

PE-Compact Pipe und Schlauchlining (Close-fit-Verfahren) im Vergleich Qualitätssicherung und Statik aus Sicht eines Anwenders

Jochen Bärreis, Diringer & Scheidel Rohrsanierung

Kurzfassung

Eine vergleichende Untersuchung zeigt, dass hinsichtlich der Qualitätssicherung von Linern das PE-Compact Pipe-Verfahren im Vergleich zu den am häufigsten angewendeten Schlauchlining-Verfahren zur Rohrsanierung einen großen Vorteil bietet: Bedingt durch Herstellungs- und Einbauprozess wird die Qualität von PE-Compact Pipe vorwiegend werkseitig durch Eigen- und Fremdüberwachung geprüft bzw. abgesichert. Aus diesem Grund unterliegt das fertige Rohr in den gewünschten Materialeigenschaften wesentlich geringeren Schwankungen. Die Qualität der mit diesem Verfahren eingebauten PE-Rohre entspricht neu verlegten PE-Standardrohren. Deshalb erweist sich das PE-Compact Pipe-Verfahren in vielen Fällen als sinnvolle und langfristig wirtschaftliche Alternative in der Rohrsanierung.

Einleitung

Zurzeit sind bei der Rohrrenovierung bzw. -sanierung als Verfahren ohne Ringraumverfüllung (Close-fit-Verfahren) Schlauchverfahren und Verfahren mit vorab verformten Linern bzw. Liner mit späterer Rückverformung üblich. Bei den Verformungsverfahren wie dem PE-Compact Pipe-Verfahren der Fa. Wavin wird ein zusätzlicher Fertigungsschritt bei der Produktion durchgeführt: Die extrudierten kreisförmigen PE-Rohre werden unter gesteuerten Randbedingungen c-förmig verformt. Dadurch erfährt der Außendurchmesser eine Reduzierung um bis zu 35% (Bild 1). Die so gefalteten PE-Rohre – der Außendurchmesser entspricht dem Innendurchmesser der alten Rohrleitung – werden später erwärmt und mit Hilfe einer Seilwinde in die Sanierungsstrecke eingezogen. Nach der Rückverformung (Memory-Effekt) mit Druck und Wärme bzw. Dampf legt sich das Rohrprofil eng (close-fit) an das Altrohr an. Der Liner nimmt somit wieder seine ursprünglich kreisrunde Form an.

In der Praxis hat sich PE-Compact Pipe als ein ideales System für die Rohrreparatur bewährt. Der Einsatz dieser Technik ist ebenso wie das Schlauchlining-Verfahren schnell und kostengünstig. Schwierigkeiten, wie sie bei offener Grabenbauweise auftreten können, etwa infolge der Unzugänglichkeit im Rohrgraben, hoher Verkehrsdichte oder aufwendiger Überbauungen, können mit dem grabenlosen Compact-Pipe-Verfahren ebenso wie mit dem Schlauchlining-Verfahren leicht gelöst werden.

Tabelle 1 zeigt einen allgemeinen Vergleich zwischen dem PE-Compact Pipe-Verfahren und dem Schlauchlining-Verfahren (Synthesefaser) im Hinblick auf Anwendungsbereiche, Werkstoffeigenschaften und statische Tragsysteme.

Tabelle 1: Allgemeiner Vergleich zwischen PE-Compact Pipe Verfahren und Schlauchlining-Verfahren (Synthesefaser)

	Compact Pipe	Schlauchlining
Anwendungsbereiche	Profile der Altröhre: Kreis	Kreis und andere Geometrie
	DN = 100 bis 500 mm	DN = 100 bis 1800 mm
	Freispiegel- und Druckleitung	Freispiegelleitung
	Max. Länge = 100 bis 600 m	Max. Länge = dimensionsabhängig bis zu 600 m
Werkstoffeigenschaften	Materialqualität stabil	- Schwankungen der Materialkennwerte möglich, abhängig von Baustellenbedingungen - Fremdüberwachung auf der Baustelle mit örtlichen Materialprüfern
	PE 80 bzw. PE 100	
	SDR = 32, 26, 17,6 und 17	
statisches System	statisch eigenständiges, belastbares Rohr (\approx Neuverlegung)	Liner – Altrohr – Boden – Tragsystem

Nachfolgend werden PE-Compact Pipe und Schlauchlining (Synthesefaser) hinsichtlich ihres Materialverhaltens, der Qualitätssicherung sowie der Linerstatik miteinander verglichen.

Herstellungsprozess

Das Produkt PE-Compact Pipe der Fa. Wavin entsteht im Werk. Zunächst wird ein kreisförmiges Rohr extrudiert, dessen Maße sich an der DIN 8074/75 orientieren. Die PE-HD-Rohre müssen im Minimum eine Wanddicke aufweisen, die den statischen Anforderungen

der zu sanierenden Rohre entspricht. Laut Lieferprogramm fertigt Wavin Compact Pipe in den SDR-Klassen 32 bis 17. Nach der Extrusion wird das PE-HD-Rohr in der gleichen Produktionslinie unter definierten Bedingungen axial c-förmig gefaltet. Bei diesem Prozess zählen Temperatur und Zeit zu den wichtigsten Parametern. Entscheidend für den in der Einbauphase einsetzenden Memory-Effekt ist die Kontrolle der Temperatur an Innen- bzw. Außenseiten des PE-HD-Rohres einschließlich der Höhe und der Verteilung. Diese Parameter müssen so gesteuert werden, dass das Material beim Falten im visko-elastischen bzw. weich-elastischen Bereich bleibt und nicht durch zu hohe Temperatur in visko-plastischen Zustand gerät. In diesem Fall würde der für diese Einbautechnik massgebende Memory-Effekt des Polyethylens verloren gehen.

Die Falte liegt aus wicklungs- und einbautechnischen Gründen an der Seite des Rohres (Bild 1). Die daraus resultierende Reduzierung des Querschnittes von bis zu 35% erleichtert das Einziehen in die zu sanierende Leitung erheblich. In Abhängigkeit von der Nennweite können mehrere hundert Meter auf eine Trommel gewickelt, eingebaut und aufgeweitet werden. Nach dem Einzug wird das PE-Rohr lediglich mit Dampf erwärmt und beim Erreichen der erforderlichen Temperatur in das ursprüngliche runde Profil rückverformt. Chemische Prozesse finden in dieser Phase auf der Baustelle nicht statt.

Der Memory-Effekt eines Thermoplastes basiert auf folgendem physikalischen und mechanischen Grundprinzip: Bei der Verformung im weich-elastischen Zustand werden die geknäuelten Kettenmoleküle durch die äußere Kraft gestreckt. Wird der Körper in diesem deformierten Zustand eingefroren, so „erinnern“ sich die Moleküle bei der Wiedererwärmung an ihre alte (geknäuelte) Lage. Die Werkstoffeigenschaften bleiben bei diesem Prozess weitgehend unverändert. Berechnungen bestätigen, dass bei gezielter Steuerung der Höhe und Verteilung der Temperatur im Faltungsprozess die entsprechende Grenzspannung nicht überschritten wird. Das bedeutet, dass das PE-HD-Material unter gesteuerten Randbedingungen im Faltungsprozess aus mechanischer bzw. makroskopischer Sicht nicht in den plastischen Bereich gelangen kann. Somit ergibt sich keine Veränderung der mechanischen Eigenschaften nach der Rückverformung auf der Baustelle.

Schlauchlining

Schlauchträger aus Synthefaser (Nadelfilz) mit oder ohne Folienbeschichtungen sind Hauptbestandteile des Schlauchlining-Verfahrens. Die Schläuche werden in einer mobilen

Tränkanlage unter Vakuum mit Epoxidharzen imprägniert oder vorgetränkt auf die Baustelle geliefert. Vor Ort erfolgt die Inversion in die Sanierungsstrecke unter Zuhilfenahme entsprechender Fördereinrichtungen. Wasser dient dabei als Vortriebs- bzw. Aufstellmedium. Die Aushärtung der Schlauchliner erfolgt durch Wärmezufuhr (Heißwasser). In dieser Phase finden physikalische und chemische Abläufe zur Fertigung des Endproduktes statt.

Da die Schlauchliner erst auf der Baustelle als Endprodukt gefertigt werden, hängt die Materialqualität stark von den Bedingungen vor Ort ab. Sie sind schwerer kontrollierbar als die Bedingungen im Werk. Aus diesem Grund unterliegt die Qualität der Schlauchliner stärkeren Schwankungen als das Material beim PE-Compact Pipe-Verfahren. Dieser Umstand erfordert zwingend eine Fremdüberwachung beim Schlauchlining-Verfahren. Trotz vorhandener Normen wie der DIN EN ISO 178 oder der DIN EN 13566-4 bestehen noch keine einheitlichen Versuchs- und Prüfbedingungen. Messergebnisse (E-Modul und Biegefestigkeit) liegen zum Teil im Ermessensbereich des Materialprüfers.

Materialparameter

Beim PE-Compact Pipe-Verfahren verfügen die mechanisch axial gefalteten PE-HD-Rohre nach der gesteuerten Rückverformung durch den Memory-Effekt über die gleichen Materialeigenschaften wie das Ausgangsmaterial. Deshalb kann das Verformungs- und Festigkeitsverhalten wie üblich für Standard PE-HD-Rohre beschrieben werden. Im Gegensatz dazu können die Materialparameter von Schlauchlinern aufgrund der verschiedenen Bestandteile und Herstellungsbedingungen nicht allgemein über Normen geregelt werden. Hauptsächlich kommen Regelwerke zur Anwendung, die der Rohr-sanierungsverband entwickelt hat. Hierbei ist ein Eignungsnachweis für jede Linervariation bzw. jeden Linertyp erforderlich. Darüber hinaus müssen die Materialparameter durch sachgemäße Baustellenüberwachung projektspezifisch geprüft und bestätigt werden.

Qualitätssicherung bei den Verfahren

Für das Schlauchlining ist mit dem Eignungsnachweis und der Baustellenüberwachung ein zweistufiges Verfahren zum Nachweis der Kennwerte einzusetzen. Der Eignungsnachweis und die Baustellenüberwachung müssen durch eine nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Prüfstelle für Kunststoffe erfolgen. Bedingt durch den Herstellungs- und Einbauprozess wird die Qualitätssicherung für die Materialkennwerte von PE-Compact-Pipe im Werk vorgenommen. Die Rahmenbedingungen sind wie folgt definiert: Das

Produkt wurde im Werk gefertigt. Auf der Baustelle wird der Liner lediglich durch das Erwärmen und den dadurch ausgelösten Memory-Effekt in den Zustand eines Standardrohres aus PE-HD zurückgeführt.

Bewertung der Qualitätssicherung

Die Ausführungen machen deutlich, dass das PE-Compact Pipe-Verfahren hinsichtlich der Sicherung der Materialqualität im Vergleich zum Schlauchlining-Verfahren einen großen Vorteil bietet, da der Liner beim PE-Compact Pipe-Verfahren grundsätzlich als Endprodukt zur Baustelle geliefert wird. Die Qualität der Rohstoffe und des Produktionsprozesses unterliegt werkseitig einer ständigen Kontrolle. Geometrische, mechanische und physikalische Eigenschaften des fertigen PE-Rohrs sind abgesichert. Beim Einbau auf der Baustelle finden keine chemischen Reaktionen statt, welche die Materialeigenschaften entscheidend beeinflussen können. Die Rückverformung durch die gesteuerte Erwärmung über Dampf (physikalischen Vorgang) in das ursprüngliche Kreisprofil wie vor der c-förmigen axialen Faltung im Werk, hat keinen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des PE-Rohrs.

Im Vergleich dazu wird beim Schlauchlining-Verfahren zunächst das „vorläufige“ Produkt Liner (Synthesefaser) hergestellt. Das Endprodukt entsteht erst beim Einbau auf der Baustelle durch physikalische und chemische Fertigungsverfahren. Eine Qualitätssicherung muss deshalb durch umfangreiche Eignungsnachweise und Baustellenüberwachungen mit großem Aufwand für jede Haltung vorgenommen werden. Abgesehen von den Fällen unsachgemäßer Ausführung, die bei einem Herstellungsprozess auftreten können, kann die Streuung der Messwerte von Wanddicke, Steifigkeit und Festigkeit, bedingt durch den Herstellungs- und Einbauprozess, deutlich größer sein als beim PE-Compact Pipe-Verfahren.

Besonderheiten der Linerstatik beim PE-Compact Pipe-Verfahren

Die bisher gemachten Erfahrungen lassen die Schlussfolgerung zu, dass das PE-Compact-Pipe bei einer Renovierung dem Standard einer Neuverlegung (Erneuerung) mit PE-HD-Standardrohren entspricht. Im Fall einer Renovierung bzw. Sanierung wird das Altrohr, abhängig von dessen Schädigungsgrad, statisch als vollständig oder teilweise tragfähiges Element im „Boden-Altrohr-Liner-System“ berücksichtigt. Die Einstufung des Schädi-

gungsgrades bzw. des Altrohrzustandes erfolgt analog Schlauchlining (Synthesefaser) gemäß ATV - M 127 Teil 2 [1]:

Altrohrzustand I: Altrohr allein tragfähig

Altrohrzustand II: Altrohr-Boden-System allein tragfähig

Altrohrzustand III: Altrohr-Boden-System langfristig allein nicht mehr tragfähig; deutliche Verformungen; gegenüber Altrohrzustand II wird der Liner auch durch Erd- und Verkehrslasten beansprucht.

Im Altrohrzustand I bzw. II stellt der Außenwasserdruck i.d.R. die ausschlaggebende Belastung für Liner dar, während im Altrohrzustand III noch Erd- und Verkehrslasten statisch in Betrachtung kommen. In der statischen Dimensionierung für die Liner wird i.d.R. eine Abschreibungszeit von 50 Jahren für Renovierung bzw. Sanierung angesetzt. Bei einer Erneuerung wird PE-Compact Pipe statisch als eigenständiges selbsttragendes Rohr angesehen. Hierfür ist eine statische Unterstützung der Altleitung nicht mehr zu berücksichtigen. In diesem Fall wird das „Boden-Liner (PE-Compact Pipe)-System“ anstelle des „Boden-Altrohr -Liner-Systems“ als das statische Tragsystem angesetzt. Die statische Dimensionierung kann nach ATV-A 127 [2] geregelt werden. In Zusammenhang mit dieser Annahme kann für eine Erneuerung mit dem PE-Compact-Pipe-Verfahren eine Abschreibungszeit von 80 bis 100 Jahren erreicht werden.

Schlussfolgerungen

Im Vergleich zum Schlauchlining-Verfahren (Synthesefaser) bietet das PE-Compact Pipe-Verfahren hinsichtlich der Qualitätssicherung Vorteile. Sie resultieren aus dem Herstellungsprozess, bei dem die Qualität der Liner werkseitig gesteuert, kontrolliert und abgesichert wird. Beim Schlauchlining-Verfahren (Synthesefaser) erfolgt die Fertigung des Endproduktes (Liner) erst auf der Baustelle. Sie ist deshalb stark von den Randbedingungen vor Ort beeinflusst. Die Qualität von Linern muss deshalb durch Eignungsnachweis und letztendlich durch eine sorgfältige Baustellenüberwachung kontrolliert, geprüft und abgesichert werden. Dies ist mit großem Kostenaufwand verbunden. Außerdem unterliegen die Messungen der Materialparameter wie Wanddicke, Steifigkeit und Festigkeit großen Schwankungen. Eine für alle Materialprüfer gültige und abgesicherte Prüfmethode liegt bisher nicht vor. Beim PE-Compact Pipe-Verfahren entsprechen die geometrischen, phy-

sikalischen und mechanischen Eigenschaften der eingebauten Liner neu verlegten Standard PE-HD-Rohren. Die Schwankungen sind deutlich geringer als beim Schlauchlining-Verfahren (Synthesefaser).

In Abhängigkeit von der Zielsetzung Renovierung oder Erneuerung wird beim PE-Compact Pipe-Verfahren der Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis jeweils durch ATV-M 127 Teil 2 bzw. ATV-A 127 geregelt. Die Abschreibungszeit für Liner mit der Zielsetzung Renovierung können i.d.R. auf 50 Jahre veranschlagt werden, während für Erneuerung 80 bis 100 Jahre als Abschreibungszeit angesetzt werden können.

Aufgrund dieser Ergebnisse stellt das PE-Compact-Pipe-Verfahren in vielen Fällen eine sinnvolle Alternative zum Schlauchlining-Verfahren (z. Z. das am häufigsten praktizierte Sanierungsverfahren) dar. Priorität genießt das Schlauchlining-Verfahren jedoch bei anderen geometrische Profilen der Altrohre, etwa bei Eiprofilen oder komplizierten Trassenführung. Hier spielt der Schlauchliner mit seiner enormen Anpassungsfähigkeit und hohen Flexibilität weiterhin seine Stärken aus.

Literatur

- [1] Merkblatt ATV - M127 Teil 2: Richtlinie für die statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Relining- und Montageverfahren, Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV- A127, Januar 2000.
- [2] Merkblatt ATV – A127: Statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, 3. Auflage August 2000.
- [3] Praxis-Leitfaden für die Sanierung von Kanalisationen, für Kanalnetzbetreiber in Bayern, Herausgeber: Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA), Ausgabe Oktober 2001.
- [4] Hamjediers, I., Bollmer, H. (2003): Kanalsanierung mit Compact Pipe, 3R international 8/2003.
- [5] Doll, H., Hoch, A. (2003): Standsicherheit von Close-fit-Linern System Compact Pipe, 3R international (42) Heft 12/2003.

- [6] Merkblatt RSV 1 (2006) „Renovierung von drucklosen Abwasserkanälen und Rohrleitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining“
- [7] Merkblatt RSV 2 (2010) „Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen durch Reliningverfahren ohne Ringraum“
- [8] Merkblatt RSV 5 (2007) „Sanierung von Entwässerungsleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren“
- [9] Merkblatt RSV 7.1 (2009) „Renovierung von Anschlussleitungen mit vor Ort aushärtendem Schlauchlining“
- [10] Merkblatt RSV 7.2 (2006) „Hutprofiltechnik zur Einbindung von Anschlussleitungen - Reparatur / Renovierung“
- [11] Zech, H., (1999) „Das Compact-Pipe-Verfahren“, bbr-Sonderausgabe S. 44 - 48