

BGT-Merkblatt S 1.2

Renovierung von Abwasser- druckleitungen mittels Schlauchlining

Anforderungen, Qualitätssicherung und Planung

(Mai 2019)




**BUNDESVERBAND
GRABENLOS**



BGT – Bundesverband grabenlose Technologien e. V.
Französische Str. 20 | 10117 Berlin
Telefon: + 49 30 863 20635
E-Mail: office@grabenlos.de

Hinweis zur Einordnung

Der BGT – Bundesverband grabenlose Technologien e. V. mit Sitz in Berlin bündelt die Expertise der Branche und gibt ihr eine gemeinsame Stimme. Der Verband ist im Vereinsregister beim Amtsgericht Berlin eingetragen. Er ging im Jahr 2025 aus der Verschmelzung des Rohrleitungssanierungsverbandes e. V. und der German Society for Trenchless Technology e. V. hervor.

Die vorliegende Veröffentlichung wurde ursprünglich vom Rohrleitungssanierungsverband e. V. (RSV) herausgegeben. Inhalt und fachliche Aussagen bleiben unverändert. Für die weitere Verwendung erhält das Dokument ein neues BGT-Deckblatt sowie diese kurze Einordnung.

Die Veröffentlichung wird künftig unter der Bezeichnung „BGT-Merkblatt“ und mit der entsprechenden BGT-Nummer geführt. Die Anpassung dient der transparenten Zuordnung zur neuen Verbandsstruktur und stellt keine inhaltliche Überarbeitung des ursprünglichen Merkblatts dar.

Weitere Informationen:

Bundesverband grabenlose Technologien e. V.
Französische Str. 20
10117 Berlin

Telefon: +49 30 86320635

office@grabenlos.de
www.grabenlos.de

BGT e.V. | Eine Verwendung des Informationsblatts ist mit Quellenangabe gestattet.

Vorwort

Die vor Ort härtenden Schlauchlinungsverfahren haben sich in den vergangenen 45 Jahren erfolgreich auf dem Rohrleitungssanierungsmarkt etabliert. Im Bereich der Renovierung von Freispiegelleitungen findet diese Technologie vielfältige Anwendungen. In Ergänzung und Kommentierung der bestehenden Regelwerke werden weiterführende Vorgaben unter anderem im RSV Merkblatt 1.1 „Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining“ gegeben.

Die Sanierung von Druckrohrleitungen mit einzuklebenden Gewebesschläuchen ist seit Jahrzehnten im Bereich Gas und Wasser bewährt. Hierfür enthält das DVGW-Regelwerk einschlägige Anforderungen und Grundlagen zur Konformitätsbewertung. Bei der Sanierung von Abwasserdruckleitungen stehen die Netzbetreiber, Ingenieurbüros, Hersteller und Einbauunternehmen jedoch vor Fragestellungen, die derzeit nicht hinlänglich beantwortet und geregelt sind. Die Lücken soll das vorliegende Merkblatt 1.2 „Renovierung von Abwasserdruckleitungen mit Druckschlauchlinern“ schließen.

Es werden die normative Basis dargelegt, Anforderungen an Materialien, Techniken und Verfahren definiert sowie die Grundlagen der Planung, Ausführung und Prüfung beschrieben. Das *System Druckschlauchliner*, bestehend aus dem Schlauchliner sowie seinen Anbindungen und Anschlüssen in das Druckleitungsnetz, wird hier erstmals definiert und auf Basis von typischen Betriebsbedingungen in einem Druckrohrsystem die Anforderungen an die Qualitätssicherung festgelegt.

Jedermann steht die Anwendung dieses Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben. Für die Mitteilung von Erfahrungen, die mit der Anwendung dieses Merkblattes verbunden sind, und für sonstige Hinweise ist der RSV dankbar.

Hamburg

Mai 2019

RSV – Rohrleitungssanierungsverband e.V.

Inhaltsverzeichnis

1	Geltungsbereich.....	6
2	Begriffe	7
3	Druckschlauchlining.....	10
3.1	Klassifizierung	10
3.2	Technikübersicht und Materialien, Einsatzbereiche und -grenzen.....	12
4	Verbindungstechniken	14
4.1	Verbindung über das Altrohr	14
4.2	Verbindung über ein Fitting.....	16
4.3	Verbindung über den Druckschlauchliner	17
5	Anschlussstechniken	19
6	Anforderungen an das Druckschlauchlining	20
6.1	Anforderungen an die Materialien.....	20
6.2	Anforderungen an die Anlagentechnik	22
6.2.1	Dosier-, Misch- und Imprägniertechnik	22
6.2.2	Einbautechnik	22
6.2.3	Härtungstechnik	23
6.3	Anforderungen an die Bauausführung	25
6.4	Anforderungen an das Druckschlauchlinersystem (Eignungsprüfungen)	27
7	Planung	29
7.1	Zustandserfassung	29
7.2	Vorbereitung des Altrohres	30
7.3	Angaben zur vorhandenen Abwasserdruckleitung	31
7.4	Ermittlung betrieblicher Randbedingungen	32
7.5	Abflusslenkung (Aufrechterhaltung der Vorflut).....	33
7.6	Vorgesehener Sanierungsablauf	33
7.7	Anforderungen an die statische Berechnung	34
7.8	Ausschreibung.....	36
8	Sanierungsablauf.....	38
8.1	Baustellenablaufplanung	38
8.2	Vorbereitende Arbeiten.....	39
8.2.1	Herstellen der Baugruben	39
8.2.2	Trennen der Leitung.....	39

8.2.3	Reinigung und Entfernung von Hindernissen	39
8.2.4	Optische Inspektion.....	39
8.3	Installation des Druckschlauchliners	39
8.3.1	Imprägnierung des Liners.....	39
8.3.2	Einbauvorgang.....	39
8.4	Abschließende Arbeiten.....	42
9	Qualitätsprüfung des Endproduktes	43
9.1	Optische Inspektion, Druckprüfung	43
9.2	Materialprüfung	43
9.2.1	Druckschlauchliner der Klassen A und B.....	43
9.2.2	Druckschlauchliner der Klasse C.....	44
10	Betrieb der renovierten Leitung.....	45
11	Hinweise zu Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer.....	47
12	Gesetze, Normen und Regelwerke	48
12.1	Normen	48
12.2	DVGW-Regelwerk.....	49
12.3	DWA-Regelwerk.....	50
12.4	RSV-Regelwerk.....	50
13	Sicherheitsvorschriften.....	51
13.1	Unfallverhütungsvorschriften	51
13.2	Berufsgenossenschaftliche Regeln	51
13.3	Berufsgenossenschaftliche Information	51
13.4	Gesetze, Verordnungen, Vorschriften zum Umweltschutz	51
14	Abkürzungsverzeichnis.....	52
15	Abbildungsverzeichnis.....	53
16	Tabellenverzeichnis.....	53
17	Bearbeitung.....	54

1 Geltungsbereich

Das vorliegende Merkblatt gilt für die Renovierung von überwiegend erdverlegten Abwasserdruckleitungen und legt die Anforderungen an die zum Einsatz kommenden Kunststoffrohrsysteme fest, die im vor Ort härtenden Schlauchliningverfahren bzw. im Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung hergestellt werden. Abwasserdruckleitungen dienen dem Transport von Abwasser i.a. von einem Pumpwerk durch die Druckleitung in ein Freigefällesystem. Das vorliegende Merkblatt behandelt auch zu renovierende Teilabschnitte einer solchen Abwasserdruckleitung.

Das Merkblatt orientiert sich an der DIN EN ISO 11295 „Klassifizierung und Informationen zur Planung und Anwendung von Kunststoff-Rohrleitungssystemen für die Renovierung und Erneuerung“ sowie an der DIN EN ISO 11297-4 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen, Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining“. In der nachfolgenden Abbildung gemäß der DIN EN ISO 11295 sind die in diesem Merkblatt enthaltenen Technikfamilien „Vor Ort härtendes Schlauchlining“ sowie „Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung“ (Gewebeschlauch) unter dem Begriff Renovierung aufgeführt.

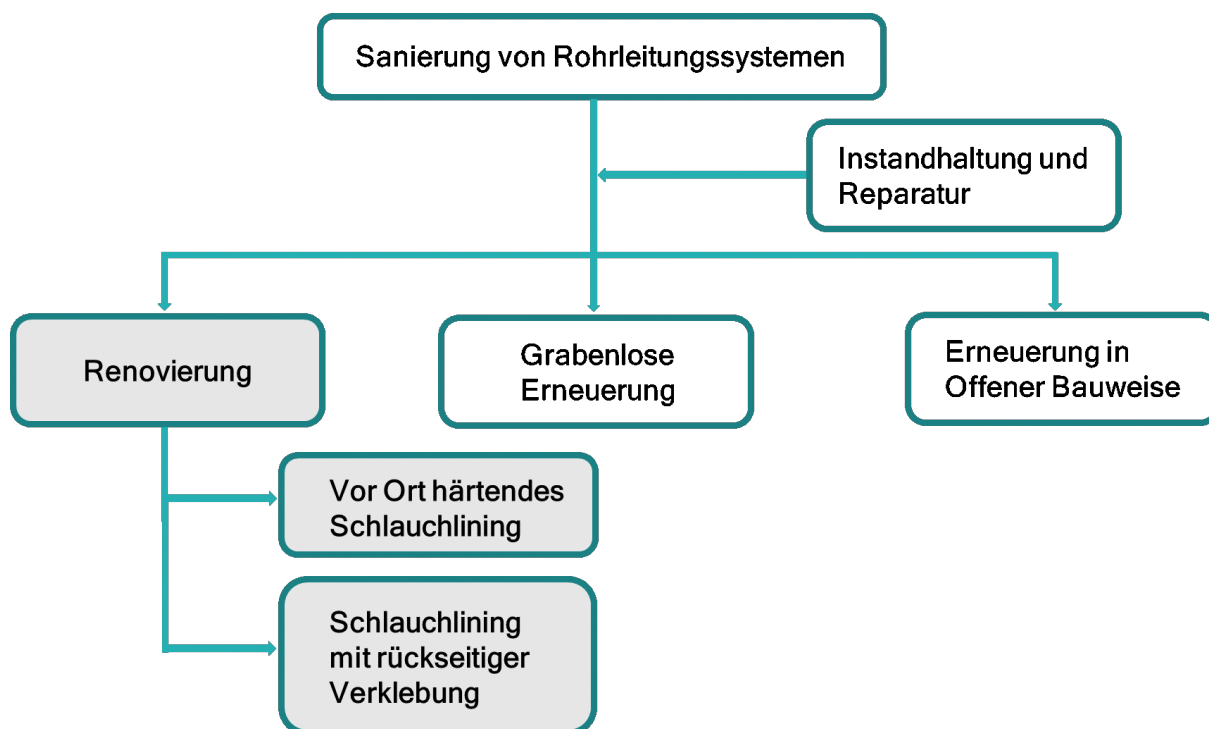


Abbildung 1: Technikfamilien in Anlehnung an DIN EN ISO 11295

Dieses Merkblatt gilt für Druckschlauchliner der Klassen A, B und C nach DIN EN ISO 11295 und umfasst das Gesamtsystem bestehend aus Schlauchliner inklusive Verbindungen und Anschlüssen. Es ist anwendbar bis zu einer Druckstufe von PN16.

Liner der Klasse D gemäß DIN EN ISO 11295 sind nicht Bestandteil dieses Merkblattes. Es gilt nicht für die Unterdruckentwässerung.

2 Begriffe

Abwasserdruckleitung: Leitung zum Transport von Abwasser unter Druck

Druckleitungsliner: Oberbegriff für Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen, unabhängig von der Art des Renovierungsverfahrens (analog DIN EN ISO 11295)

Druckschlauch: flexibler Schlauch aus Träger- und/oder Verstärkungsmaterial inkl. aller Folien, der mit einem Reaktionsharzsystem imprägniert ist (analog DWA-A 143-3; in DIN EN ISO 11296-4 als Lining-Schlauch bezeichnet)

Druckschlauchliner: Fertig eingebauter und gehärteter Druckschlauch; es entsteht ein muffenloser Schlauchliner, der an der Innenwand der bestehenden Rohrleitung formschlüssig anliegt und mit diesem verbunden sein kann. (analog DWA-A 143-3; in DIN EN ISO 11296-4 als CIPP-Produkt bezeichnet)

Druckschlauchlinersystem: Druckschlauchliner einschließlich aller Anschlüsse, die zur Renovierung erforderlich sind (analog DWA-A 143-3)

Druckschlauchlining: Verfahren zur Herstellung eines Druckschlauchliners

Fitting: Rohrverbindungsstück aus einem oder mehreren Teilen

Folie: Definitionen in Anlehnung an DIN EN ISO 11296-4:2018-09 (in DWA-A 143-3 werden aufextrudierte Folien als Beschichtungen bezeichnet)

permanente Folie: Innen- oder Außenfolie, die dafür ausgelegt ist, während des Einbringens des Druckschlauchs und der Härtung des Harzsystems intakt zu bleiben und ihre Funktionen für die gesamte Lebensdauer des Druckschlauchliners aufrecht zu erhalten.

semi-permanente Folie: Innen- oder Außenfolie, die dafür ausgelegt ist, während des Einbringens des Druckschlauchs und der Härtung des Harzsystems intakt zu bleiben, von der aber nicht erwartet wird, über die Lebensdauer des Druckschlauchliners intakt zu bleiben

provisorische Folie: Folie, die die Innen- oder Außenfläche des Druckschlauchs bildet; nur mit Funktionen während des Einbaus, sie wird während oder nach der Installation entfernt

Härtung: Der Prozess der Harzpolymerisation, der durch Wärme oder Licht ausgelöst wird oder durch Wärme beschleunigt werden kann

Harzsystem: Harz einschließlich des Härters und aller Füllstoffe oder anderer Additive in festgelegten Anteilen

Imprägnierung: Einbringung des Harzsystems in das Träger- und/oder Verstärkungsmaterial

Laminat: Gehärteter Verbundwerkstoff aus Träger- und/oder Verstärkungsmaterial und Reaktionsharz; entspricht im Wandaufbau des Druckschlauchliners dem Komposit gemäß DIN EN ISO 11296-4

Nutzungsdauer: Die Nutzungsdauer bezeichnet den Zeitraum, in dem eine mittels Druckschlauchliner renovierte Abwasserdruckleitung betrieblich genutzt werden kann.

Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung: Lining mit einem verstärkten Schlauch, bei dem eine Klebverbindung mit dem Altrohr ein Zusammenfallen verhindert. Auch als Auskleidung mit einzuklebenden Gewebeschläuchen bezeichnet.

Trägermaterial: Flexibler Schlauch, der das flüssige Harzsystem während der Einbringung in das zu renovierende Rohr aufnimmt und nach der Härtung Bestandteil des Druckschlauchliners ist.

Verschleißschicht. Innenschicht des Komposits mit einer definierten Dicke, die als Opferschicht für den voraussichtlichen Abrieb im Betrieb vorgesehen ist

Vor Ort härtendes Schlauchlining: Lining mit einem flexiblen Schlauch, der mit einem Reaktionsharzsystem imprägniert ist. Nach dessen Härtung entsteht ein Rohr.

Wanddicke: Definitionen in Anlehnung an DIN EN ISO 11296-4:2018-09:

Design-Wanddicke: erforderliche Wanddicke des Komposits, ausschließlich jeglicher Verschleißschicht, welche durch statische Berechnung bestimmt wird

Kompositdicke (e_c): Wanddicke der Kombination aus ausgehärtetem Harzsystem, Träger- und/oder Verstärkungsmaterial, ausschließlich aller Folien

Gesamtwanddicke (e_{tot}): Dicke des Druckschlauchliners, bestehend aus dem Komposit und allen semi-permanenten und permanenten Folien

3 Druckschlauchlining

Die DIN EN ISO 11295 teilt Druckleitungsliner in die Klassen A bis D ein. Die folgende Tabelle 1 definiert die zugehörigen Eigenschaften.

Tabelle 1: Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern [DIN EN ISO 11295:2018-06]

Eigenschaften des Liners	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Kann ein von innen oder außen verursachtes Versagen (Bersten, Biegen oder Reißen) des Altrohres überstehen	+	—	—	—
Langzeit-Nennndruck $\geq$ höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	—	—	—
eigene Ringsteifigkeit ^a	+	+	— ^b	— ^b
Langzeitüberbrückung von Löchern und Verbindungsspalten bei höchstem zulässigen Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	+ ^c	+	—
Bietet inneren Korrosionsschutz ^d	+	+	+	+
+ trifft zu — trifft nicht zu ^a Die Mindestanforderung an einen Liner ist, dass er bei Druckabfall des Rohres selbsttragend sein muss. ^b Der Liner beruht auf einer Klebeverbindung mit dem Altrohr, um bei Druckabfall selbsttragend zu sein. ^c Der Liner liegt, entweder während des Einbaus oder eine kurze Zeitdauer nach dem erstmaligen Aufbringen des Betriebsdruckes ausreichend eng an, so dass die innere Druckbelastung radial auf das Altrohr übertragen werden kann. ^d Der Liner dient als Sperre gegen Korrosion, Abrieb und/oder Bildung von ungleichmäßigen Strukturen aus Korrosionsprodukten/Abblätterungen des Altrohres sowie gegen Verunreinigung des Rohrinhalts durch das Altrohr; es vermindert im Allgemeinen auch die Oberflächenrauigkeit, wodurch die Durchflusskapazität verbessert wird.				

3.1 Klassifizierung

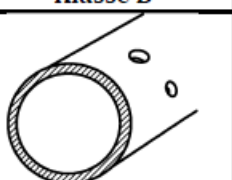
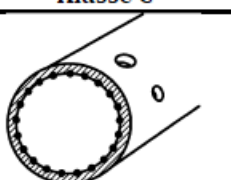
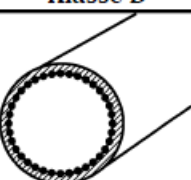
Je nach Klassifizierung kann der Druckschlauchliner unabhängig vom Altrohr bzw. interaktiv mit dem Altrohr ausgebildet sein (vgl. Tabelle 2).

Gemäß Definition in DIN EN ISO 11295 ist ein unabhängiger Druckschlauchliner der Klasse A für sich allein in der Lage, allen auftretenden Belastungen von innen oder außen über seine gesamte geplante Nutzungsdauer ohne Versagen zu widerstehen. Dabei ist er nicht auf die radiale Unterstützung der bestehenden Rohrleitung angewiesen.

Ein Druckschlauchliner wird als unabhängig angesehen, wenn er bei Prüfung unabhängig vom bestehenden Rohr eine Langzeit-Innendruckfestigkeit aufweist, die gleich oder größer ist als der höchste zulässige Betriebsdruck der sanierten Rohrleitung und alle von außen auf den Schlauchliner einwirkenden Lasten aufnehmen kann.

Ein interaktiver (Klasse B oder C) Druckschlauchliner ist definitionsgemäß für sich allein nicht in der Lage, allen auftretenden Belastungen über seine gesamte geplante Nutzungsdauer ohne Versagen zu widerstehen. Er stützt sich daher gewissermaßen radial an der bestehenden Rohrleitung ab.

Tabelle 2: Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern und Zusammenhang zwischen den Technikfamilien innerhalb des Anwendungsbereichs der DIN EN ISO 11295:2018-06

Klasse A		Klasse B		Klasse C	Klasse D
					
unabhängig		interaktiv			
vollständig statisch belastbar		semi-statisch belastbar			nicht statisch belastbar
Rohrstrang-Lining	—				Dieses Dokument ist nicht anwendbar.
Einzelrohr-Lining	—				
—	Close-Fit-Lining			—	
	vor Ort härtendes Schlauch-Lining				
	—			Schlauch-Lining mit rückseitiger Verklebung	
—	—	Lining mit gesprühtem Polymermaterial	—		
ANMERKUNG 1 Lining mit eingezogenen Schläuchen ist noch zu klassifizieren, da die Entwicklung von Produktnormen für diese Technikfamilie noch aussteht.					
ANMERKUNG 2 Die Punkte in den Abbildungen der Klassen C und D stellen die Klebeverbindung dar.					

Druckschlauchliner der Klasse A und B verfügen über eine eigene Ringsteifigkeit. Diese ist zu berücksichtigen, um die Beulfestigkeit unter Einwirkung von hydrostatischen Lasten von außen oder Unterdruckbelastungen von innen zu bestimmen.

Die nachfolgende Aufzählung fasst die Einteilung in die Klassen A, B, C für Druckschlauchliner im Geltungsbereich dieses Merkblattes zusammen:

- Klasse A: unabhängig, vollständig statisch belastbar, eng anliegend
- Klasse B: eigene Ringsteifigkeit, interaktiv, semi-statisch belastbar
- Klasse C: beruht auf einer Klebeverbindung, interaktiv, semi-statisch belastbar

Der Druckschlauchliner zeichnet sich gemäß DIN EN ISO 11295 dadurch aus, dass er eng anliegt. In der Praxis ist es im Einzelfall möglich, den Druckschlauchliner Klasse A locker sitzend anzuwenden. Hierbei sind besondere technische Anforderungen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 7.8).

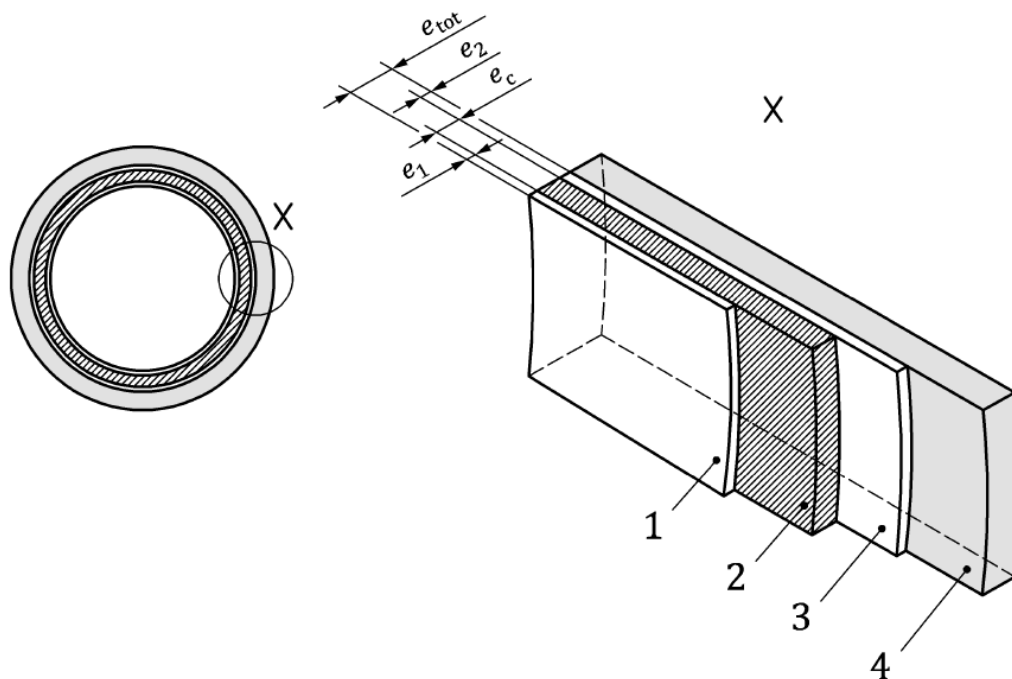
Eine Übersicht der in Abhängigkeit von der Klassifizierung anzusetzenden statischen Einwirkungen ist dem Kapitel 7.7 zu entnehmen.

3.2 Technikübersicht und Materialien, Einsatzbereiche und -grenzen

Druckschläuche umfassen die folgenden Bestandteile:

- Harzsystem
- Träger- und/oder Verstärkungsmaterial
- Innenfolie (permanent, semi-permanent oder provisorisch)
- Außenfolie* (permanent, semi-permanent oder provisorisch)
- * nicht bei Druckschlauchlining mit rückseitiger Verklebung

Die Beziehung zwischen diesen Bestandteilen ist im nachfolgenden Bild dargestellt (Abbildung 2). Die verschiedenen Bestandteile können entweder auf das Endprodukt oder auf den Einbau bezogene Funktionen haben, abhängig vom speziellen angewendeten Verfahren.



Legende

- 1 Innenfolie
- 2 Komposit (Harz in Trägermaterial / Verstärkung, einschließlich jeglicher Verschleißschicht)
- 3 Außenfolie (nicht bei Druckschlauchlining mit rückseitiger Verklebung)
- 4 Vorhandene Rohrleitung

Abbildung 2: Typische Wandkonstruktion eines Druckschlauchs [in Anlehnung an ISO 11296-4: 2018-09]

Die auf dem Markt vorhandenen Systeme lassen sich hinsichtlich ihrer verwendeten Linermaterialien und Einsatzbereiche und -grenzen aktuell wie folgt unterscheiden (Tabelle 3):

Tabelle 3: Technikübersicht der Druckschlauchlining, Einsatzbereiche und -grenzen

	Gewebe- schlauchliner	Nadelfilzliner	Gewebe- schlauch mit Verstärkung	Glasfaser- verstärkter Nadelfilzliner	Glasfaserliner
Klassifizierung DIN EN ISO 11295 (designabhängig)	C	A, B	A, B, C	A, B, C	A, B
DN-Bereich [mm]*	DN80-DN1200	DN100- DN1600	DN100- DN1200	DN100- DN1600	DN150- DN1500
Komposit- dicke [mm]*	2 bis 5	4 bis 30	3 bis 25	5 bis 15	4 bis 15
Harztyp	EP	EP, UP	EP	EP, UP	UP, VE
Einbau- verfahren	Inversion	Inversion, Kombination Einzug/ Inversion			Einzug
Härtungs- verfahren	Warmhärtung (Wasser/Dampf) Umgebungs- temperatur	Warmhärtung (Wasser/ Dampf)			UV-Härtung Kombinations- härtung
Bogengängigkeit (radienabhängig)*	≤ 45° <i>(größere Bögen bei Radien > 6D mit Einschränkung möglich)</i>				≤ 10°

* Bei den genannten Werten handelt es sich um typische Anwendungsbereiche, einzelne Kennwerte für die unterschiedlichen Druckschlauchlinern sind den Herstellerangaben zu entnehmen.

Die möglichen Einbaulängen sind projekt- und systemabhängig, mögliche Druckstufen sind durchmesser- und systemabhängig.

4 Verbindungstechniken

Grundsätzlich ist der Druckschlauchliner bzw. das mittels Druckschlauchliner sanierte Altrohr dem Netzbetreiber anschlussstauglich zu übergeben. Eine abgeschlossene Sanierung beinhaltet somit nicht nur den Druckschlauchliner selbst, sondern stets auch entsprechende Verbindungsmöglichkeiten an das Druckleitungsnetz.

Die technischen Möglichkeiten der Verbindung des Druckschlauchliners an das bestehende Druckleitungsnetz lassen sich in drei Typen kategorisieren:

- Verbindung über das Altrohr
- Verbindung über ein Fitting
- Verbindung über den Druckschlauchliner

Der sanierte Rohrabschnitt erhält damit verbindungsfähige Spitzenden oder Flanschverbindungen nach DIN EN 1092-1.

Die Verbindungstechniken sind gemäß den örtlichen Anforderungen des Netzbetreibers sowie in Abhängigkeit des Altrohrzustandes, -materials und des Druckschlauchliners auszuwählen.

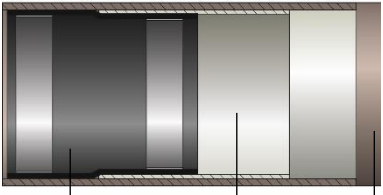
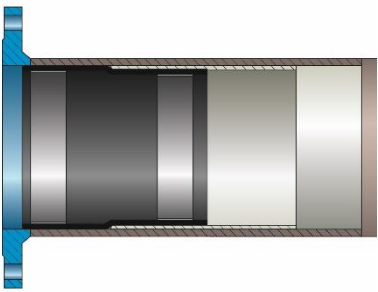
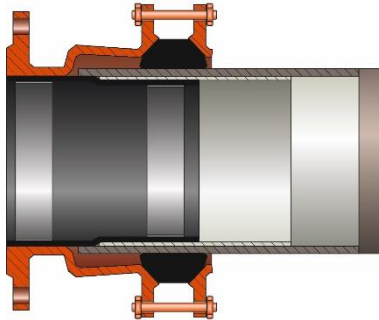
4.1 Verbindung über das Altrohr

Lassen Zustand und Material des Altrohres es zu, kann das Altrohr-Ende als verbindendes Element dienen. Dazu wird der Druckschlauchliner im Altrohr zurückgeschnitten und mittels Liner-Endmanschette (LEM) gegen die Altrohr-Innenfläche abgedichtet. Als Verbinder (Fitting) sind, je nach Altrohrmaterial, Vorschweißflansche (im Vorfeld der Linerinstallation anzubringen) oder auf dem Altrohr anzubringende Kupplungen möglich (Tabelle 4).

Bei verklebten Gewebeschläuchen (Klasse C) ist der Einsatz einer Liner-Endmanschette nicht zwingend erforderlich. Die LEM darf nicht dazu dienen, die Dichtheit des Systems herzustellen, da diese durch eine sichere Verklebung zu gewährleisten ist. Die LEM dient bei verklebten Gewebeschläuchen lediglich als Anströmsicherung.

Die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung ist abhängig von der Längskraftschlüssigkeit des Altrohres. Die LEM ist ausschließlich ein dichtendes Element.

Tabelle 4: Verbindung über das Altrohr

Altrohr-Spitzende	Vorschweiß-Flansch	Mehrbereichskupplung
 LEM Druckliner Altrohr		

Das Altrohr-Spitzende des sanierten Rohrabschnittes darf nur mit mechanischen Kupplungen in das Netz eingebunden werden: Schweißverbindungen sind nach Einbau des Liners nicht möglich.

Anforderungen:

Die zur Anwendung kommenden mechanischen Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen geprüft und für den Einsatzbereich nachgewiesen sein. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszuliegen.

Es ist darauf zu achten, dass die Dichtflächen (Altrohr- und Liner-Innenfläche) keine Unebenheiten aufweisen, die eine Abdichtung verhindern. Die genaue Dimensionierung der LEM ist entscheidend für eine Abdichtung. Ein sorgfältiges Messen ist unabdingbar.

Beschädigungen des Altrohres beim Zurückschneiden des Liners sind zu vermeiden bzw. beschädigte Oberflächen nachzubehandeln. Ebenfalls ist beim Rückschnitt eine Beschädigung des Liners selbst zu verhindern.

Hinweis:

Da die LEM über einen dauerhaften radialen Druck dichtet, ist die Anwendung bei Altrohren aus Kunststoffen, die ins Fließen kommen können (z.B. PE, PVC), nur bei ausreichend dichter Bettung (z.B. Flüssigboden) möglich. Die Bettung muss in diesem Fall den Radialkräften entgegenwirken und so das Fließen verhindern.

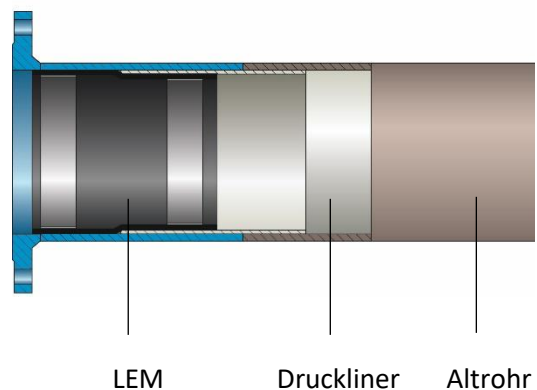
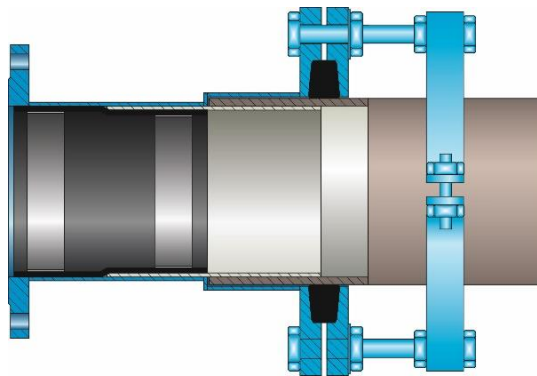
4.2 Verbindung über ein Fitting

Bei dieser Art der Verbindung wird vor dem Schlaucheinbau vor das bestehende Altrohr ein Neurohrfitting gleichen Innendurchmessers ($d_{\text{Altrohr}} = d_{\text{Fitting}}$) angeordnet. Die Verbindung zwischen Altrohr und Fitting erfolgt, je nach Altrohrmaterial und -zustand, mittels Schweißung oder Kupplung. Bei nicht längskraftschlüssigen Altrohren kann eine reine Positionssicherung ohne kraftschlüssige Verbindung ausreichend sein.

Nach der Installation des Liners wird dieser innerhalb des Fittings zurückgeschnitten und mittels Liner-Endmanschette gegen die Fitting-Innenfläche abgedichtet (Tabelle 5).

Die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung ist abhängig von der Längskraftschlüssigkeit des Altrohres. Die LEM ist ausschließlich ein dichtendes Element.

Tabelle 5: Verbindung über ein Fitting

Neues Rohrelement mit Flansch oder Spitzende	Sonderflansch mit zugfester Kupplung
 LEM Druckliner Altrohr	

Anforderungen:

Die zur Anwendung kommenden mechanischen Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen geprüft und für den Einsatzbereich nachgewiesen sein. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszuweisen.

Es ist darauf zu achten, dass die Dichtflächen (Altrohr- und Liner-Innenfläche) keine Unebenheiten aufweisen, die eine Abdichtung verhindern. Die genaue Dimensionierung der LEM ist entscheidend für eine Abdichtung. Ein sorgfältiges Messen ist unabdingbar.

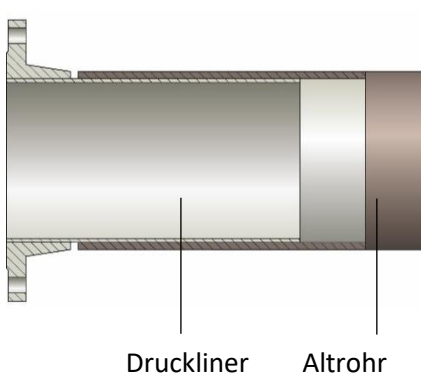
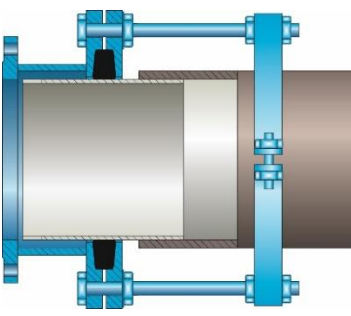
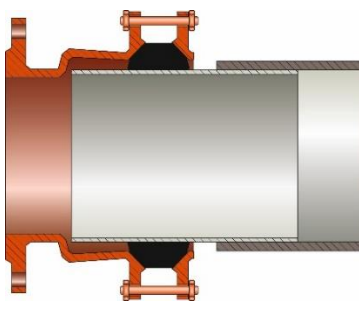
Beschädigungen des Fittings beim Zurückschneiden des Liners sind zu vermeiden bzw. beschädigter Korrosionsschutz wiederherzustellen. Ebenfalls ist beim Rückschnitt eine Beschädigung des Liners selbst zu verhindern.

Der Hinweis zur LEM unter 4.2 ist entsprechend zu beachten.

4.3 Verbindung über den Druckschlauchliner

Verbindungen über den Druckschlauchliner sind ausschließlich bei unabhängigen Druckschlauchlinern der Klasse A möglich. Hier wird das Anschluss-Fitting direkt auf dem Liner angeordnet, wobei verklebende Verbindungen (GFK-Flansche) oder Kupplungen zum Einsatz kommen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verbindung über den Druckschlauchliner

GFK-Flansch	Sonderflansch mit zugfester Kupplung	Mehrbereichskupplung
 Druckliner Altrohr		

Die Verklebung von GFK-Flanschen mit dem Druckschlauchliner kann entweder im Rahmen der Härtung des Liners erfolgen oder nachträglich vorgenommen werden. Die dabei entstehende Verbindung ist eigenständig längskraftschlüssig.

Bei nachträglich anzubringenden Fittings ist zunächst ein geeignetes Liner-Spitzenende herzustellen. Dazu wird der Liner entweder in einer geeigneten Schalung gehärtet oder das Altrohr im Nachgang der Installation auf entsprechender Länge zurückgeschnitten. Das Fitting wird dann auf dem Liner verklebt oder montiert. Bei der Montage von Kupplungen ist zu berücksichtigen, dass ein Verkrallen zur Herstellung des Längskraftschlusses auf dem Liner nur möglich ist, wenn dieses vom Systemhersteller zugelassen ist. Wenn erforderlich, ist der Längskraftschluss über das Altrohr herzustellen.

Die Schnittkante des Druckschlauchliners ist entsprechend den Vorgaben des Systemherstellers zu versiegeln.

Anforderungen:

Die zur Anwendung kommenden mechanischen Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen geprüft sein und für den Einsatzbereich nachgewiesen. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszu-legen.

Es ist darauf zu achten, dass die Dichtfläche (Liner-Außenfläche) keine Unebenheiten aufweist, die eine Abdichtung verhindern. Ovalitäten bei der Herstellung der Liner-Spitzen sind durch eine geeignete Schalung zu verhindern. Die genaue Dimensionierung der LEM ist entscheidend für eine Abdichtung. Ein sorgfältiges Messen ist unabdingbar.

Zur Reduzierung von Spannungsspitzen durch Steifigkeitsunterschiede im Übergangsbereich zwischen GFK-Flansch und frei liegendem Liner kann ein auslaufender Übergang z.B. durch Überlamine geschaffen werden. Die Vorgaben des Systemherstellers sind zu berücksichtigen.

5 Anschlussstechniken

Übliche Anschlüsse an Abwasserdruckschlauchliner sind Armaturen, wie zum Beispiel Ventile und Schieber oder weitere Druckleitungen.

Die Armaturen sind vor dem Einbau des Druckschlauchliners in offener Bauweise zu entfernen. Die entstandene Lücke in der zu sanierenden Druckleitung ist mit Hilfe eines Passstückes für den Zeitraum der Renovierung zu verschließen. Auch die Anwendung von gering dehnfähigen Geweben als Stützschlauch kann möglich sein, um eine kritische Überdehnung des Liners während Einbau und Härtung zu vermeiden. Bei der Anwendung von Gewebeschläuchen ist kein Schutz gegen Überdehnung notwendig.

Nach erfolgreichem Einbau des Druckschlauchliners ist dieser im Bereich der entfernten Armatur zu trennen und in den beiden Rohrenden gemäß Kapitel 4 anzubinden. Die Armatur wird neu zwischen den Fittings installiert (Abbildung 3).

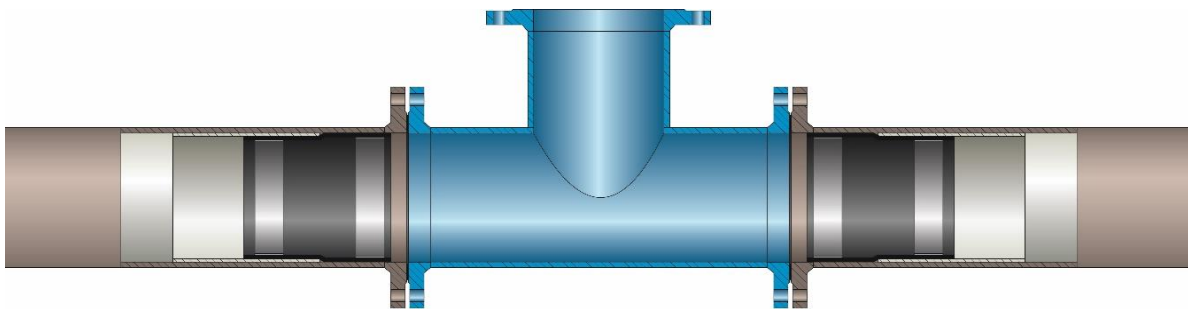


Abbildung 3: Beispiel zur Herstellung von Anschlüssen am Druckschlauchliner

6 Anforderungen an das Druckschlauchlining

Das Druckschlauchlining muss von den Werkstoffen, über die Anlagentechnik bis hin zur Renovierungsausführung qualitätsgeprüft und aufeinander abgestimmt sein. Sämtliche Prozessschritte sind zu kontrollieren und zu dokumentieren, um die Reproduzierbarkeit des Endproduktes zu gewährleisten. Im Rahmen zu erbringender Eignungsprüfungen weist das Verfahren die Anwendbarkeit zur Renovierung von Druckleitungen nach und die Einsatzbereiche werden definiert.

6.1 Anforderungen an die Materialien

Die Bestandteile des Druckschlauchlinings sind in Kapitel 3.2 aufgezeigt. Die folgende Tabelle 7 stellt die Linerbestandteile zusammenfassend dar. Es werden hier bewusst nicht die Materialangaben aus der DIN EN ISO 11296-4 verwendet, da nicht alle dort angegebenen Materialkombinationen die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Druckschlauchlinern hinlänglich erfüllen.

Tabelle 7: Werkstoffe für Bestandteile des Druckschlauchs

Druckschlauch-Bestandteil	Werkstoffe*
Harztyp Füllstofftyp Härtungsverfahren	EP, UP, VE ohne, chemisch inert anorganisch oder organisch Härtung bei Umgebungstemperatur, Warmhärtung, UV-Lichthärtung, Kombination UV-/Warmhärtung
Trägermaterial/ Verstärkung	inerte weichmacherfreie Polymerfasern z.B. PET, Korrosionsbeständige Glasfasern des Typs „E-CR“ gemäß DIN EN ISO 2078 und DIN 1259, die den Festlegungen der DIN EN 14020 Teile 1-3 entsprechen, Kombinationen aus den genannten Fasern
Folien	bei provisorischen Folien keine Festlegungen, bei semi-permanenten und permanenten Folien begründen sich die Materialanforderungen aus der notwendigen Funktion (Eignungsnachweis), Folien dürfen grundsätzlich den Betrieb der Leitung nicht negativ beeinträchtigen, Materialien z.B. TPU, OF, PE
*Andere Werkstoffe können prinzipiell in Übereinstimmung mit diesem Merkblatt geprüft werden.	

Bei Linern der Klassen A und B werden vorzugsweise Harztypen gemäß Tabelle 8 eingesetzt.

Tabelle 8: Vorzugsweise eingesetzte Harztypen für Druckschlauchliner der Klassen A und B [Auszug aus DWA A 143-3, Mai 2014]

Abwassertyp	Vorzugsweise eingesetzte Harztypen
Kommunales Abwasser	UP-Harz • DIN 18820-1* Gruppe 3 oder nach DIN EN 13121-1 Gruppe 4** • DIN 16946-2 mind. Typ 1130 (thermische und mechanische Anforderungen) EP-Harz • DIN 16946-2 Typ 1020, Typ 1021, Typ 1040 (thermische und mechanische Anforderungen) oder • abwasserbeständige, hydrolysefeste, temperaturbeständige EP-Harze mit Nachweis der Eignung durch zugelassenes und unabhängiges Prüfinstitut bzw. die zugelassenen Harze der Zeile 2
Stark angreifendes Abwasser z. B. industrielles Abwasser (besondere Abwasserzusammensetzung, spezifische Abwasseranalyse notwendig)	VE-Harz • DIN 18820-1* Gruppe 5 oder nach DIN EN 13121-1 Gruppe 7** oder Gruppe 8 • DIN 16946-2 mind. Typ 1310 (thermische und mechanische Anforderungen) EP-Harz • Der Nachweis der Eignung für das spezifizierte Abwasser ist durch den Bieter zu erbringen. • Harze, deren chemische Resistenz gegenüber den Angriffen aus dem spezifizierten Abwasser nachgewiesen wurde

* DIN 18820-1 zurückgezogen

** halogenierte Harzsysteme sind ausgeschlossen

Für Gewebeschlauchverfahren der Klasse C gelten die Prüfgrundlagen der DVGW GW 327. Der Nachweis der Eigenschaften der eingesetzten Materialien und des fertigen Produktes, d.h. des mit der Rohrwand verklebten Gewebeschlauches, ist in der Technischen Prüfgrundlage DVGW W 330 geregelt, die als Grundlage der Zertifizierung von einzuklebenden Gewebeschläuchen zur nachträglichen Auskleidung von Wasserrohrleitungen dient. Hier werden Anforderungen an den Schälwiderstand/Haftfestigkeit der Beschichtung auf dem Gewebe und Unterdruckbeständigkeit definiert.

Bei der Anwendung in Abwasserdruckrohrleitungen entfallen Anforderungen und Prüfungen hinsichtlich Mikrobiologie und Trinkwasserhygiene.

Die Harze übernehmen beim Gewebeschlauchverfahren keine tragende, sondern eine klebende Funktion und werden deshalb in den Regelwerken als Klebstoff bezeichnet. Es kommen EP und PU-Harze zum Einsatz.

Der Linerhersteller muss dokumentieren, dass gemäß Spezifikation geeignete Materialien zur Produktion verwendet werden. Hierfür müssen Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204 vorliegen und eine geeignete Eigenüberwachung stattfinden.

Es gelten die Anforderungen der DIN 18200 zur werkseigenen Produktionskontrolle und Fremdüberwachung.

6.2 Anforderungen an die Anlagentechnik

Die Anlagentechnik für das Druckschlauchlining umfasst:

- Dosier- und Mischtechnik der Harzsysteme
- Imprägniertechnik
- Einbautechnik
- Härtungstechnik

Sämtliches technisches Equipment muss in einem technisch einwandfreien Zustand sein und ist gemäß Herstellerangaben zu prüfen und zu warten. Es darf ausschließlich von qualifiziertem Personal bedient werden.

6.2.1 Dosier-, Misch- und Imprägniertechnik

Die Lagerung der Harze und der nicht imprägnierten Träger- und/oder Verstärkungsmaterialien sowie die Mischung der Harze müssen stets unter definierten und kontrollierten Umgebungs- und Materialtemperaturen erfolgen. Die prozessrelevanten Daten der Dosierung (z.B. Gewicht, Volumen) und Mischung (z.B. Volumenstrom, Mischzeiten) der Harzkomponenten sind automatisch zu dokumentieren und zu speichern.

Die Imprägnierung muss eine sichere Benetzung des Träger- und/oder Verstärkungsmaterials gewährleisten. Die Anwendung von Vakuum zum Entlüften des Materials ist kontrolliert und nach Herstellervorgaben durchzuführen.

6.2.2 Einbautechnik

Die notwendige Einbautechnik richtet sich nach dem Einbauverfahren des Druckschlauchlinersystems und den Herstellervorgaben. Grundsätzlich sind drei Verfahren zu unterscheiden:

das Inversionsverfahren (Einkrempeln), das Einziehverfahren und die Kombination aus Inversions- und Einziehverfahren.

Die Anforderungen an die Einbautechnik beim Inversionsverfahren – Drucktrommel oder Inversionswassersäule – sind:

- Druckaufbau gemäß Herstellervorgaben
- Schonende Inversion, möglichst kontinuierlich
- Druckkontrolle und -dokumentation

Die Inversion des Druckschlauchs wird durch die Anwendung von geeigneten Schmiermitteln z.B. durch neutrale Flüssigseife erleichtert. Bei Wasserinversion von Druckschläuchen der Klasse A und B ist ab ca. DN 500 davon auszugehen, dass diese nicht mehr ohne Einsatz eines Förderbands eingebaut werden können.

Die Inversionsgeschwindigkeiten und -drücke gemäß Herstellervorgaben sind einzuhalten.

Die Anforderungen an die Einbautechnik beim Einziehverfahren sind:

- Elektronische Messung und Aufzeichnung der Einziehkräfte
- Möglichkeit der Zugkraftbegrenzung

Der Einzug des Druckschlauchs wird durch die Anwendung von Gleitfolien im Sohlbereich und durch Schmiermittel erleichtert. Die Gleitfolie kann produktabhängig Bestandteil des Druckschlauchaufbaus sein. Die Einziehkräfte gemäß Herstellervorgaben sind einzuhalten.

Nach dem Einzug wird der Druckschlauch gemäß Herstellervorgaben mittels Luftdruckbeaufschlagung aufgestellt. Der Druck ist zu kontrollieren und aufzuzeichnen. Die einwandfreie Positionierung des Druckschlauchs ist optisch zu kontrollieren und zu protokollieren.

6.2.3 Härtungstechnik

Die notwendige Härtungstechnik ist abhängig von den Herstellervorgaben und vom Härtungsverfahren: Härtung bei Umgebungstemperatur, Warmhärtung, UV-Lichthärtung, Kombination UV-/Warmhärtung.

Die Anforderungen an die Härtungstechnik bei Warmhärtung sind:

- ausreichende Heizleistung
- ausreichende Umwälzleistung
- automatische Drucküberwachung und -protokollierung während der Härtung (Wassersäulenhöhe bei Warmwasserhärtung; Druckmanometer bei Dampfhärtung)

- Temperaturkontrolle und -aufzeichnung am Vor- und Rücklauf sowie im Außenlaminat (zwischen Druckschlauch und Altrohr, mindestens in der Sohle) mindestens am Start- und Zielpunkt, wenn möglich auch an Zwischenpunkten; Protokollierung als Datensatz, nicht nur als Grafik
- Kondensatabführung bei Dampfhärtung
- Die Anforderungen an die Härtungstechnik bei UV-Lichthärtung und Kombinationshärtung sind:
 - geeignete Lichtquelle, Leuchtmittel und -leistung (Details siehe unten), inkl. Protokollierung unter Angabe des Herstellers
 - elektronische Protokollierung der Durchzugsgeschwindigkeit der UV-Lichtquelle und der Leuchtmittelfunktion, Protokollierung als Datensatz, nicht nur als Grafik
 - elektronische Protokollierung des Innendruckes, Protokollierung als Datensatz, nicht nur als Grafik
- Temperaturkontrolle und -aufzeichnung an der Druckschlauchoberfläche, Protokollierung als Datensatz, nicht nur als Grafik
- Kontrolle der Härtung im Außenlaminat mindestens am Start- und Zielpunkt, wenn möglich auch an Zwischenpunkten, mit einer geeigneten und für das System definierten Mess- und Dokumentationstechnik, mindestens jedoch über eine Temperaturmessung zwischen Druckschlauch und Altrohr; die Messung erfolgt mindestens in Scheitel und Sohle
- Überprüfung der Leuchtmittelsauberkeit vor jeder Härtung. Beseitigung von z.B. Fingerabdrücken und Staub. Wird der Glaskörper dunkel (beginnende Verspiegelung) oder matt (Einbrand von Schmutzpartikeln), ist das Leuchtmittel auszutauschen.

Die verwendeten Lichtquellen und Leuchtmittel, müssen vom jeweiligen Druckschlauchhersteller freigegeben sein.

Für die eingesetzte Lichtquelle („Lichtkern“, „Lichtkette“) müssen vom Hersteller für jeden Druckschlauch Geschwindigkeitstabellen mit folgenden Mindestangaben für die Härtung, in Abhängigkeit von der Dimension und der Wanddicke, vorliegen:

- eindeutige Bezeichnung der Lichtquelle
- Leistungsvorgabe für die verwendeten Leuchtmittel
- Durchzugsgeschwindigkeiten
- separate Vorgaben für die Start- bzw. Stopphase (Zündabstände, Durchzugsgeschwindigkeit)

Lichtquellen die nicht vom Druckschlauchhersteller verifiziert wurden, dürfen nicht zur Härtung von Druckschläuchen verwendet werden.

Die in den Lichtquellen verwendeten Leuchtmitteltypen müssen vom Druckschlauchhersteller freigegeben sein. Jedes Leuchtmittel muss eindeutig zugeordnet werden können, z.B. anhand einer Seriennummer, die eine Zuordnung zum Hersteller ermöglicht. Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme ist zu dokumentieren.

Eine Intensitätsmessung der Leuchtmittel ist gemäß DWA-A 143-3 regelmäßig durchzuführen (spätestens nach 400 Betriebsstunden). Die Lichtintensität darf gemäß DWA-A 143-3 nicht unterhalb 70% zur Referenz liegen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Intensität der Leuchtmittel von der Lichtquelle abhängt sowie von der Leistung des Stromerzeugers.

Bei Lichtintensitäten unterhalb von 75% ist das Leuchtmittel auszutauschen.

Hinweis:

Aktuell befindet sich die so genannte Dielektrische Analyse (DEA) in der Entwicklung für die Anwendung im Druckschlauchlinerbereich. Bei der DEA wird der Vernetzungsgrad über das sich verändernde elektrische Verhalten des Harzsystems ermittelt. Dieses Verfahren wird als vorteilhaft angesehen und sofern die Marktreife gegeben ist, wird der Einsatz empfohlen.

6.3 Anforderungen an die Bauausführung

Für jede durchgeführte Druckschlauchliningmaßnahme muss eine lückenlose Dokumentation sämtlicher relevanter Prozessschritte angefertigt werden. Diese Aufzeichnungen sind aufzubewahren, damit bei eventuell auftretenden Mängeln eine gezielte Ursachenermittlung ermöglicht wird und geeignete Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können. Aufbewahrungsfristen für diese Dokumente müssen mindestens den Zeitraum von 10 Jahren beinhalten.

Bei Imprägnierung im Werk muss der Lieferschein mindestens folgende Angaben enthalten:

- Gesamtdicke etot des installierten Druckschlauchliners inkl. zu erwartender Toleranzen
- Kompositdicke ec
- Druckschlauchidentifikations- oder -produktionsnummer
- Herstellungsdatum
- Haltbar bis
- Transport- und Lagerbedingungen (Zeitraum und Temperaturbereich der Lagerung)
- Kunde

- Baustelle und Einbauort / Sanierungsabschnitt
- DN
- Länge
- Gewicht
- Härtungsverfahren
- ggf. Bedingungen für die Handhabung wie z.B.: nicht Stapeln, nicht direkter Sonnenstrahlung oder Frost aussetzen

Ferner sind dem Druckschlauch (mindestens bei Warm- oder Kombinationshärtung) Thermorekorder beizulegen, um die Einhaltung der Liefer- und Lagertemperaturen zu kontrollieren.

Bei UV- oder Kombinationshärtung muss der Druckschlauchhersteller der ausführenden Bau-firma die maximal mögliche Durchzugsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Lichtquelle und Druckschlauch angeben. Dies erfolgt, wenn möglich bzw. notwendig, projektabhängig je Lieferung oder standardmäßig über Tabellenwerte.

Bei Eingang auf der Baustelle ist der Druckschlauch mind. wie folgt zu überprüfen:

- Prüfung der Lieferpapiere
- optische Kontrolle des Druckschlauchs
- Kontrolle des Flachmaßes auf Übereinstimmung mit angegebenem Durchmesser

Die Dokumentation der Arbeiten auf der Baustelle muss mindestens umfassen:

- Inspektionsprotokoll der Druckleitungsbefahrung oder -begehung einschließlich der optischen Inspektion vor und nach der Renovierungsmaßnahme
- sofern erforderlich Kalibrierprotokoll (vgl. Kapitel 7.8)
- Einbau- und Aushärteprotokolle, die unter anderem folgende Parameter beinhalten:
 - Verfahrensabhängige kontinuierliche Dokumentation der Druck-, Temperatur- und/oder UV-Lichtparameter sowie der beim Einziehen des Druckschlauchs auftretenden Zugkräfte
 - UV-Härtung: Dokumentation der Prüfung der Lichtquellen und Leuchtmittel gemäß Kapitel 6.2.3 vor jedem Einbau
- Baustellentagesberichte
- Dichtheitsprüfungsprotokoll

Bei Vor-Ort-Imprägnierung zusätzlich

- Dosier- und Mischprotokoll, Imprägnierprotokoll; bei Druckschläuchen der Klasse A oder B hat die Protokollierung automatisch zu erfolgen

Alle zu dokumentierenden Prozessparameter sind verfahrensabhängig in solcher Häufigkeit aufzuzeichnen, dass auch Vorkommnisse von kurzer Dauer festgehalten werden, die einen Einfluss auf die Eigenschaften des Druckschlauchliners haben können, wie z.B. Druckparameter oder exotherme Spitzentemperaturen.

Es ist sicherzustellen, dass die Einbaurichtlinien des gewählten und geprüften Druckschlauchlinings genau befolgt und mit Eigen- und Fremdüberwachungsmechanismen kontrolliert werden.

6.4 Anforderungen an das Druckschlauchlinersystem (Eignungsprüfungen)

Das Druckschlauchlinersystem muss gemäß den Anforderungen der DIN EN ISO 11297-4 geprüft sein. Die Tabellen 2 und 3 legen Anforderungen an Kurz- und Langzeiteigenschaften für Druckschlauchliner der Klasse A und B fest. Anforderungen an Druckschlauchliner der Klasse C sind in der DVGW W 330 enthalten.

Der Druckschlauchliner muss darüber hinaus eine Beständigkeit gegenüber Abrieb nach DIN CEN/TR 15729 nachweisen (Darmstädter Kipprinne mit Korund).

Die Spülstrahlbeständigkeit ist gemäß DIN 19523 Kapitel 4.3 Verfahren 2: Praxisprüfung nachzuweisen.

Die Bogengängigkeit der Druckschlauchliner ist sehr unterschiedlich und in erster Linie vom Träger-/Verstärkungsmaterial, den vorhandenen Folien und Härtingsverfahren abhängig. Die Möglichkeit der Durchquerung von Bögen ist seitens Systemhersteller nachzuweisen. Die Anforderungen sind die Sicherstellung einer geringen Faltenbildung, die den Betrieb der Abwasserdruckleitung nicht gefährdet (molchfähiger Querschnitt, Hindernisfreiheit) sowie ein Anliegen des Liners im Bogenaußenbereich. Bei Durchfahrung eines Bogens in einem nicht tragfähigen Altrohr sind die statischen Anforderungen bei der Planung entsprechend zu berücksichtigen. Dies kann z.B. durch Nachverfüllen des Bogenaußenbereichs geschehen, so dass hier eine radiale „Abstützung“ nachträglich sicher gestellt wird. Hier ist immer eine Einzelfallbetrachtung mit dem jeweils betrauten Statiker erforderlich.

Der Druckschlauchliner und die möglichen Anbindungstechniken müssen stets aufeinander abgestimmt sein (vgl. Kapitel 4).

Kommt es in der zu renovierenden Druckleitung regelmäßig zu Druckstößen (z.B. durch Schaltvorgänge, siehe hierzu Kapitel 7.4) die einen Wechsel zwischen Über- und Unterdruck bedingen, ist für Druckschlauchliner der Klassen A und B ein Systemnachweis über einen



Druckrohr-Lastwechsel-Test (DLT) in Anlehnung an die ISO 15306 und DIN 50100 zu führen. Hier wird der Druckschlauchliner gezielt mit seinen Anbindungen und Anschlüssen einem Druckwechselstresstest (Über- und Unterdruckbereich) unterzogen, so dass eine Bewertung des Gesamtsystems ermöglicht wird.

Wird keine DLT für den Unterdruckbereich benötigt, weil Druckstöße im Wesentlichen ausgeschlossen werden können, ist dennoch das Gesamtsystem in seiner Eignung im Überdruckbereich zu prüfen. Der Lastwechsel findet dann im positiven Druckbereich statt.

7 Planung

7.1 Zustandserfassung

Bei Druckleitungen werden i.A. keine regelmäßigen Bestandsaufnahmen in Form von Kamerateurenbefahrungen durchgeführt. Auslöser für Renovierungen sind deshalb entweder bekannte Schadensfälle bzw. eine Häufung derselben oder es wird eine vorsorgliche Instandsetzung aufgrund Alter, besonderer Risikolage der Leitung, Material (z.B. Asbestzement-Leitung) o.ä. durchgeführt.

Im Rahmen der Planung einer Druckleitungsrenovierung werden eine Reinigung inkl. Entfernung von Inkrustationen sowie eine optische Inspektion durchgeführt. Hierfür wird i.A. bereits eine Aufrechterhaltung der Vorflut notwendig werden, vgl. Kapitel 7.5. Der Leitungszustand wird gemäß DWA M 149-5 erfasst, wobei zusätzlich quantitative Aussagen zu folgenden Punkten zu treffen sind:

- Lochdurchmesser [mm]
- Muffenspaltweite [mm]
- Versätzen [mm] und Abwinklungen [Grad] innerhalb eines planmäßig gradlinigen Leitungsabschnitts
- Abwinklung [Grad], Radius [x DN] und Art von Bögen

Typische Schadensbilder von Druckleitungen sind

- Korrosion: Flächenkorrosion oder Lochfraß (von außen nach innen, seltener von innen nach außen), Spannungsrisskorrosion
- Abrasion
- Inkrustationen
- Verformung (stat. Überlastung, mangelnde Bettung)
- Mechanische Schädigung (aus Bau oder Betrieb)
- Rissbildung
- Undichte Rohrverbindung
- Schadhafte Innenbeschichtungen

Im Falle von Rissbildungen ist zu ermitteln, ob diese aufgrund einer Vorschädigung durch z.B. Korrosion entstanden sind. Ist keine mechanische Vorschädigung als Schadensursache erkennbar, kann eine Rissbildung auch auf betriebliche Probleme durch fehlende Be- oder Entlüftung bzw. Druckstöße hinweisen. Wird festgestellt, dass betriebliche Probleme aus ungeeignetem Leitungsverlauf (unplanmäßige Hoch- und/oder Tiefpunkte) resultieren, ist dies im

Rahmen der Planung zu berücksichtigen und die baulichen Mängel sind zu beheben (Glättung des Leitungsverlaufs oder Setzen eines Be- und Entlüftungsventils).

Eine Druckprüfung der vorhandenen Leitung ist i.a. nicht erforderlich.

In Abhängigkeit von der statischen Klassifizierung sowie vom Material und dem Zustand der Leitung kann eine Wanddickenmessung notwendig werden: Ist ein Druckschlauchliner der Klasse B oder C vorgesehen, so dass die vorhandene Leitung mittragen muss, und besteht der Verdacht, dass es aufgrund von Korrosion und/oder Abrasion zu einer Verringerung der Wanddicke gekommen ist, ist die tatsächliche Wanddicke zu ermitteln. Eine zerstörungsfreie Wanddickenermittlung erfolgt i.A. mittels Ultraschallprüfung. Die Oberfläche der zu untersuchenden Druckleitung ist fachgerecht vorzubereiten (Entfernung von Beschichtungen, Rost etc.).

7.2 Vorbereitung des Altrohres

Im Rahmen der Planung müssen Vorgaben zur möglichen Reinigung des Altrohres gemacht werden. In Abhängigkeit von Zustand und Material des Rohres kommen bei Druckleitungen grundsätzlich folgende Reinigungsverfahren zur Anwendung:

- Schwallspülung
- Molchen
- Wasserhochdruck
- Wasserhöchstdruck
- unterschiedliche mechanische Reinigungsverfahren

In Abhängigkeit von der gewählten Klassifizierung und Ausführung, ist das Reinigungsziel wie folgt definiert:

- Klasse A und Klasse B: freier Querschnitt, keine losen Teile, frei von einragenden Hindernissen und Inkrustationen
- Klasse C: wie oben, zusätzlich frei von trennenden Substanzen (klebfähiger Untergrund)

Hierfür sind in der Planung Angaben zu Lage, Länge, Höhenverlauf und Anordnung von Reinigungsöffnungen zu machen. Ggf. sind bauliche Maßnahmen notwendig, um die Reinigung zu ermöglichen. So können zum späteren Einbau notwendige Baugruben bereits für die Reinigung errichtet werden.

Die Versorgung mit Wasser für die Reinigung muss in der Planung dargestellt werden.

Auf Grundlage der für die Planung durchgeführten Reinigung kann der notwendige Reinigungsaufwand für die Ausschreibung und spätere Ausführung abgeschätzt werden.

Für besonders ausgeprägte Inkrustationen ist der Einsatz von Wasserhöchstdruck oder Fräsröbter vorzusehen. Diese Leistungen sollten nach Aufwand ausgeschrieben und ein realistischer Zeitaufwand abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 7.8).

Verklebende Systeme (Klasse C) erfordern in jedem Fall den Einsatz von Wasserhöchstdruck und ggf. Sandstrahlen (vgl. Kapitel 7.8).

Die Bewertung des Reinigungsergebnisses erfolgt durch eine optische Inspektion.

7.3 Angaben zur vorhandenen Abwasserdruckleitung

Folgende Angaben zur vorhandenen Abwasserdruckleitung muss die Planung mind. enthalten:

- Material, Alter der Leitung, evtl. vorhandener Innen- und/oder Außenschutz
- Betriebsdruck, Nenndruck (PN)
- DN; di, da; ggf. Durchmesserwechsel
- Länge: gesamt und Einzelabschnitte
- Bögen, Revisionen, Be- und Entlüftungsventile, sonstige Einbauten, Anschlüsse/Abzweige, Schächte
- Ausbildung der Leitungsverbindung: zugfest, gesteckt, Widerlager
- wenn bekannt: verwendetes Bauverfahren

Ferner stellt der vorhandene Leitungsverlauf höhe- und lagemäßig eine wichtige Grundlage für Planung und Bauausführung dar. Dieser kann in den wenigsten Fällen zuverlässig aus Bestandsplänen entnommen werden. Eine Ermittlung durch eine XYZ-Lagemessung stellt einen erheblichen Aufwand dar. Im Rahmen der Planung ist deshalb zu entscheiden, wie detailliert die Lage ermittelt werden kann und soll. Wann immer betriebliche Probleme bekannt sind und eine verlässliche Druckstoßberechnung notwendig erscheint, ist die genaue Lagemessung unerlässlich.

In Abhängigkeit vom gewählten statischen System sind ferner Angaben zur Bettung des Altröhres notwendig. Sofern erforderlich, ist hierfür eine Ermittlung von Bodenkennwerten im Rahmen der Planung zu veranlassen, bei Bedarf inkl. Erstellung eines geotechnischen Berichts.

7.4 Ermittlung betrieblicher Randbedingungen

Die betrieblichen Randbedingungen werden bei Druckleitungen maßgeblich durch den Pumpenbetrieb bestimmt und sind im Rahmen der Planung umfassend zu ermitteln. Sie sind in der Vorstatik und im Rahmen der Druckstoßberechnung zu berücksichtigen.

Maßgebliche betriebliche Kenngrößen sind der maximale Betriebsdruck sowie der maximale Bemessungsdruck.

Hinweis: Den maximalen Bemessungsdruck erfährt eine Druckleitung i.A. durch Druckstöße. Druckstöße sind vornehmlich bei größeren Leitungslängen in Abhängigkeit von den Einbaubedingungen üblicherweise ab ca. 100 m maßgeblich; darunter erzeugen sie in der Regel keine große Energie. Darüber hinaus bedingen große Fließgeschwindigkeiten stärkere Druckstöße (zu empfohlenen Fließgeschwindigkeiten vgl. ATV-DVWK A 134, Kapitel 2.7). Folglich ist bei größeren Leitungslängen sowie kritischen Fließgeschwindigkeiten grundsätzlich eine Druckstoßberechnung der Leitung durchzuführen. Maßgeblich sind dabei die voraussichtlichen Kennwerte nach der Renovierung.

Für die Druckstoßberechnung werden Angaben zur Art der Pumpenschaltung und Anzahl der Schaltvorgänge je Zeiteinheit benötigt.

Hinweis: Direkte Pumpenschaltungen oder Stern-Dreieck-Schaltungen bedingen hohe Druckstöße. Sanftanläufer bzw. Frequenzumformer mit An- und Abfahrrampe hingegen erzeugen gedämpfte oder keine Druckstöße. Für diese Art des Schaltbetriebs ist dann lediglich der Stromausfall maßgeblich für die Druckstoßberechnung. Jenseits theoretischer Ansätze können auch direkt betriebliche Erfahrungen zum Druckstoß erkundet werden und Eingang in die Betrachtung finden.

Ebenso sind vorhandene Einbauten (z.B. Be- und Entlüftungsventile, Schieber, Molchschleusen, Reinigungsöffnung) zu ermitteln und betriebsseitig zu klären, ob diese funktionsfähig / in Betrieb sind oder ggf. neu gesetzt / instandgesetzt werden müssen.

Soll eine Druckleitung im späteren Betrieb standardmäßig mittels Hochdruckspülung gereinigt werden, so ist dies in der Planung anzugeben. Das Design des Druckschlauchs ist ggf. angepasst auszuschreiben, weil dieses i.A. nicht für eine häufig wiederkehrende Reinigung mittels Hochdruckspülung ausgelegt ist.

Sonstige betriebliche Besonderheiten sind in der Planung zu benennen wie z.B. Temperatur oder Abwasserzusammensetzung, sofern diese von kommunalem Abwasser abweichen (vgl. Tabelle 8).

7.5 Abflusslenkung (Aufrechterhaltung der Vorflut)

Es ist betrieblich zu klären, ob und welche Umlenkungsmöglichkeiten für das anfallende Abwasser vorhanden sind. Ferner sind die zulässigen Einstauzeiten in Abhängigkeit von der Wetterlage zu ermitteln.

Bereits für die Reinigung und Zustandserfassung im Rahmen der Planung wird häufig eine Abflusslenkung notwendig werden.

Unter Umständen können Vorarbeiten wie Reinigung und Inspektion auch durch Außerbetriebnahme des Pumpwerks in einem festen Zeitfenster durchgeführt werden.

Für die spätere Bauausführung ist immer eine umfassende Planung zur Abflusslenkung notwendig, welche mind. folgende Angaben als Ergebnis enthalten muss:

- abzuleitende Abwassermengen
- Länge und Durchmesser der notwendigen Ersatzleitungen
- Abnahme- und Einleitpunkte inkl. geodätischer Höhen
- bauliche Besonderheiten über den Leitungsverlauf (Unterflurverlegung, Aufständigung o.ä.)

Es ist ein Konzept zu erstellen, welches alle notwendigen Informationen für die Außerbetriebnahme der zu sanierenden Druckleitung beinhaltet. Dies können Angaben zur Abschaltung des Pumpwerkes, Umschiebern oder Absperren von Leitungen, Inbetriebnahme von Notüberläufen etc. sein.

7.6 Vorgesehener Sanierungsablauf

Der notwendige Platzbedarf für die Renovierung ist zu ermitteln. Dies betrifft die erforderliche Größe und Anordnung der Baugruben inklusive Verbau und der ggf. notwendigen weiteren Maßnahmen wie z.B. eine Grundwasserabsenkung in den Baugruben. Die Baustelleneinrichtung für das Renovierungsverfahren ist zu planen und notwendige Aufstellflächen für die Anlagentechnik, das Materiallager und ggf. Entsorgungsbereich hinsichtlich Größe und Lage vorzugeben.

Dabei kann von folgenden minimalen Platzbedarfen für die Anlagentechnik ausgegangen werden:

- Startbaugrube: verfahrensunabhängig mind. Aufstellfläche für einen LKW (7,5 t) zzgl. Arbeitsraum
- Zielbaugrube: Bei Inversionsverfahren Arbeitsraum, bei Einziehverfahren zusätzlich LKW-Aufstellfläche wie oben (Winde, Verdichter o.ä.)

Diese Flächenbedarfe sind bei der Einholung von Genehmigungen und zur Abstimmung mit betroffenen Dritten (z.B. Anliegern, Gewerbetreibenden) zu berücksichtigen und vorabzustimmen.

Im Rahmen der Planung sind die notwendigen Genehmigungen einzuholen (z.B. wasserrechtliche Genehmigungen, Kreuzungsverträge) bzw. mit den genehmigenden Stellen vorabzustimmen, sofern die endgültige Genehmigung erst nach Auftragserteilung erfolgen kann (z.B. Nacharbeitserlaubnis, verkehrsrechtliche Genehmigung).

Aus den Genehmigungen heraus können sich Auflagen ergeben, z.B. Arbeiten in bestimmten Zeitfenstern, Arbeiten bis zu einem bestimmten Lärmpegel, welche Eingang in die Ausschreibung finden müssen.

Die Zeitplanung der Renovierungsarbeiten ist unter Berücksichtigung der Vorgaben aus notwendigen Genehmigungen sowie den betrieblichen Erfordernissen des Netzbetreibers vorzunehmen. Im Ergebnis ist ein vorläufiger Bauzeitenplan mit den grundsätzlichen Arbeitsschritten zu erstellen.

7.7 Anforderungen an die statische Berechnung

In der Planung ist zu entscheiden, welche Linerklasse zum Einsatz kommen soll. In Abhängigkeit von der Klassifizierung sind folgende Einwirkungen für die statische Berechnung zum Ansatz zu bringen (Tabelle 9):

Tabelle 9

Tabelle 9: Einwirkungen auf den Druckschlauchliner in Abhängigkeit von Druckschlauchlinerklasse und Lastfall als Grundlage für die statische Berechnung

Klassifizierung nach DIN EN ISO 11295	Lastfall nach DWA A 143-2	Einwirkungen von innen	Einwirkungen von außen
Klasse A Vollständig statisch belastbar*	Lastfall II Altrohr trägt auf Dauer nicht mit	- Innendruck (Kessel-formel sowie Überbrückung von Muffenspalten und Löchern) - Unterdruck	- Wasseraußendruck - Erd- und Verkehrslasten**
Klasse B, C Semi-statisch belastbar	Lastfall I Altrohr trägt mit	- Innendruck (nur Überbrückung von Muffenspalten und Löchern) - Unterdruck	Wasseraußendruck
			Unter Berücksichtigung vorhandener Imperfektionen

* in geraden Leitungsabschnitten

** Je nach Zustand trägt das Altrohr nicht auf Dauer den Innendruck, kann aber als Altrohr-Boden-System die Erd- und Verkehrslasten übernehmen, so dass diese nicht in der Linerstatik berücksichtigt werden müssen.

- Die VOB/C fordert in der DIN 18326 im Kapitel 0 Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung unter Punkt 0.2.16 die Angabe von Statischen Anforderungen an das Lining-Rohr und die daraus resultierende Wanddicke. Folglich ist es Aufgabe des Planers, eine Vorstatik für alle infrage kommenden Linersysteme zu erstellen, um die für eine Ausschreibung notwendige Wanddicke des jeweiligen Systems zu ermitteln. Hierfür ist die Anwendung der GSTT Information 20.2 unter Berücksichtigung der DWA A 143-2 und DWA A 127-2 zu empfehlen.
- Die endgültige Statik ist zur Bauausführung für das ausgewählte Druckschlauchlinersystem zu erstellen bzw. die Vorstatik zu bestätigen. Dabei sind insbesondere die in der Planung angenommen Randbedingungen wie das Maß zu überbrückender Muffenspalte oder Löcher, Vorverformungen, örtliche Imperfektionen, Bögen oder Abwinklungen zu überprüfen und wenn notwendig anzupassen!
- Darüber hinaus sind Vorstatiken für tiefbauliche Maßnahmen wie Widerlager, Baugruben eingegangen.o.ä. erforderlich. Auf diesen Teil der Planung wird hier nicht weiter

7.8 Ausschreibung

- Grundsätzlich ist die VOB/C (DIN 18326) Kapitel 0 „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ zu beachten. Im Folgenden werden darüberhinausgehende Angaben bzw. weitergehende Erläuterungen für die Renovierung von Abwasserdruckleitungen dargestellt:
- Abflusslenkung (Vorflut): diese ist bei Druckleitungen von besonderer Relevanz, vgl. hierzu Kapitel 7.5
- Reinigung: vgl. Kapitel 7.2. Die Planung muss hier mind. Angaben machen zur Art der Reinigung, zu Zugänglichkeiten und Aufstellflächen, Ver- und Entsorgung des Spülwassers. Sofern eine Reinigung über vorhandene Reinigungsöffnungen nicht sichergestellt werden kann, muss die Planung Zugangsmöglichkeiten über Baugruben vorsehen, welche vorzugsweise so anzuordnen sind, dass diese später für den Einbau des Liners genutzt werden. Können ausreichend gute Angaben über Grad und Art der Verschmutzung gemacht werden, ist die Reinigung in [m] auszuschreiben. Liegen keine Erkenntnisse über die Beschaffenheit der Verunreinigung vor, sollte nach Aufwand in [d] oder [h] ausgeschrieben werden. Bei Druckschlauchlinern der Klasse C wird die Reinigung verfahrensbedingt unterschiedlich ausgeführt. Deshalb ist das Reinigungsziel „frei von trennenden Substanzen“ in [m] auszuschreiben.
- Entfernung von Inkrustationen: Die Planung muss genaue Angaben darüber machen, bis zu welchem Grad Inkrustationen zu entfernen sind, vgl. Kapitel 7.2. Ausgeschrieben werden sollte hier nach Aufwand in [h], wobei der Vordersatz möglichst realistisch (ggf. anhand von Probefräsen im Rahmen der Planung) ermittelt werden sollte. Die Fahr- und Fräsarbeiten sind in Echtzeit über eine Videoaufzeichnung zu dokumentieren. Abgerechnet werden die Arbeitsgänge Fräsen und Fahren der Robotereinheit.
- Optische Inspektion: Die Planung muss eine optische Inspektion zu Baubeginn und nach Beendigung der Vorarbeiten vorsehen. Erstere dient dazu, den tatsächlichen Umfang der notwendigen Vorarbeiten abschließend zwischen ausführender Baufirma und Bauüberwachung zu vereinbaren. Letztere ist notwendig, um den Erfolg der Vorarbeiten zu kontrollieren und die vorab getroffenen Annahmen zum Leitungszustand in Bezug auf die Statik und den Einbau des Liners zu verifizieren bzw. anzupassen.
- Kalibrierung: Nach Beendigung der Vorarbeiten ist eine durchgehende Kalibrierung der Leitung vorzusehen, wenn es Hinweise auf vorhandene Durchmesserschwankungen

gibt. Diese treten regelmäßig bei Leitungen aus Ortbeton auf, sind aber auch bei anderen Rohrmaterialien anzutreffen (z.B. aufgrund von Innenkorrosion, Reparaturstellen, Beschichtungen).

- Die Anordnung und Größe von Baugruben sind in der Ausschreibung anzugeben. Ferner sind Zugänglichkeit und Aufstellflächen zu benennen. Insbesondere für den Einbau des Druckschlauchs sind an beiden Seiten der Renovierungsstrecke ausreichende Flächen für Fahrzeuge (LKW und Servicefahrzeuge) und Geräte (z.B. Winde, Förderband, Drucktrommel) zu berücksichtigen.
- Es ist festzulegen, wie mit Bögen und Einbauten zu verfahren ist, da dieser Einfluss auf die statische Tragfähigkeit des Druckschlauchliners ausüben. Verfahrens- und druckschlauchabhängig können je nach Durchmesser kleinere Bögen mit renoviert werden (vgl. Tabelle 3). Darüber hinaus sind Bögen und Einbauten i.A. vor dem Einbau des Druckschlauchs auszubauen und danach wieder neu zu setzen. Idealerweise sollten notwendige Baugruben zum Einbau an diesen Stellen angeordnet werden.
- Bei Durchmesserwechseln im Leitungsverlauf (z.B. Reparaturstellen) kann ein Druckschlauchliner der Klasse A in den Bereichen mit größerem Innendurchmesser locker sitzend zur Ausführung vorgesehen werden. Hier ist es notwendig, einen geeigneten Stützschauch oder ein Stützrohr vorzusehen, um ein Überdehnen des Liners während des Einbaus zu verhindern und um die Verdichtung des Laminats bei der Härtung sicher zu stellen. Es ist eine gesonderte statische Betrachtung für diesen Einbaufall erforderlich. Entsprechend der statischen Anforderung ist der entstehende Ringraum zu verfüllen. Der locker sitzende Druckschlauch muss lagegesichert sein, so dass keine Kräfte auf Anschlüsse und Anbindungen übertragen werden können.
- Die Art der Verbindung des fertigen Liners ist unter Berücksichtigung des Zustands des Altrohres anzugeben (vgl. Kapitel 4).
- Die Planung muss Angaben zu den geforderten Qualitätsprüfungen auf der Baustelle enthalten. Neben Materialprüfungen sind dies insbesondere die optische Inspektion nach Einbau des Liners und Herstellung der Verbindung sowie die Druckprüfung (vgl. Kapitel 9.1, 9.2). Die Druckprüfung muss insbesondere dann genauer definiert werden, wenn aufgrund wechselnder Materialien bei Bögen und Einbauten nicht eindeutig nach DIN bzw. DVGW-Regelwerk geprüft werden kann. Ggf. ist hier eine abschnittsweise Prüfung vor Setzen der Einbauten notwendig.

8 Sanierungsablauf

8.1 Baustellenablaufplanung

Die wesentlichen Punkte für die Vorbereitung der Renovierungsmaßnahme sind:

- Druckschlauchvorbestellung: Diese erfolgt i.A. auf Basis der Angaben aus der Planung. Wenn vorhanden, kann auf Referenz-Rohrstücke (z.B. eingelagerte Rohrbrüche) zurückgegriffen werden, wenn sichergestellt ist, dass die Referenz den Zustand der gesamten Leitung abbildet.
- Terminierung der Netztrennung und Entleerung des zu sanierenden Teilstücks (vgl. Kapitel 7.5)
- Nach Außerbetriebnahme der Leitung erfolgt eine Überprüfung der aus der Planung gelieferten Daten durch erstes Aufnehmen der zu sanierenden Leitung. Dabei werden alle notwendigen Daten wie z.B. Länge, Geometrie, Richtungsänderungen, Schadensbild und Hindernisse erfasst. Eine endgültige Aufmessung und ggf. Kalibrierung zur Ermittlung von Durchmesser und Länge ist erst nach Reinigung und Vorbereitung der Leitung möglich.
- Ermittlung der zu bestellenden Wanddicke, vgl. Kapitel 7.7.
- Endgültige Druckschlauchbestellung: Altrohrinnendurchmesser und -schwankungen, Rohrlänge des zu renovierenden Altrohrs, statisch erforderliche Wanddicke des Druckschlauchs und Design sind mit ausreichendem zeitlichem Vorlauf vor dem Einbau dem Hersteller aufzugeben, um die Konfektionierung rechtzeitig vornehmen zu können.
- Bestellung weiterer benötigten Materialien (Hilfsmittel, Formteile, Manschetten etc.) anhand der aufgemessenen Werte
- Überprüfung der Anordnung und Größe der vorgesehenen Baugruben
- Einholung der erforderlichen Genehmigungen
- Überprüfung der ausreichenden Baufreiheit
- Eventuelle Vorkehrungen zur Temperierung der Materialien in Abhängigkeit der zu erwartenden Umgebungsbedingungen

8.2 Vorbereitende Arbeiten

8.2.1 Herstellen der Baugruben

Die Baugruben sind nach den Erfordernissen der Renovierungsverfahren herzustellen.

8.2.2 Trennen der Leitung

Der Ausschnitt zwischen den Leitungsenden ist so zu wählen, dass ausreichend Freiraum für die Installation des Liners und die gewählte Art der Anbindung zur Verfügung steht. Die Rohrenden sind so auszubilden, dass eine Beschädigung des Liners bei der Installation ausgeschlossen werden kann.

8.2.3 Reinigung und Entfernung von Hindernissen

Nach der Außerbetriebnahme erfolgt eine optische Bewertung des Leitungszustands zur endgültigen Festlegung eines geeigneten Reinigungsverfahrens. Nach der Durchführung ist das Reinigungsergebnis zu überprüfen (vgl. Kapitel 8.2.4) und die Reinigung ggf. zu wiederholen bzw. weitere Maßnahmen vorzunehmen.

Liegen Hindernisse wie feste Ablagerungen oder Inkrustationen, Vergussmassen etc. vor, so müssen diese durch geeignete Verfahren entfernt werden (vgl. Kapitel 7.2)

8.2.4 Optische Inspektion

Vor Einbau des Liners wird die Leitung optisch untersucht. Diese Inspektion dient der Dokumentation des Reinigungsgrades und dem abschließenden Nachweis der Sanierbarkeit der Leitung.

8.3 Installation des Druckschlauchliners

Die Anforderungen an die Anlagentechnik und Bauausführung sind den Kapiteln 6.2 und 6.3 zu entnehmen. Im Folgenden wird der Ablauf einer Druckschlauchliner-Installation in ihren Grundzügen dargestellt.

8.3.1 Imprägnierung des Liners

Die Dosierung und Mischung der Harzkomponenten sowie die Imprägnierung des Liners mit dem Harzsystem erfolgt entweder im Werk oder vor Ort (vgl. Kapitel 6.2 und 6.3).

8.3.2 Einbauvorgang

Die Schlauchliner können auf verschiedene Arten eingebaut werden:

- Inversion (Einkrempeln/Umsülpen)

- Einziehen
- Kombination von Einziehen und Inversion

Als Inversions- bzw. Aufstellmedium werden wahlweise Wasser oder Luft verwandt. Während des Inversionsvorgangs sollte sich der Liner komplett aufstellen. Ein Zusammenfallen ist zu vermeiden. Verklebende Systeme (Klasse C) müssen bei der Installation komplett an der Altrohrwandung anliegen.

8.3.2.1 Inversion

Beim Inversionsverfahren wird der Liner unter Berücksichtigung der jeweiligen Einbaubedingungen und Einbauvorschriften unter Druck eingekrempelt (vgl. Abbildung 4).

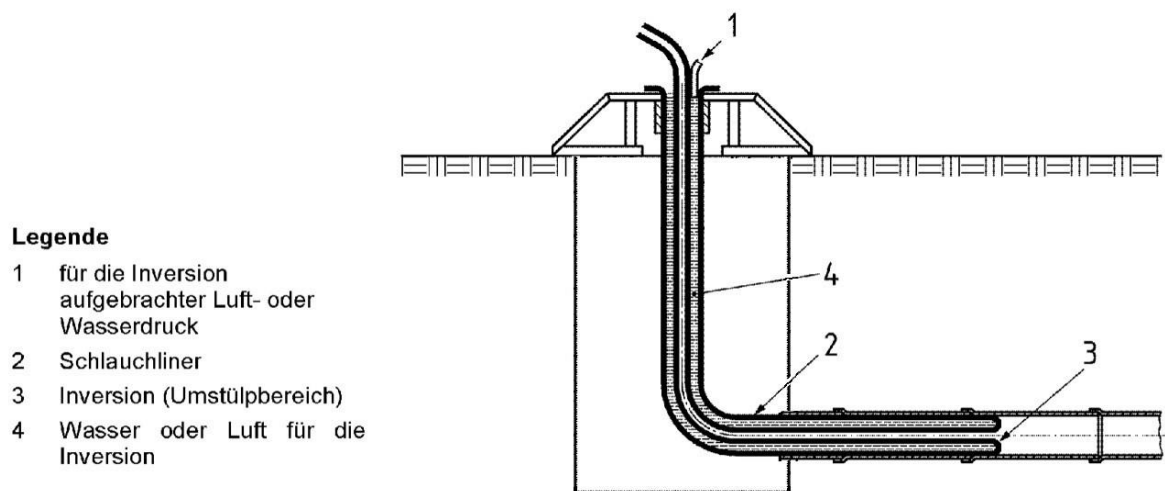


Abbildung 4: Schema Einbau eines Schlauchliners mittels Inversion [in Anlehnung an DIN EN 15885: 2011-03]

8.3.2.2 Einziehen

Beim Einziehverfahren wird der Druckschlauch mittels Seilverbindung und Winde in die Leitung eingezogen und anschließend mit Druckluft aufgestellt (vgl. Abbildung 5).

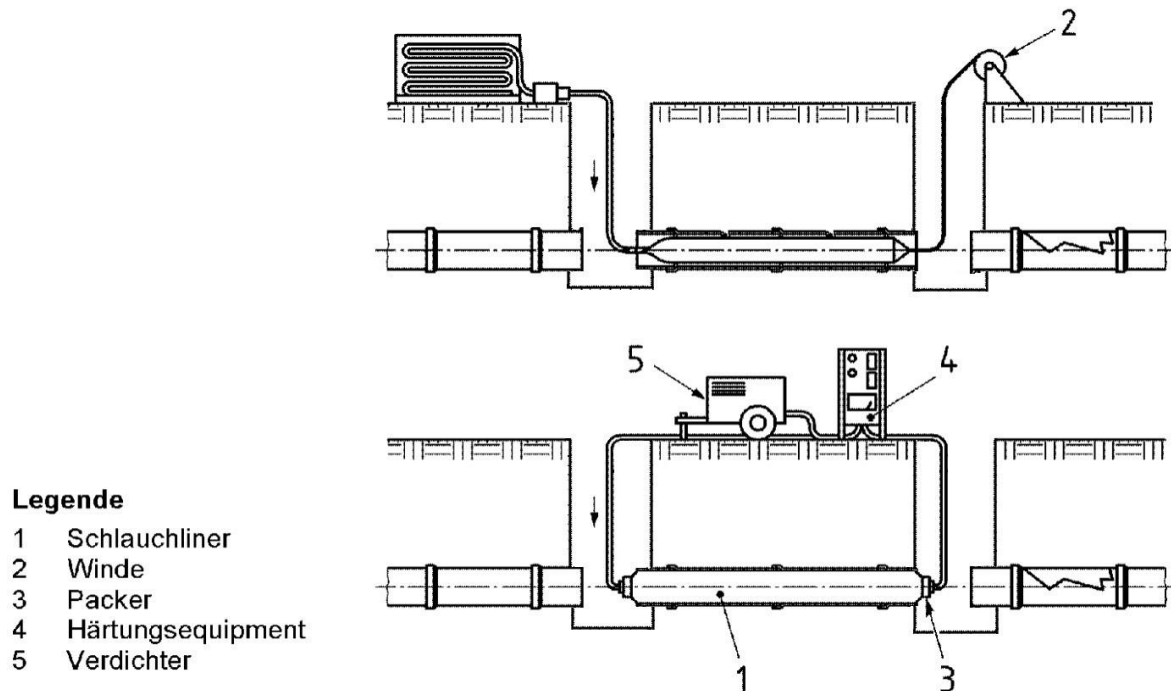


Abbildung 5: Schema Einbau eines Schlauchliners mittels Einziehen und anschließendem Aufstellen mit Druckluft [in Anlehnung an DIN EN 15885: 2011-03]

8.3.2.3 Kombination von Einziehen und Inversion

Beim kombinierten Verfahren wird zunächst ein Druckschlauch in die zu renovierende Leitung eingezogen und im Anschluss ein zweiter Druckschlauch in den eingezogenen inversiert. Die einzelnen Arbeitsschritte erfolgen gemäß den obigen Beschreibungen.

8.3.2.4 Härtung

Die Härtung erfolgt durch

- Warmhärtung oder
- UV-Lichthärtung oder
- Kombinationshärtung (UV-Lichthärtung und Warmhärtung)

Anforderungen zur Härtung vgl. Kapitel 6.2.3.

8.4 Abschließende Arbeiten

Nach Abschluss der Härtung sind die Linerenden abzutrennen und in Abhängigkeit von der Verbindungstechnik gemäß Kapitel 4 auszubilden.

Weitere notwendige Arbeiten sind je nach Projekt auszuführen:

- Anbinden von Anschlüssen gemäß Kapitel 4
- Einsetzen von Passstücken
- Herstellen des äußeren Korrosionsschutzes des Altrohrs und aller weiteren Einbauten
- Herstellen von Widerlagern
- Herstellen der Rohrbettung und Rückbau von Baugruben
- Wiederherstellung der Oberflächen
- Rückbau der Abflusslenkung
- etc.

Die abschließenden Arbeiten sind nach den Vorgaben der Planung bzw. den Gegebenheiten des Projekts sinnvoll in den zeitlichen Ablauf der Qualitätsprüfung und die Inbetriebnahme zu integrieren.

9 Qualitätsprüfung des Endproduktes

9.1 Optische Inspektion, Druckprüfung

Die renovierte Leitung ist optisch zu inspizieren und zu dokumentieren. Die optische Inspektion wird zur Abnahme mit herangezogen.

Für die Druckprüfung von Druckschlauchlinern der Klassen A und B gelten grundsätzlich die Anforderungen gemäß DIN EN 805 und DVGW Arbeitsblatt W 400-2. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das System aus Altrohr-Druckschlauchliner/-Einbauten geprüft wird d.h. dass für die Vorprüfzeiten keine Tabellenwerte der Einzelwerkstoffe genutzt werden können. Genauere Vorgaben werden in der Planung definiert (vgl. Kapitel 7.8).

Bei Gewebesschläuchen der Klasse C erfolgt in der Regel eine Dichtheits- bzw. Druckprüfung der renovierten Leitung gemäß DVGW GW 327, Abschnitt 4.7.4. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch die nicht renovierte Rohrleitung dem Prüfdruck sicher standhalten muss. Es können z.B. folgende Verfahren angewendet werden:

- Dichtheitsprüfung im Anschluss an die Renovierung bzw. während der Härtung mit einer Mindestdauer von 20 Minuten. Der Prüfdruck beträgt hierfür maximal Härtungsdruck.
- Prüfung in Anlehnung an DVGW W 400-2

Die Prüfung kann vor dem Öffnen der Anschlüsse bzw. Abzweige durchgeführt werden, sofern der Druckschlauchliner dadurch nicht überlastet wird.

Für alle Linerklassen ist nach Netzanbindung an den freiliegenden Rohrleitungsteilen eine Sichtprüfung der unter Betriebsdruck stehenden Druckleitung durchzuführen.

Sicht-, Dichtheits- bzw. Druckprüfungen müssen protokolliert werden.

9.2 Materialprüfung

Vom eingebauten Druckschlauchliner ist vor Ort eine Materialprobe zu entnehmen und zur weiteren Untersuchung an ein akkreditiertes Prüflabor zu übergeben.

9.2.1 Druckschlauchliner der Klassen A und B

Es ist eine repräsentative Probe zu entnehmen. Dementsprechend ist der Liner gegen Überdehnung zu schützen.

Bevorzugt ist ein vollständiger Ring zu entnehmen von mind. 400 mm Breite. Ein Probestück muss eine Länge von mindestens 350 mm und eine Breite in Umfangsrichtung von mindestens 20 mal Wanddicke aufweisen.

Die Überprüfung der Materialkennwerte erfolgt gemäß DWA-A 143-3 (Abschnitt 7.2) unter Berücksichtigung des DWA-M 144-3. Es sind mindestens folgende Prüfungen vorzunehmen:

- Nachweis der Materialeigenschaften durch 3-Punkt-Biegeversuch und Scheiteldruckversuch
- Nachweis der Aushärtung über Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK bzw. DSC-Analyse) für EP-Harze oder Restmonomerbestimmung für UP- und VE-Harze
- Nachweis der Wasserdichtheit des Laminats (Dichtheitsprüfung der Materialprobe)

9.2.2 *Druckschlauchliner der Klasse C*

Bei Druckschlauchlinern der Klasse C ist die geforderte Verklebung im Schälversuch gemäß DVGW GW 327 bzw. DIN 30658-1 zu überprüfen. Hierfür ist nach der Härtung ein Probestück zu entnehmen, in der Regel vom Ende eines Auskleidungsabschnitts. Die notwendige Länge des Probestücks sollte mindestens 500 mm betragen.

Ist die Entnahme eines Probestücks direkt aus der renovierten Leitung nicht möglich, so ist vorab ein Stützrohr an die zu sanierende Leitung zu installieren, welches mit saniert wird und später als Probe dient. Das Material und die Oberflächenvorbereitung des Stützrohres müssen der zu sanierenden Leitung entsprechen.

10 Betrieb der renovierten Leitung

Wie im Kapitel 7 „Planung“ und hier insbesondere in 7.4 und 7.7 erläutert, ist der Druckschlauchliner auf die betrieblichen Bedingungen auszulegen. Dies vorausgesetzt, kann die renovierte Leitung normal betrieben werden.

Allerdings ist es für den dauerhaften schadlosen Betrieb wichtig, dass die in der Bemessung getroffenen Annahmen mit den tatsächlich vorhandenen Betriebsbedingungen abgeglichen bzw. letztere so angepasst werden, dass eine Schädigung des Liners verhindert wird. Dies betrifft insbesondere den Pumpenbetrieb. Hier erfolgt in der Planung eine Abschätzung der maximalen Drücke und der Anzahl der Lastspiele. Weichen z.B. aufgrund von Änderungen im Pumpenbetrieb die tatsächlichen Betriebsbedingungen deutlich von den getroffenen Annahmen ab, ist ggf. eine Überprüfung der statischen Bemessung notwendig bzw. eine Anpassung der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer (vgl. Kapitel 0).

Wesentlich für den dauerhaft schadlosen Betrieb der renovierten Leitung ist die richtige Reinigung. Der Druckschlauchliner ist bzgl. Abrieb und Spülbeständigkeit darauf ausgelegt, hohen Angriffen durch Abrieb zu widerstehen (große Fließgeschwindigkeiten über den gesamten Querschnitt), aber geringe Belastung durch Hochdruckspülung, da diese in Druckleitungen eher selten zum Einsatz kommt (vgl. Kapitel 6.4). Eine Reinigung sollte deshalb vorzugsweise mit weichen Molchen erfolgen; der Einsatz von Kratzern und Bürsten ist nicht zulässig. I.A. reicht Molchen zur Reinigung einer renovierten Leitung aus, da der Druckschlauchliner eine sehr geringe Rauigkeit aufweist und wenig Inkrustationen entstehen.

Erfolgt im Einzelfall eine Hochdruckspülung, so ist mit angepasstem Druck zu fahren (so gering wie möglich, um Reinigungsziel zu erreichen) und die Düse ist kontinuierlich durch die Leitung zu ziehen; Standspülungen sind zu vermeiden.

Die Linerendmanschette (LEM) ist sensibel für Hochdruckspülungen. Hier darf keine Standspülung auf der Manschette erfolgen, da die Dichtung für diese Belastung nicht ausgelegt ist. Für den Molch stellt eine LEM kein Hindernis dar, die Leitung kann uneingeschränkt mittels Molchen gereinigt werden. Dabei sollte der Molch auf die LEM abgestimmt sein, damit dieser nicht durch die Schlösser der LEM beschädigt wird.

Um alle genannten Betriebshinweise in der Praxis umsetzen zu können, ist eine gute Dokumentation des Bestands und entsprechende Kennzeichnung im Kataster wesentlich. Das Personal muss im Umgang mit der Reinigung von Druckschlauchlinern eingewiesen sein.

Im Kataster sollten für den Betrieb mind. folgende Punkte ersichtlich sein:

- Kennzeichnung des Druckschlauchliners, Lage im Leitungsverlauf
- Art der Verbindung des Druckschlauchliners mit dem Bestand
- sofern vorhanden genaue Lage der LEM
- ggf. betriebliche Hinweise zur Reinigung (max. Druck, nur Molchen o.ä.)

Die Dokumentation sollte neben den Bestandsplänen auch Unterlagen enthalten, aus denen hervorgeht, für welche betrieblichen Drücke und Pumpenspiele der Liner bemessen ist (Hinterlegung der Linerstatik).

11 Hinweise zu Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer

Für Druckschlauchliner im Abwasserbereich liegen Erfahrungen von mind. 10 Jahre bei Glasfaserlinern, 15 Jahre bei glasfaserverstärkten Nadelfilzlinern und über 20 Jahre bei Gewebeschläuchen vor. Die zur Anwendung kommenden Materialien und deren chemische und mechanische Eigenschaften sind bekannt und seit Jahrzehnten in der Abwassertechnik im Einsatz.

Unter der Voraussetzung, dass die formulierten Anforderungen an Material, Technik, Bauausführung und Qualitätsüberwachung eingehalten werden, ist davon auszugehen, dass die Druckschlauchliner selbst eine hohe technische Nutzungsdauer erwarten lassen, ähnlich den in DWA-A 143-3 Kapitel 9 formulierten.

Allerdings unterliegen Druckschlauchliner besonderen Betriebsbedingungen, die bei der Auslegung der Systeme zu beachten sind (z.B. Anzahl der Schaltspiele), ebenso wie der Zustand bzw. Dauerstandfestigkeit des Altrohres (insbesondere Klasse B und C).

Aufgrund der Komplexität des Systems Druckschlauchliner/Altrohr/Boden und den besonderen betrieblichen Bedingungen sollten Renovierungen von Druckleitungen im Einzelfall betrachtet und bewertet werden und ihre Nutzungsdauer unterhalb der in DWA A 143-3 genannten 50 Jahre festgelegt werden.

Bei einem Druckschlauchliner handelt es sich um ein abschreibungsfähiges Wirtschaftsgut, da es sich um eine Renovierung und nicht Reparatur handelt. Basis für die jeweilige Abschreibungsdauer können die oben genannten Aspekte zur erwarteten technischen Nutzungsdauer sein. Möglich ist auch, die Abschreibungsdauer mit anderen Anlagen zu koppeln, z.B. der Restabschreibung des zugehörigen Pumpwerks.

Die Regelungen zur Abschreibung von Renovierungen können betreiberabhängig sehr unterschiedlich sein.

12 Gesetze, Normen und Regelwerke

12.1 Normen

DIN 1259	Glas
DIN 16946	Reaktionsharzformstoffe; Gießharzformstoffe
DIN 18200	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung
DIN 18326	VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Renovierungsarbeiten an Entwässerungskanälen
DIN 18820	Lamine aus textilglasverstärkten ungesättigten Polyester- und Phenacrylatharzen für tragende Bauteile (GF-UP, GF-PHA)
DIN 19523	Anforderungen und Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckstrahlbeständigkeit und -spülfestigkeit von Rohrleitungsteilen für Abwasserleitungen und -kanäle.
DIN 30658	Mittel zum nachträglichen Abdichten von erdverlegten Gasleitungen Teil 1: Folienschläuche und Gewebeschläuche zum nachträglichen Abdichten von Gasleitungen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen
DIN 50100	Schwingfestigkeitsversuch – Durchführung und Auswertung von zyklischen Versuchen mit konstanter Lastamplitude für metallische Werkstoffproben und Bauteile
DIN CEN/TR 15729	Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Grundlage ungesättigten Polyesterharzes (UP) – Bericht über die Bestimmung des mittleren Abriebs nach einer festgelegten Anzahl von Durchläufen
DIN EN 805	Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
DIN EN 1092	Flansche und ihre Verbindungen – Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehöerteile, nach PN bezeichnet

Teil 1: Stahlflansche

- | | |
|------------------|--|
| DIN EN 10204 | Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen |
| DIN EN 13121 | Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter |
| DIN EN 14020 | Verstärkungsfasern – Spezifikation für Textilglasrovings
Teile 1-3: Bezeichnung; Prüfverfahren und allgemeine Anforderungen;
Besondere Anforderungen |
| DIN EN 15885 | Klassifizierung und Eigenschaften von Techniken für die Renovierung und
Reparatur von Abwasserkanälen und -leitungen |
| DIN EN ISO 2078 | Textilglas – Garne – Bezeichnung |
| DIN EN ISO 11295 | Klassifizierung und Informationen zur Planung und Anwendung von
Kunststoff-Rohrleitungssystemen für die Renovierung und Erneuerung |
| DIN EN ISO 11296 | Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten
drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) |

Teil 1: Allgemeines

Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining

- | | |
|------------------|---|
| DIN EN ISO 11297 | Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten
Abwasserdruckleitungen |
|------------------|---|

Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining

- | | |
|-----------|--|
| ISO 15306 | Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duro-
plastischen Kunststoffen – Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen-
über zyklischem Innendruck |
|-----------|--|

12.2 DVGW-Regelwerk

- | | |
|-------------|--|
| DVGW GW 327 | Auskleidung von Gas- und Wasserrohrleitungen mit einzuklebenden Ge-
webeschläuchen (Arbeitsblatt) |
| DVGW W 330 | Einzuklebende Gewebeschläuche für Wasserrohrleitungen (Prüfgrund-
lage) |
| DVGW W 400 | Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (Arbeitsblatt) |

Teil 2: Bau und Prüfung

12.3 DWA-Regelwerk

ATV-DVWK-A 127 Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen

DWA-A 143 Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden

Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und
-kanälen mit Lining- und Montageverfahren

Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner

DWA-M 144 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung
von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden

Teil 3: Renovierung mit Schlauchliningverfahren (vor Ort härtendes
Schlauchlining) für Abwasserkanäle

DWA-M 149 Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außer-
halb von Gebäuden

Teil 5: Optische Inspektion

12.4 RSV-Regelwerk

RSV M 1.1 Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem
Schlauchlining

13 Sicherheitsvorschriften

Die bestehenden gesetzlichen Vorschriften im Hinblick auf Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Abfallverwertung bzw. -entsorgung sind einzuhalten. Im Folgenden werden wesentliche Sicherheitsvorschriften aufgeführt, diese Aufzählung ist nicht abschließend zu verstehen.

13.1 Unfallverhütungsvorschriften

BGV A 1 Grundsätze der Prävention

13.2 Berufsgenossenschaftliche Regeln

DGUV 103-003 Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
DGUV 112-190 Benutzung von Atemschutzgeräten
DGUV 112-198 Einsatz von persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz

13.3 Berufsgenossenschaftliche Information

DGUV 201-052 Rohrleitungsbauarbeiten
DGUV 203-004 Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung

13.4 Gesetze, Verordnungen, Vorschriften zum Umweltschutz

BBodSchG Gesetz zum Schutz von schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz)

KrWG Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz)

GefStoffV Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung)

GGBefG Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz)

TA-Abfall Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz

WHG Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)

14 Abkürzungsverzeichnis

ATV-DVWK	Abwassertechnische Vereinigung e.V. – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (2004 umbenannt in DWA)
CEN/TR	Comité Européen de Normalisation/Technical Report (Europäisches Komitee für Normung/Technische Regel)
d _a	Außendurchmesser
DEA	Dielektrische Analyse
d _i	Innendurchmesser
DIN	Deutsches Institut für Normung (Bezeichnung für eine deutsche Norm) DIN EN: Bezeichnung für eine europäische Norm DIN EN ISO: Bezeichnung für eine als europäische Norm übernommene ISO-Norm
DN	Nenndurchmesser
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V.
e	Wanddicke
E-CR	Electric Corrosion Resistant (korrosionsbeständiges E-Glas)
EP	Epoxid
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
LEM	Linerendmanschette
OF	Olefin
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PN	Nenndruck
TPU	Thermoplastisches Polyurethan
UP	Ungesättigtes Polyester
UV	Ultraviolettstrahlung
VE	Vinylester
VOB/C	Verdingungsordnung Bau, Teil C

15 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technikfamilien in Anlehnung an DIN EN ISO 11295.....	6
Abbildung 2: Typische Wandkonstruktion eines Druckschlauchs [in Anlehnung an ISO 11296-4: 2018-09]	12
Abbildung 3: Beispiel zur Herstellung von Anschlüssen am Druckschlauchliner	19
Abbildung 4: Schema Einbau eines Schlauchliners mittels Inversion [in Anlehnung an DIN EN 15885: 2011-03]	40
Abbildung 5: Schema Einbau eines Schlauchliners mittels Einziehen und anschließendem Aufstellen mit Druckluft [in Anlehnung an DIN EN 15885: 2011-03]	41

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern [DIN EN ISO 11295:2018-06] ..	10
Tabelle 2: Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern und Zusammenhang zwischen den Technikfamilien innerhalb des Anwendungsbereichs der DIN EN ISO 11295:2018-06 ..	11
Tabelle 3: Technikübersicht der Druckschlauchlining, Einsatzbereiche und -grenzen.....	13
Tabelle 4: Verbindung über das Altrrohr	15
Tabelle 5: Verbindung über ein Fitting	16
Tabelle 6: Verbindung über den Druckschlauchliner.....	17
Tabelle 7: Werkstoffe für Bestandteile des Druckschlauchs.....	20
Tabelle 8: Vorzugsweise eingesetzte Harztypen für Druckschlauchliner der Klassen A und B [Auszug aus DWA A 143-3, Mai 2014].....	21
Tabelle 9: Einwirkungen auf den Druckschlauchliner in Abhängigkeit von Druckschlauchlinerklasse und Lastfall als Grundlage für die statische Berechnung.....	35

17 Bearbeitung

Der RSV-Arbeitsgruppe 1.2 „Renovierung von Abwasserdruckleitungen mit Druckschlauchlinern“ gehören folgende Mitglieder an:

Obfrauen:

Ewert, Delia	Hamburg
Dr. Leddig-Bahls, Susanne	Rustow

Mitarbeiter/-innen:

Barbosa, Firmino	Rohrbach
Böhne, Wendelin	Landau
Frisch, Thomas	Berlin
Dr. Füchtjohann, Nils	Saerbeck
Haacker, Andreas	Oststeinbek
Hüttemann, Andreas	Köln
Jensen, Stefan	Bordesholm
Körner, Caroline	Köln
Messer, Karsten	Bremen
Quernheim, Lars	Berlin
Schikora, Stefan	Langenhagen
Sieweke, Wilfried	Velten
Wahr, Jens	Herne

Gäste:

Dr. Alexander, Jürgen	Ammerbuch
Buchner, Wolfgang	Hamburg
Kappauf, Albert	Röthenbach
Will, Daniel	Ammerbuch

Bei Fragen können Sie sich gern an uns wenden!

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.

RSV e. V. – Geschäftsstelle

☎ 040 21074167

@ info@rsv-ev.de