitungen zusammen. Er gibt weiterhin einen Überblick über die ersten kommerziellen Anwendungen dieser Technologie im Gashochdruckbereich.

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

***starline*[®]20000 HPL-Rehabilitationsverfahren für Gas-Hochdruckleitungen**

Mit dem Gewebeschlauchreliningverfahren *starline*[®]20000 HPL werden Gastransportleitungen mit einem Betriebsdruck bis 30 bar in Einzellängen bis 600 m rehabilitiert, um den erforderlichen Sicherheits-

standard schnell und dauerhaft wiederherzustellen. Zur Erfüllung der daraus resultierenden Anforderungen kommen als Materialien ein nahtlos gewebter, kunststoffbeschichteter Gewebeschlauch aus hochfesten Garnen in Verbindung mit einem speziellen, kaltaushärtenden Epoxidharzsystem zum Einsatz. Vor der Auskleidung wird die außer Betrieb genommene Rohrleitung gründlich – vom Verschmutzungsgrad abhängig – mit Wasser-Höchstdruck und anschließend durch Strahlen mit Granulat gereinigt und aufgeraut.

Der Gewebeschlauch wird entsprechend der Leitungslänge konfektioniert, mit der entsprechenden Menge „*starline*[®]20000 HPL-Klebstoff“ auf Epoxidharzbasis gefüllt und in einem Druckbehälter aufgetrommelt, wobei der Klebstoff über ein Walzenpaar mit definierten Spalten gleichmäßig im Gewebeschlauch verteilt wird. Das Ende des Gewebeschlauches wird druckdicht am Umkehrkopf am Ausgang des Druckbehälters befestigt. Anschließend wird der Behälter mit Druckluft gefüllt, wodurch sich der Gewebeschlauch, wenn er wieder abgetrommelt wird, in das Rohr hineinkrempelt, d. h. die klebstoffbenetzte Innenseite wird nach außen gewendet und an die Rohrwandung gepresst. Da der Gewebeschlauch in seinem Durchmesser auf den Innendurchmesser der zu rehabilitierenden Leitung ausgelegt ist, wird trotz des hochfesten Gewebes eine faltenfreie Auskleidung erreicht. Die Geschwindigkeit dieses Vorgangs wird über die Abwickeldrehzahl der Druckbehälterwelle gesteuert, zuerst über den Gewebeschlauch selbst, und wenn dieser den Druckbehälter verlassen hat, über einen Rückhaltegurt, der vorher mit dem Gewebeschlauchanfang und der Haspelwelle verbunden wurde. Eine schematische Darstellung des Reversionsvorganges zeigt **Bild 1**. Wenn der Gewebeschlauch auf gesamter Länge mit der Rohrwand verbunden ist, wird der Druck noch solange aufrecht erhalten, bis der Klebstoff bei Umgebungstemperatur soweit ausgehärtet ist, dass er das Rückdehnungsvermögen des Gewebeschlauches mit Sicherheit aufnimmt. Durch das kaltaushärtende Klebstoffsystem mit einer sehr langen Topfzeit werden die bei Warmaushärtung unvermeidlich auftretenden thermisch induzierten Spannungen in der vorhandenen Rohrleitung ausgeschlossen, die insbesondere bei bitumenummantelten Transportleitungen Schweißnahtbrüche verursachen. Aufgrund der vollflächigen und hinterwanderungsdichten Verklebung des Gewebeschlauches mit der Rohrwand ist es nicht erforderlich, die Enden der Auskleidung zu versiegeln.

starline® 10000 HPL- Rehabilitationsverfahren für Wassertransportleitungen

Mit dem Gewebeschlauchreliningverfahren starline® 10000 HPL können Trinkwasser-Transportleitungen mit einem Betriebsdruck bis 40 bar in Einzellängen bis 600 m rehabilitiert werden, um den erforderlichen Sicherheitsstandard schnell und dauerhaft wiederherzustellen. Der Ablauf des Verfahrens ist dabei im Wesentlichen identisch mit der Rehabilitation von Gastransportleitungen (siehe oben).

Gewebeschlauch und Klebstoff entsprechen selbstverständlich den hygienischen Anforderungen und erfüllen sowohl die KTW-Richtlinien für Trinkwasserverträglichkeit als auch die mikrobiologischen Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270. Dies wird durch gültige Prüfzeugnisse belegt. Der Gewebeschlauch des starline® 10000 HPL-Verfahrens ist mit Ausnahme der trinkwassertauglichen Beschichtung mit dem nach DVGW VP 404 geprüften starline® 20000 HPL-Gewebeschlauch identisch.

Die statische Lebensdauer des Systems beträgt ebenfalls mindestens 50 Jahre, nachgewiesen durch 10000-Stunden-Zeitstandversuche, bei denen ein Langzeitberstdruck von über 60 bar nach 50 Jahren ermittelt wurde. Mit dem im Wasserbereich üblichen Sicherheitsfaktor von 1,5 ist ein maximaler Betriebsdruck von bis zu 40 bar zur Überbrückung von Korrosionsschäden mit einem Durchmesser von bis zu 50 mm möglich.

Existierende und zukünftige Korrosionsdurchbrüche, die insbesondere bei Transportleitungen ein enormes hygienisches und sicherheitstechnisches Risikopotential darstellen, werden mit dem starline® 10000 HPL-Verfahren effizient, schnell und dauerhaft beseitigt. Dadurch wird der erforderliche Sicherheitsstandard wieder permanent her-

Tab. 1:

	Eigenschaft	Einheit	Sollwert	Istwert
1	Eigenschaften im Anlieferungszustand			
	- DN 300	mm	≥ Herstellerangabe	erfüllt
	1.2 Flächenbezogene Masse			
	- DN 300	kg/m ²	≥ Herstellerangabe	erfüllt
	1.3 Stempeldruck-Berstdruck			
- DN 300	kN	≥ Herstellerangabe	erfüllt	
1.4	Alterungsbeständigkeit			
	Änderung des Berstdruckstandes	%	≤ -10	erfüllt
1.5	Beständigkeit gegen Gaskondensat			
	- Massenänderung n. Einlagerung	%	≤ 25	erfüllt
	-- Gewebeschlauch	%	≤ 25	erfüllt
	-- Klebstoff	%	≤ 25	erfüllt
	- Massenänderung n. Trocknung	%	≤ -5	erfüllt
-- Gewebeschlauch	%	≤ -5	erfüllt	
-- Klebstoff	%	≤ -5	erfüllt	
2	Eigenschaften ausgekleideter Rohre			
2.1	Verarbeitung	—	blasen- und faltenfrei	blasen- und faltenfrei
2.2	Dichtheit bei 30 bar nach Auskleidung	—	dicht	dicht
2.3	Schälwiderstand			
	- nach Aushärtung	N/cm	≥ 25	erfüllt
- Änderung nach Alterung	%	≤ -10	erfüllt	
2.4	Innendruck-Zeitstandfestigkeit			
extrapolierter Berstdruck bei 40 °C nach 50 Jahren	bar	≥ 60	> 70	
2.5	Ablösefestigkeit bei Druckentspannung		blasenfrei	blasenfrei

gestellt und zusätzlich eine Minimierung des Risikos von Schweißnahtbrüchen erreicht.

Anforderungen und Aufgaben von Gewebeschlauchrelining

Die Anforderungen an Gewebeschläuche für den Einsatzbereich in Gasrohrleitungen mit einem Betriebsdruck > 4 bar bis 30 bar sowie die Überprüfung der Eigenschaften wurden in einem von der E.ON Ruhrgas AG geleiteten Forschungsprojekt festgelegt. An diesem Projekt mit einer Laufzeit von etwa

fünf Jahren haben sich neben dem DVGW weitere Prüf- und Forschungsinstitute sowie in- und ausländische Gasgesellschaften beteiligt. Ziel war es, die Anforderungen an das Gewebeschlauchrelining festzulegen und notwendige Prüfmethode zu entwickeln. Basierend darauf wurde ein Versuchsprogramm erarbeitet, auf dessen Grundlage am Projekt beteiligte Gewebeschlauchsysteme getestet wurden.

Als ein Projektergebnis steht seit dem Jahr 2002 das nach DVGW VP 404 geprüfte und zugelassene starline® 20000 HPL-Verfahren für den Druckbereich bis 30 bar zur Verfü-



Im Untergrund tut sich was.
Wenn Sie davon oben nichts bemerken,
liegt's vielleicht an den grabenlosen Verfahren
von **KARL WEISS.**

KARL WEISS Technologies – Ihr Partner für die grabenlose Rehabilitation von Druckrohr- und Freispiegelleitungen mit den bewährten starline®-Sanierungsverfahren und hydros®-Erneuerungsverfahren für Hausanschlüsse, Versorgungs- und Transportleitungen sowie Kanäle mit einem Durchmesser bis 600 mm und Drücken bis 40 bar.

KARL WEISS Technologies
Hegauer Weg 25 · 14163 Berlin

Telefon +49 (0) 30 80 97 00-0
Telefax +49 (0) 30 80 97 00-90
Internet www.karl-weiss.com
E-Mail info@karl-weiss.com

Sprechen Sie uns an! Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.



Innovation aus Tradition

DVGW G1+pe, W1+pe,
R1, R2, GN1
DIN EN ISO 9001
Güteschutz Kanalbau AK1, I,
R, VM, VP, S21.03 und S27.18

Tab. 2:

Verfahren	Anwendungsbereich für	max. Betriebsdruck (bar)	Werkstoff vorhanden	Voraussetzung für die Verfahrensanwendung	DN-Bereich von - bis (mm)	Mögliche Rehabilitationslänge (m)	Wichtige Hinweise
starline®10000 HPL	WASSER insbesondere Transportleitungen mit hohem Betriebsdruck und langen Einzelstrecken	bis 40 bar ⁽⁷⁾	St, GG, GGG	<ul style="list-style-type: none"> ■ Start und Zielbaugrube, ggf. Reinigungsbaugrube ■ Zustandserfassung der VL, Entfernung von Hindernissen ■ Statik des Rohrkörpers für die geplante Nutzungsdauer ■ gereinigte und trockene Rohrleitung ■ Rehabilitation mit spezieller Ausrüstung nur für Trinkwasser 	DN 200 bis DN 600 (DN 1200) ⁽²⁾	bis 600 m ⁽³⁾	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grabenloses Öffnen vorhandener HAL und Abgänge ■ nachgewiesene Lebensdauer von 50 Jahren, Überbrückung von Korrosionsschäden bis d = 50 mm ■ Zulassung nach DVGW VP 404, Dimension bleibt erhalten⁽⁴⁾
starline®20000 HPL	GAS Versorgungs- (VL) und Transportleitungen (TL) mit hohen Drücken und langen Reversionsstrecken	30 bar	St	<ul style="list-style-type: none"> ■ Start und Zielbaugrube ■ Zustandserfassung der TL, Entfernung von Hindernissen ■ Statik des Rohrkörpers für die geplante Nutzungsdauer ■ gereinigte und trockene Rohrleitung ■ Ausspachteln von Hohlräumen bei Betriebsdruck ≥ 7 bar 			<ul style="list-style-type: none"> ■ zusätzlich bei WASSER: <ul style="list-style-type: none"> ■ keine Neuinkrustation ■ Kaltaushärtung bei Umgebungstemperaturen ab 5 °C⁽⁵⁾ ■ auch bei weichem Wasser einsetzbar ■ Ggf. vorh. PAK⁽⁶⁾ werden restlos entfernt ■ Klebstoff und Gewebeschlauch nach KTW und DVGW W 270 geprüft

(1) Medium: Stadtgas, Erdgas

(2) > DN 600 nur für Großprojekte

(3) Nennweitenabhängig

(4) Keine hydraulisch in Ansatz zu bringende Kapazitätsreduzierung

(5) Warmwasseraushärtung bis DN 200 (bei kurzen Strecken auch > DN 200) zur Wiederinbetriebnahme am gleichen Tag mit Zusatzaufwand (mobile Heizstation) möglich

(6) Polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe, die i. d. R. bei bitumenausgekleideten bzw. tauchteerbeschichteten Rohrleitungen auftreten

(7) Lebensdauer (statisch) mindestens 50 Jahre an Rohrschäden mit $d_e = 50$ mm bei Sicherheitsfaktor $s_f > 1,25$

gung. Das starline®20000 HPL-System erfüllt sämtliche Anforderungen von DVGW VP 404 sicher, siehe hierzu **Tabelle 1**.

Für die Anwendung zur Rehabilitation von Wasserrohrleitungen erfüllen Gewebeschlauch und Klebstoff die hygienischen Anforderungen und entsprechen sowohl den KTW-Richtlinien für Trinkwasserverträglichkeit als auch den mikrobiologischen Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270.

Neben den genannten Anwendungsfällen:

- Wiederherstellen der Betriebssicherheit bei Korrosionsschäden (Nach der Rehabilitation kann die Leitung wieder mit dem ursprünglichen Betriebsdruck genutzt werden. Leitungen mit Durchrostungen von 50 mm Durchmesser bleiben betriebssicher.)
- Lokale Schadensbegrenzung
- Bei Trinkwasserleitungen insbesondere zur dauerhaften Wiederherstellung der hygienischen Anforderungen

kann Gewebeschlauchrelining auch bei folgenden Problemfällen sinnvoll sein:

- Vorbeugender Korrosionsschutz (In der Nähe von unterirdischen Gasspeichern kann das Erdgas oftmals feucht sein. Hier kann Gewebeschlauchrelining auch bei Gastransportleitungen als vorbeugender Schutz gegenüber Innenkorrosion eingesetzt werden.)
- Abdichtung schwer zugänglicher Stellen (Treten Undichtigkeiten der Rohrleitung an schwer zugänglichen Stellen auf, wie Düker, Bahnunterführungen oder in Na-

turschutzgebieten, können sie nur unter erheblichem Aufwand in offener Bauweise beseitigt werden.)

- Dichtheit nach Schweißnahtbruch (Ein weiterer Problemfall sind Gashochdruckleitungen in Erdbeben- und Bodensenkungsgebieten, z. B. Bergbaugebiete usw. Infolge der dadurch verursachten Bodenbewegungen kann es zu Brüchen von Schweißnähten kommen. Hier kann durch das Gewebeschlauchrelining erreicht werden, dass über einen bestimmten Zeitraum die Sicherheit der Rohrleitungen gewährleistet ist, bis der Druck in der Rohrleitung heruntergefahren ist und die Schadensstelle beseitigt werden kann.)

Tiefbauarbeiten werden gegenüber der offenen Bauweise um mehr als 95 % reduziert, da durchmesserabhängig nur noch alle ca. 500 bis 600 m eine Baugrube benötigt wird. Da jeden Tag im Einschichtbetrieb ein im Mittel 500 m langer Abschnitt rehabilitiert werden kann, ergibt sich eine Bearbeitungsgeschwindigkeit für das Projekt von mindestens 2 km pro Woche und bei einem angenommenen Projekt von 24 km Gesamtlänge eine Ausführungszeit von nur 12 Wochen.

Voraussetzung für die Verfahrensanwendung

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 (Leitungsabwinklung) muss verfahrenstechnisch beschränkt sein.

Tabelle 2 fasst die Einsatzbereiche und Voraussetzungen für die Verfahrensanwendung der grabenlosen starline®-Gewebeschlauchverfahren für Hochdruck- und Transportleitungen zusammen.

Erste praktische Erfahrungen mit der Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen

Im Herbst 2003 wurden in den USA mehrere Projekte zur Rehabilitation von Gashochdruckleitungen mittels Gewebeschlauchrelining erfolgreich durchgeführt. Als Material kamen der DVGW-geprüfte starline®20000 HPL-Gewebeschlauch und -Klebstoff zum Einsatz. Für die Installation wurde die bewährte starline®2000-Geräte-technik zur Rehabilitation von Versorgungsleitungen verwendet.

Bei diesen Projekten, über die an anderer Stelle bereits berichtet wurde, konnten die Vorteile und die Leistungsfähigkeit des starline®20000 HPL-Gewebeschlauchsystems überzeugend dargestellt werden. Allerdings wurde erwartungsgemäß bestätigt, dass die Verwendung der von der Rehabilita-

tion von Versorgungsleitungen bekannten *starline*[®]2000-Technik maximal geeignet ist, um Rohrleitungen bis zur Dimension DN 500 und Rehabilitationsstrecken bis etwa 200 m erfolgreich zu rehabilitieren. Größere Rohrdimensionen und Streckenlängen sind dagegen wegen der großen Klebstoffmengen und der begrenzten Aufnahmekapazität der Drucktrommel nicht möglich. Hierfür mussten die neuen technischen Voraussetzungen für die Rehabilitationstechnik geschaffen werden.

Rehabilitation von Rohrleitungen mit großen Durchmessern und Längen

Anforderungen an das eingesetzte Material

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 Schläuchen mit Längen von bis zu 1000 m möglich.

Wie oben bei den Anforderungen genannt, ist die vordringlichste Aufgabe eines Gewebeschlauchreliningsystems für Transportleitungen die Abdichtung der Rohrleitung gegen aktuelle und insbesondere zukünftige Korrosionsschäden. Die E.ON Ruhrgas AG hat eine Studie erstellt, wonach unter ungünstigen Bedingungen (worst case scenario) innerhalb von 50 Jahren etwa 50 mm große Korrosionsdurchbrüche entstehen können. Den Zusammenhang zwischen Kurzzeit-Berstdruck und Schadensdurchmesser zeigt **Bild 2**.

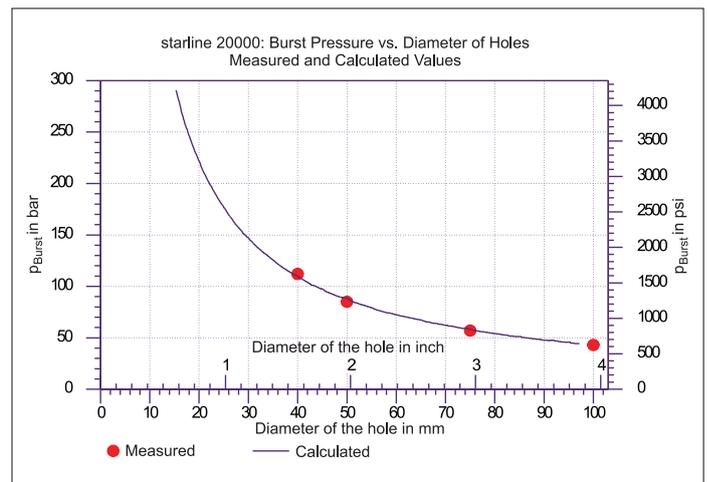
Klebstoff

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 zu zehn Stunden benötigt. Andererseits ist bei in der Regel bitumenausgekleideten Stahlrohren wegen der Schweißnahtbruchgefahr keine bzw. nur eine geringe Erwärmung auf maximal 30 °C zulässig. Der bereits entwickelte Klebstoff ermöglicht im Gegensatz zu be-

Bild 2: Einfluss des Schadensdurchmessers auf den Kurzzeit-Berstdruck der Auskleidung

Fig. 2: The influence of fault diameter on the short-term rupture pressure of the lining



kannten 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

Die Entwicklung eines zuverlässigen Verfahrens (d. h. Ausrüstung und Installationsverfahren) für die Anwendung des DVGW-zertifizierten Hochdruckliners 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 entwickelt. Die erprobte *starline*[®]2000-Rehabilitationstechnik für Versorgungsleitungen ist beispielsweise nur auf Rehabilitationslängen bis etwa 200 m einsetzbar. Entsprechendes gilt für die Reinigungstechnik und TV-Inspektionstechnik. Die neue Rehabilitationstechnik musste insbesondere auch auf die zu erwartenden größeren Streckenlängen angepasst werden. Die aus der hohen Druckbeständigkeit resultierende steifere Ausführung des Gewebeschlauches wurde dabei ebenso berücksichtigt wie die größeren Gewichte der Rehabilitationsausrüstung für große Durchmesser.

Neuartige Verfahrenstechnik und technische Ausrüstung sind einsatzbereit

Das Unternehmen Karl Weiss hat in einem sehr anspruchsvollen Projekt mit kompetenten Partnern die Entwicklung der neuen HPL-



Bild 3: Ansicht des Systems zur TV-Inspektion und Kalibermessung mit Datenaufzeichnung für Inspektions- und Kalibermessfahrten bis 1000 m

Fig. 3: View of the TV inspection and caliber measurement system, with data-recording for inspection and caliber measurement campaigns of up to 1000 m



Bild 4: Blick in temperierten Klebstoffmisch- und Dosiercontainer

Fig. 4: View into conditioned adhesive mixing and metering container

Installationsausrüstung für Hochdruckleitungen im Frühjahr 2004 abgeschlossen.

Zu den wesentlichsten Ausrüstungskomponenten zählen:

- Inspektionssystem für visuelle und messtechnische Untersuchung der Rohrleitung
- Klebstoff-Misch- und Dosiersystem

Inspektionssystem für visuelle und messtechnische Untersuchung

Das Inspektionssystem (**Bild 3**) ist für Inspektionen bis 1000 m und Rohrdurchmesser von DN 200 bis zunächst DN 1200 einsatzbereit. Die visuelle Inspektion der Rohrleitung einschließlich Kalibermessung des Rohrinneindurchmessers wird vor der 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 t Klebstoff pro Stunde (**Bild 4**). 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 (**Bild 5**).

Reversionstechnik

Um die Reversionsstrecken auf 600 m auszuweiten, waren eine Neukonstruktion der erforderlichen Drucktrommel sowie

grundlegende Änderungen an der Ausrüstung vorzunehmen. Die Drucktrommel ist so gestaltet, dass der maximale Durchmesser für die Aufnahme einer größtmöglichen Gewebeschlauchlänge 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 bis DN 1200 können durch Längsfalten des Gewebeschlauhes entsprechend reduzierte Reversionslängen erzielt werden). Die Drucktrommel verfügt über ein Raupenfahrwerk, damit sie geländegängig ist (**Bild 6**).

Der erste Feldeinsatz des *starline*[®]20000 HPL-Gewebeschlauhes mit der neuen Installationstechnik, die zur Maximierung der Leistungsfähigkeit des *starline*[®]20000 HPL-Verfahrens ausgelegt ist, erfolgte im Herbst 2004 in den USA. Mit den Ausrüstungen und Werkzeugen wurden Abschnitte einer Stahlrohrleitung DN 300 mit einer Einzellänge von zunächst 333 m erfolgreich rehabilitiert und die Funktionsfähigkeit der Technologie unter Beweis gestellt (**Bild 7**). Im Frühjahr 2005 werden weitere Projekte folgen, mit denen das ganze Leistungsvermögen zur Rehabilitation von Streckenlängen bis 600 m ausgeschöpft wird.

Dieser Feldeinsatz stellt den erfolgreichen Projektabschluss dar und markiert den Höhepunkt mehrjähriger Forschung und Entwicklung sowie beträchtlicher Investitionen mit dem Ziel, Gasgesellschaften eine zuverlässige und langfristige grabenlose Methode zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Hochdruckleitungen zu bieten.

Bild 6: Reversionsgerät mit Kapazität für bis zu 600 m Gewebeschlauhes

Fig. 6: Inverting unit with capacity for up to 600 m of fabric hose



Bild 5: Klimatisierte Liner-Applikation mit Klebstoff-Einfüll- und Verteilungssystem

Fig. 5: Air-conditioned liner application unit, with adhesive filling and distribution system



Zusammenfassung

Mit dem *starline*[®]20000 HPL-Verfahren steht ein DVGW-zugelassenes Gewebeschlauchsystem zur Rehabilitation korrosionsgefährdeter Hochdruckrohrleitungen bis 30 bar im Gas- bzw. 40 bar im Wasserbereich zur Verfügung. Das System verfügt unter anderem über eine geprüfte Lebensdauer von mindestens 50 Jahren zur Überbrückung von Korrosionsschäden mit Durchmessern von bis zu 50 mm. Die Rehabilitation ermöglicht eine erhebliche Erhöhung der Restnutzungsdauer korrosionsgefährdeter Hochdruckleitungen und führt somit in diesen Fällen 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 den 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 wesentlich reduziert.

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

- Abdichtung sämtlicher Leckagen im ausgekleideten Rohrabchnitt 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

Bild 7: Reversionstrommel an Startbaugrube unter Beobachtung von Vertretern der amerikanischen Gasindustrie

Fig. 7: Inverting drum at starting pit, observed by representatives from the American gas industry



- Kosteneffektives Verfahren zur Verringerung von Risiken und zur Verbesserung des Erhaltungszustands von Rohrleitungen
- Erfahrungen bei den ersten praktischen Anwendungen haben gezeigt, dass den Rohrnetzbetreibern mit dieser Technologie eine praktikable Wartungsalternative zur Abdichtung bestehender und potenzieller Leckagen zur Verfügung steht. Dadurch wird insbesondere eine Verringerung der Gefahren beim Betrieb älterer Rohrleitungen erreicht.

Mit der erfolgreich abgeschlossenen Entwicklung eines zuverlässigen Verfahrens für die Installation des Hochdruckliners (d. h. der Ausrüstung und Installationsverfahren) ist auch eine möglichst hohe Kosteneffektivität erzielbar. Die neuartige Verfahrenstechnik ermöglicht eine kosteneffiziente und sichere Installation des Hochdruckliners in Rohrleitungsabschnitten mit einer Länge bis 600 m. Die bislang verfügbare Technik lässt in der Praxis jedoch nur Inspektionen bis ca. 200 m, Reversionslängen bis etwa 250 m und manuell verarbeitbare Klebstoffmengen bis maximal 0,5 t/h zu.

Hierfür hat das Unternehmen Karl Weiss in einem anspruchsvollen Projekt mit kom-

petenten Partnern Verfahren zur dokumentierten Inspektion und Profilerfassung vor und nach Auskleidung von Rohrleitungsabschnitten bis 1000 m Länge, Verfahren für die erweiterte Reversion bis 600 m Länge sowie ein Klebstoffmisch-/Zufuhr- und Verteilungssystem für bis zu 2 t/h entwickelt.

Das *starline*[®]20000 HPL-Verfahren erweitert damit die *starline*[®]-Produktpalette um eine bedeutende Komponente. Das führt dazu, dass diese Verfahren wirtschaftlicher ausgeführt werden, was die Wettbewerbssituation gegenüber der Neurohrverlegung deutlich verbessert. Mit nur einer Sanierungseinheit der neuen *starline*[®]HPL-Technik können bereits im Einschichtbetrieb Sanierungsleistungen von über 50 km jährlich erzielt werden. Die neuartige Reversionsausrüstung für Gewebeschlauchlängen bis 600 m steht seit Frühjahr 2004 zur Verfügung und wurde in 2004 für kommerzielle Feldprojekte zur Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen in den USA eingesetzt. Ab Frühjahr 2005 steht das Verfahren auch potentiellen Auftraggebern außerhalb der USA zur Verfügung.

Tab. 3: Übersicht der *starline*[®]-Verfahren

	Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Gashausanschlussleitungen DN 20 bis DN 80 mit bis zu fünf 90°-Bögen und einer Sanierungslänge bis 60 m.		DIBt-zugelassenes, statisch selbsttragendes Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Kanälen. Für Hausanschlüsse mit dem <i>starline</i> [®] 300-Verfahren.
	Nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 geprüfetes und KTW-zugelassenes Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Trinkwasserversorgungsleitungen.		Die neue Dimension der Rehabilitation! Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Trinkwassertransportleitungen in Einzellängen bis 600 m und Betriebsdrücken bis 40 bar.
	Nach DIN 30658-1 zertifiziertes und nach DVGW-Arbeitsblatt G 478 geprüfetes Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Gasversorgungsleitungen.		Die neue Dimension der Rehabilitation! Gewebeschlauchverfahren zur Sanierung von Gas-hochdruckleitungen in Einzellängen bis 600 m und Betriebsdrücken bis 30 bar.