

## II/13 U-Liner – Der Klassiker für die Sanierung von Druckrohren

Dipl.-Ing. Ralf Glanert und Dipl.-Ing. Steve Schulze

### 1. Allgemeines

Seit Ende der siebziger Jahre wurden vermehrt PE-Lining-Verfahren zur grabenlosen Sanierung und Erneuerung von Freispiegel- und Druckleitungen weltweit eingesetzt. Bei der Anwendung dieser Verfahren entsteht ein „Rohr-in-Rohr-System“ (Lining). Das innenliegende Kunststoffrohr wird als Liner bezeichnet und wird eng anliegend (close-fit) oder mit einem Ringraum in der schadhaften Rohrleitung installiert.

Das hier vorgestellte U-Liner-Verfahren ist ein Liningverfahren ohne Ringraum und wird seit 1988 von der PRS Rohrsanierung GmbH (vorher Preussag Rohrsanierung GmbH) angewendet. In der Bundesrepublik Deutschland findet das Produkt hauptsächlich Verwendung bei der Rehabilitation von Druckrohrleitungen. In den europäischen Festlegungen der CEN wird das Verformungsverfahren U-Liner der Renovierung (Freispiegelrohrleitungen) bzw. der Rehabilitation (Druckrohrleitungen) zugeordnet. Seit 1988 sind weltweit ca. 2000 km U-Liner installiert worden. In Europa wurden davon in Gas-, Trinkwasser- und Freispiegelrohrleitungen ca. 300 km U-Liner eingesetzt. Die vorrangig innerstädtische Anwendung zeigt die Stärken des Verfahrens. Nachfolgend werden die wesentlichen Faktoren beim Einsatz des Verfahrens erläutert. (**Bilder 1 und 2**)



**Bild 1:** U-Liner, Querschnitt/Anlieferung    **Bild 2:** U-Liner nach Installation

In den letzten Jahren wurden vorrangig Rohrleitungen in engmaschigen Verkehrsbereichen oder Rohrleitungen unter historischen Plätzen mit dem Verfahren saniert. So ist z. B. ein Großteil der Gasversorgung für die Vatikan-Stadt im Herzen Roms mit dem U-Liner-Verfahren grabenlos saniert worden. Die Rohrleitungen der Nennweiten DN 150 - 300, Niederdruck, kreuzen oder berühren den Petersplatz und die umliegenden Straßenbereiche. Ohne große Beeinträchtigung des Publikumsverkehrs sind z. B. in Rom, Neapel, Florenz und Genua seit 1994 ca. 50 km U-Liner zum Einsatz gekommen.

Für eine Anwendung des U-Liner-Verfahrens im ländlichen Bereich ist die Projektgröße entscheidend, um eine wirtschaftliche Anwendung zu garantieren. Denn die Aufwandswerte für eine Baustelleneinrichtung werden schnell vernachlässigbar, wenn größere Streckenabschnitte in einem Stück saniert werden können. Hier zeigt der Klassiker der PE-HD-Verformungsverfahren seine Stärke. Bis zu 630 m lässt sich das U-förmige Rohr einziehen,

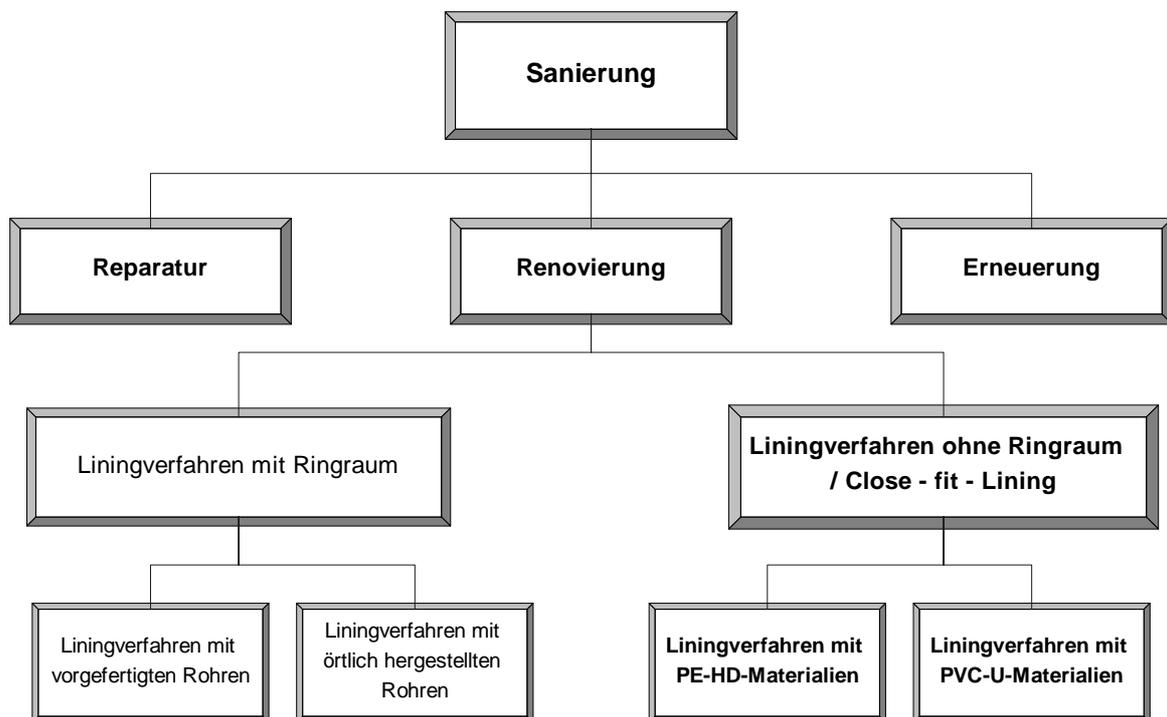
um anschließend eng anliegend in dem Altrohr zum Kreisquerschnitt zurückverformt zu werden. Diese Länge gilt für die Nennweiten DN 100, DN 150 und DN 200. Größere Nennweiten sind in ihrer maximalen Anwendungslänge durch die Anlieferung begrenzt. So lässt sich die Nennweite DN 400 auf einer maximalen Streckenlänge von 100 m in einem Stück einziehen und zurückverformen. PE-HD-80- und PE-HD-100-Materialien können für den U-Liner verwendet werden. Das heißt, Gasrohrleitungen können ohne Mitwirkung des umgebenden Altrohres bis zu einem Innendruck von 4 bar rehabilitiert werden. Bei der Anwendung des U-Liners in Wasserleitungen ist ein maximaler Innendruck von 10 bar zulässig.

**(Bilder 3 und 4)**



**Bild 3:** U-Liner-Sanierung in Rom, Vatikan-Stadt

**Bild 4:** Verfahrensübersicht



## 2. Die Vorbereitung

### 2.1 Notwendige Baugruben

Natürlich benötigt das Verfahren eine Start- und Zielbaugrube. Die Abmessungen sind jedoch durch den geringen Biegeradius des U-Liners sehr gering anzusetzen. Bei der Sanierung von Druckrohren sind Baugrubengrößen, wie sie später auch für die Netzeinbindung nötig sind (Länge 2 m, Breite 1 m), vollkommen ausreichend für die Installation des U-Liners. Bei der

Sanierung von Freispiegelleitungen reicht ein übliches Schachtbauwerk zum Einzug. Im Bereich von ein- bzw. aufzuschweißenden Formteilen werden ebenfalls kleine Baugruben, so genannte Kopflöcher (1 m  $\times$  1 m, bei z. B. Top-loading-Aufschweißanbohrsätteln), benötigt. In diesen Bereichen wird das Altrohr herausgetrennt und der U-Liner verbleibt nach der Rückformung frei in der Baugrube, so dass Formteile direkt auf- bzw. eingebunden werden können.

## 2.2 Das Altrohr

Bei der Anwendung des U-Liners werden die vorverformten PE-HD-Rohre von der Rolle herunter über begehbare Schachtbauwerke oder kleine Baugruben in das Altrohr eingezogen. Einige Anforderungen an das vorhandene Altrohr sind sicherzustellen. So sind Nennweitenänderungen, Bögen größer als 22°, starke Rohrversätze, Wurzeleinwüchse und Deformationen auszuschließen bzw. zu entfernen. Grund- und Fremdwassereintritte sind im Vorfeld abzudichten. Die Vorflut ist durch Rückstau, Überpumpen oder Umleitungen zu gewährleisten. Die Reinigungsverfahren werden so ausgewählt, dass eine Beeinträchtigung der schadhafte Rohrleitung vermieden wird. Für das U-Liner-Verfahren ist eine mechanische Reinigung mit Kratzern und Bürsten vollkommen ausreichend. Das Reinigungsgeschirr wird mit einer Spillwinde durch die Leitung gezogen, bis die Inkrustierungen entfernt und der Rohrleitungsquerschnitt des Altrohres frei ist.

Das Reinigungsergebnis wird durch eine TV-Inspektion kontrolliert und aufgezeichnet. Dadurch festgestellte Hindernisse können eine durchgängige Rohrreinigung verhindern und beim Einziehen und Rückverformen der Liningrohre zu Beschädigungen führen. Bei der Sanierung von Freispiegelleitungen erfolgt während der Kamerabefahrung auch die Einmessung der Zuläufe zur späteren Wiedereinbindung nach Einsatz des U-Liners. (**Bilder 5 und 6**)



**Bild 5:** Altrohr vor der Reinigung



**Bild 6:** Altrohr nach der Reinigung

## 2.3 Bemessung

Die U-Liner-Produktionsmaße sind für eine eng anliegende Positionierung des U-Liners im Altrohr ausgelegt. Diese Passung wird als „Close-fit“-Positionierung bezeichnet. Der Liner wird durch die Temperatur- und Druckbeaufschlagung in die Kreisform rückverformt, bis er an dem Altrohr anliegt. Die Bemessung des U-Liners ist so ausgelegt, dass nach dieser Korrespondenz mit dem Altrohr, die notwendige Wanddicke des PE-HD-Liners gewährleistet wird. Auf der Baustelle ist vor der Installation des U-Liners die Innenabmessung des Altrohres zu überprüfen. Dies kann durch einfaches Durchziehen eines Messkalibers (Länge mindestens 5  $\times$  D) geschehen. Weiterhin kann ein Deformations- oder Kalibermessgerät mit auf den Durch-

messer bezogenen Abmessungen durch die schadhafte Rohrleitung gezogen werden. Für Druckrohre sind die genauen Abmessungen weitestgehend bekannt.

Die Rohrtoleranzen und Mindestmaße sind nach Feststellung des Materials und der Nennweite durch die Herstellertabellen festgelegt. Eine Gussrohrleitung DN 200 wird z. B. mit einem U-Liner 190 ( $\pm 12,7$  mm) saniert. Die Gussrohrtoleranzen mit abweichenden Innendurchmessern werden dabei berücksichtigt, und die Wanddicke wird in diesem Fall für eine Rückformung auf maximal 204 mm (Außendurchmesser U-Liner = Innendurchmesser Altrohr) dimensioniert. Diese Bemessungsgrundlagen liegen seit vielen Jahren vor und sorgen für einen einwandfreien Ablauf bei Druckrohrsanierungen unter dem Aspekt „Close-fit“. Alle erforderlichen Abmessungen der U-Liner-Rohre waren Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes GW 320-2 und haben sich im Laufe ihrer Anwendung ausreichend bewährt.

### 3. Verfahrensbeschreibung

In der Produktion werden zunächst PE-Rohre U-förmig verformt, um eine Anlieferung als Trommelware und einen reibungsarmen Einzug in die vorhandene Altrohrleitung zu ermöglichen. Die Endlosware wird dann formstabil auf Rohrtrommeln gewickelt und auf die Baustelle transportiert. Rohrmaße, Längen und Materialien werden auf die anstehende Maßnahme abgestimmt (**Bilder 7 und 8**). Zum Einziehen des U-Liners wird eine entsprechende Winde eingesetzt. Der U-Liner wird direkt von der Trommel eingezogen und wird in Form und Lage so fixiert, dass ein kontrollierter Einzug ermöglicht wird. Hierfür werden Trommelanhänger mit Anpressrollen verwendet, die die Rohrlagen fixieren und die Einzugsgeschwindigkeit kontrollieren. Der Einzug der vorverformten PE-HD-Rohre erfolgt unter Ausnutzung der geringen Biegeradien (**Tabelle 1**) und dem um bis zu 30 % reduzierten Querschnitt des Liningrohres. Nach dem Einzug wird die kreisförmige Formgebung unter Ausnutzung des werkstoffeigenen Memory-Effektes durch eine prozessgesteuerte Wärmebeaufschlagung eingeleitet. Das PE-HD-Rohr formt sich in seine ursprüngliche Kreisform zurück und dehnt sich dann, bis es an der Innenwandung des alten Rohres anliegt. Der Liner verbleibt spannungsfrei ohne Memory-Effekt in der Close-Fit-Position.



**Bild 7:** U-Liner als Trommelware



**Bild 8:** U-Liner im Rohrtrommelanhänger

Bei der Rückformung des U-Liners in die Kreisform wird das PE-HD-Material erwärmt. Die Wärmebeaufschlagung erfolgt durch Wasserdampfzufuhr, wobei eine Temperatur von 130 °C nicht überschritten werden darf. Die Durchwärmung muss solange aufrechterhalten werden, bis an der Rohraußenseite an freiliegenden Rohrbereichen die verfahrensbedingten Temperaturen entsprechend der Installationsrichtlinien (Verfahrenshandbuch) erreicht werden. Nach der Durchwärmung wird der Liner durch Druckluft in der Close-Fit-Position stabilisiert und

Nennweite der Hauptleitung	SDR [Standard dimension ratio]			Mindestbiegeradius R [mm]
100	17,0	17,6	26	900
125	17,0	17,6	26	900
150	17,0	17,6	26	900
200	17,0	17,6	26	900
225	17,0	17,6	26	900
250	17,0	17,6	26	1050
300	17,0	17,6	26	1050
350	17,0	17,6	26	1050
400	17,0	17,6	26	1050

**Tabelle 1:** Zulässige Biegeradien für U-Liner gemäß DVGW, GW 320/2

Maximaler Rohraußen-Durchmesser [mm]	Maximal zulässige Zugkräfte für Rohre aus PE 80 nach DIN 8074/75 bei Rohrwandtemperaturen von 20 °C (40 °C) und einer Belastungsdauer von 1 h, Werte gerundet [KN]		
	SDR 32,25 (PN 3,2)	SDR 26 (PN 4)	SDR 17,6 (PN 6)
90			11 (7)
110			16 (10)
125			21 (13)
140		18 (11)	26 (16)
160	19 (12)	24 (15)	34 (21)
180	25 (16)	30 (19)	43 (27)
200	30 (19)	37 (23)	54 (34)
225	38 (24)	47 (29)	68 (43)
250	47 (29)	59 (37)	84 (53)
280	60 (38)	73 (46)	105 (66)
315	75 (47)	93 (58)	134 (84)
355	95 (59)	118 (74)	169 (106)
400	121 (76)	149 (93)	215 (134)
450	153 (96)	189 (118)	272 (170)
500	189 (118)	233 (146)	335 (209)

**Tabelle 2:** Zulässige Zugkräfte für U-Liner gemäß DVGW, GW 320/2

abgekühlt. Die Werkstoffeigenschaften des PE-HD-Rohres bestimmen den Verfahrensablauf der Rückverformung. Die Kontrolle und Protokollierung der angewandten Druck- und Temperaturwerte erfolgt während der Installation durch eine Datenerfassung bzw. durch das Installationsprotokoll. (**Tabelle 2 und Bild 9**)

#### 4. Verbindungstechnik

Nach der Installation des U-Liners wird der kreisförmige Querschnitt für die Längseinbindung auf das Normmaß für PE-HD-Rohre angepasst und mit handelsüblichen Formteilen eingebunden. Die Hersteller Friatec und Rehau halten in ihrem Lieferprogramm die entsprechenden Formteile vor. Die Aufschweißenbohrsättel für Hausanschlüsse und Einbindungen sind durch Friatec-Top-Loading-Armaturen in diversen Ausführungen durchführbar (**Bild 10**). Die Schweißungen erfolgen mit Universalschweißgeräten.



**Bild 9:** Der U-Liner läuft in das Altrohr



**Bild 10:** Anbindung von Hausanschlüssen durch einen Friatec-Top-loading-Sattel

## 5. Normen und Richtlinien

Zur Gewährleistung der Fertigungs- und Installationskriterien ist die ausschließliche Herstellung und Verfahrensanwendung durch Lizenzunternehmen zwingend notwendig. Auch der Bauherr kann schon im Vorfeld seinen Beitrag zur Gütesicherung mit eindeutigen Bestandsplänen und Zielvorgaben leisten.

Dabei richtungsweisend ist das DVGW-Arbeitsblatt GW 320 II (Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen mit PE-HD-Verfahren durch Reliningverfahren ohne Ringraum; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung) und die CEN TC 155 WI 209 (Kunststoffrohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen – Freispiegelleitungen) – Teil 1 (Allgemeines) und Teil 3 (Close-Fit-Lining) zu erwähnen. Die GW 320 II ist außerdem Grundlage zur Zertifizierung von Rohrleitungsbauunternehmen durch den DVGW. Für den Einsatz des U-Liners und vergleichbarer Verfahren im Freispiegelbereich ist außerdem ein Merkblatt des Rohrleitungssanierungsverband e. V. (RSV) erstellt worden. Erhältlich ist es seit dem Februar 2000 als Merkblatt RSV 2 (Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen durch Reliningverfahren ohne Ringraum; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung).

## 5. Schlussbetrachtung unter dem Aspekt Rohrleitungsbau

Der deutsche Rohrleitungsmarkt ist sehr konservativ. Rohstoffe wie Beton, Steinzeug, Guss und Stahl in kostenintensiver Neuverlegung bestimmen den Markt. Eine grabenlose Sanierung steht daher immer im Vergleich mit der Neuverlegung in offener Bauweise. Die Entscheidungskriterien sind die direkten Baukosten, die Nutzungsdauer und die indirekten Kosten. Sie werden jedoch häufig nicht im Gesamtbild erfasst. Angebote werden oft nur nach direkten Kosten bewertet. Die innerstädtischen Folgen, wie steigende Verkehrsstauungen, Belästigungen durch Baulärm und Schmutz, Gefährdung der Baumbestände und ständig neue kostenintensive Oberflächenarbeiten, sind für jedermann daher täglich erkennbar. Diese indirekten Kosten trägt die Allgemeinheit, wie z. B. der in der Straße betroffene Einzelhandel, der im Baulärm ansässige Anwohner oder der im Stau stehende Autofahrer.

Durch die positive Entwicklung der Kunststoffmaterialien in den letzten drei Jahrzehnten bietet sich die Alternative, Kunststoffe im herkömmlichen Rohrleitungsbau und in der grabenlosen Bauweise vorzuziehen, an. Den Trend im Ausland zeigen u. a. die Zahlen für den Anteil von Kunststoffrohren im erdverlegten Rohrleitungsbau aus England (Kunststoffanteil 50 %), Skandinavien (Kunststoffanteil 70 %) und den USA (Kunststoffanteil 90 %) sowie die

aufgeführten Anwendungslängen für bisher verlegte U-Liner-Rohre in den USA und in Europa, wie eingangs bereits erwähnt.

U-Liner steht als klassisches, grabenloses Verfahren der Neuverlegung als Alternative gegenüber. Neben diversen anderen Sanierungstechniken hat sich das Verfahren einen festen Marktanteil durch den etablierten Werkstoff PE-HD und eine fachgerechte Installation weltweit gesichert.

## **6. Zusammenfassung**

Das U-Liner-Verfahren ist das älteste Rohrsanierungsverfahren ohne Ringraum und mit dem Werkstoff PE-HD. Es wird seit 1988 von der PRS Rohrsanierung GmbH (vorher Preussag Rohrsanierung GmbH) angewendet. Seit 1988 sind weltweit ca. 2000 km U-Liner installiert worden. In Europa wurden davon in Gas-, Trinkwasser- und Freispiegelrohrleitungen ca. 300 km U-Liner eingesetzt. PE-80- und PE-100-Materialien werden von der Rehau AG & Co exklusiv für das Verfahren eingesetzt. Gasrohrleitungen können ohne Mitwirkung des umgebenden Altrohres bis zu einem Innendruck von 4 bar rehabilitiert werden. Für Wasserleitungen ist ein maximaler Innendruck von 10 bar zulässig. Mit diesen Eckwerten setzt sich das U-Liner-Verfahren als klassisches, grabenloses Verfahren gegen die innerstädtische Neuverlegung durch.

**Verfasser:** Dipl.-Ing. Ralf Glanert  
Niederlassungsleitung der PRS Rohrsanierung GmbH  
und  
Dipl.-Ing. Steve Schulze  
Projektleitung der PRS Rohrsanierung GmbH  
Bouchestraße 12  
12435 Berlin  
Telefon: (0 30) 53 31 13 – 60  
Telefax: (0 30) 53 31 13 – 61  
e-mail: PRS-Berlin@web.de