

BGT-Merkblatt S 1.3

Renovierung von Trinkwasserleitungen mit Druckschlauchlinern

(August 2021)



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 Anwendung von flexiblen Schlauchverfahren zur Sanierung von Rohrleitungen hat sich in den vergangenen 45 Jahren erfolgreich auf dem Rohrleitungssanierungsmarkt etabliert. Mit dem Einsatz vor Ort härtender Systeme können schadhafte Rohrleitungen auch unter erschwerten Zugänglichkeiten und mit komplexen Rohrverläufen grabenlos bzw. grabenarm saniert werden.

Die normative Basis für die Anwendung von Druckschlauchlinern ist vorhanden. Die DIN EN ISO 11295 klassifiziert Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung und Erneuerung und liefert erste Informationen zu Planung und Einbau. In der DIN EN ISO 11298-4 werden Anforderungen und Prüfverfahren an „Vor Ort härtende Schlauchlinersysteme“ für die Renovierung von Wasserversorgungsnetzen festgelegt. Der Einsatz von „Schlauchlinern mit rückseitiger Verklebung“ in Wasserleitungen ist im DVGW-Arbeitsblatt W 330 sowie im Arbeitsblatt GW 327 geregelt.

Betreiber von Wasserversorgungsnetzen, Ingenieurbüros, Hersteller und Einbauunternehmen stehen bei der Sanierung von Trinkwasserleitungen häufig vor Fragestellungen, die in den vorhandenen Regelwerken derzeit nicht hinlänglich beantwortet sind. Diese Lücken soll das vorliegende Merkblatt 1.3 „Renovierung von Trinkwasserleitungen mit Druckschlauchlinern“ schließen. Es dient als umfangreicher Leitfaden, der nicht nur die vorhandene normative Basis legt, sondern die Anforderungen an Materialien, Techniken und Verfahren insbesondere hinsichtlich der Trinkwasserqualität definiert. Darüber hinaus werden die Grundlagen der Planung, Ausschreibung und Umsetzung beschrieben.

Das Merkblatt zeigt Lösungen für die Verbindung des Druckschlauchliners an das Trinkwassernetz sowie zur Herstellung von Anschlüssen auf. Unter Berücksichtigung typischer Betriebsbedingungen in einem Druckrohrsystem werden dafür die Anforderungen an die Qualitätssicherung festgelegt.

Wir freuen uns, wenn Sie uns über Ihre Erfahrungen berichten, die mit der Anwendung dieses Merkblattes verbunden sind.

Hamburg,
August 2021

RSV - Rohrleitungssanierungsverband

1	Geltungsbereich.....	7
2	Begriffe.....	8
3	Druckschlauchlining.....	10
3.1	Klassifizierung	10
3.2	Technikübersicht und Materialien, Einsatzbereiche und -grenzen	12
4	Verbindungstechniken.....	13
4.1	Verbindung über das Altrohr	14
4.2	Verbindung über ein Fitting.....	15
4.3	Verbindung über den Druckschlauchliner.....	16
5	Anschlussstechniken.....	17
5.1	Herstellung von Anschlüssen durch Anschlussarmaturen	17
5.2	Herstellung von Anschlüssen mittels Passstück.....	19
6	Anforderungen an das Druckschlauchlining.....	20
6.1	Anforderungen an die Materialien.....	20
6.2	Anforderungen an die Anlagentechnik	21
6.2.1	Dosier-, Misch- und Imprägniertechnik	21
6.2.2	Härtungstechnik	22
6.3	Anforderungen an die Bauausführung	24
6.4	Anforderungen an das Druckschlauchlinersystem (Eignungsprüfungen)	25
6.5	Qualifikation der Unternehmen.....	26
7	Trinkwasserhygienische Anforderungen	26
7.1	Prüfung gemäß UBA-Bewertungsgrundlagen.....	27
7.2	Konformitätsbestätigung	28
7.3	Hygiene bei Sanierungsablauf und Umgang	28
7.4	Nachweis der Härtung	29
7.4.1	Temperaturmessung im Außenlaminat als in situ Härtungskontrolle	29
7.4.2	Impedanzspektroskopie als in situ Härtungskontrolle	29
7.4.3	Härtungsnachweis an Materialproben	30
7.5	Reinigung, Desinfektion, Hygieneprüfung nach dem Einbau	30
8	Planung	31
8.1	Zustandserfassung	31
8.2	Vorbereitung des Altrohres, Reinigung	32
8.3	Angaben zur vorhandenen Druckleitung	33
8.4	Ermittlung betrieblicher Randbedingungen	34
8.5	Aufrechterhaltung des Betriebes (Notversorgung).....	34
8.6	Vorgesehener Sanierungsablauf	34
8.7	Anforderungen an die statische Berechnung	35
8.8	Ausschreibung	36

9	Sanierungsablauf	38
9.1	Baustellenablaufplanung	38
9.2	Vorbereitende Arbeiten	38
9.2.1	Herstellen der Baugruben	38
9.2.2	Trennen der Leitung	39
9.2.3	Reinigung und Entfernung von Hindernissen	39
9.2.4	Optische Inspektion	39
9.3	Installation des Druckschlauchliners	39
9.3.1	Imprägnierung des Liners	39
9.3.2	Einbauvorgang	39
9.3.2.1	Inversion	39
9.3.2.2	Einziehen	40
9.3.2.3	Kombination von Einziehen und Inversion	40
9.3.2.4	Härtung	41
9.4	Abschließende Arbeiten	41
10	Qualitätsprüfung des Endproduktes	42
10.1	Optische Inspektion, Druckprüfung	42
10.2	Materialprüfung	43
10.2.1	Druckschlauchliner der Klassen A und B	43
10.2.2	Druckschlauchliner der Klasse C	43
10.3	Hygieneprüfung und -freigabe	44
11	Betrieb der renovierten Leitung	44
11.1	Reinigung der sanierten Leitung	45
11.2	Einsatz von Roboter- und Kamerasystemen	45
11.3	Reparaturarbeiten	46
12	Hinweise zu Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer	46
13	Anlagen	48
13.1	Differential Scanning Calorimetry (DSC)	48
13.2	Dynamisch-mechanische Analyse (DMA)	48
13.3	Elektrische Impedanzspektroskopie (EIS)	48
13.4	Dreipunkt-Biegeversuch	49
13.5	Scheiteldruckversuch	49
13.6	24h-Kriechneigung	49
13.7	Restmonomergehalt	49
13.8	Spektralanalyse	50
13.9	Glas- und Füllstoffgehalt	50
13.10	Dichtheitsprüfung der Materialprobe	50
13.11	Dokumentation der Ergebnisse der Materialprüfung	50
13.12	Übersichtsplan zur Hygiene beim Sanierungsablauf	51
13.13	Zusätzliche Hinweise zur Durchführung der Wasserhöchstdruckreinigung	52

14	Gesetze, Normen und Regelwerke	54
14.1	Normen	54
14.2	DVGW-Regelwerk	55
14.3	DWA-Regelwerk	55
14.4	RSV-Regelwerk	56
14.5	GSTT-Regelwerk	56
15	Sicherheitsvorschriften	56
15.1	Unfallverhütungsvorschriften	56
15.2	Berufsgenossenschaftliche Regeln	56
15.3	Berufsgenossenschaftliche Information	57
15.4	Gesetze, Verordnungen, Vorschriften zum Umweltschutz	57
16	Abkürzungsverzeichnis	58
17	Abbildungsverzeichnis	59
18	Tabellenverzeichnis	59
19	Autoren	61

Legende für besondere Kennzeichnungen

In diesem Merkblatt weisen wir an verschiedenen Stellen auf besondere Inhalte hin. Diese sind grafisch mit Symbolen gekennzeichnet.

Symbol	Bedeutung
	Infos im Internet Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.rsv-ev.de oder auf einer entsprechenden Internetseite. Im PDF wird das Symbol mit dem Link hinterlegt.
	Übergreifende Inhalte Diese Informationen sind nicht speziell auf dieses Merkblatt bezogen, sondern gelten auch für andere Themenbereiche der Sanierung.
	Regulierungsbedarf Die hier veröffentlichten Inhalte weisen auf Regulierungslücken hin, die in der künftigen Regelwerksgebung behoben werden sollten.
	Kommentar Es handelt sich hierbei um die Kommentierung von bestehenden Regelwerken. Diese können abweichende Aussagen davon beinhalten.
	Exklusive Infos Hierbei finden Sie exklusive Inhalte und Informationen, die als Zusatz zu bestehenden Regelwerken zu sehen sind.
	Empfehlung Hier handelt es sich um eine Empfehlung des RSV, die eine besondere Beachtung von Anwendern verdient.
	Zitat An dieser Stelle zitieren wir andere Merkblätter oder verweisen auf sie. Bei weiteren Fragen wird eine Hinzuziehung empfohlen.

1 Geltungsbereich

Das vorliegende Merkblatt gilt für die Renovierung von überwiegend erdverlegten Trinkwasserleitungen 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.

Trinkwasserleitungen dienen dem Transport und der Verteilung von Trinkwasser von den Versorgungsstellen mit einem Pumpwerk oder Hochbehälter durch die Druckleitungen zu den Abnahmestellen. Das vorliegende Merkblatt behandelt auch zu renovierende Teilabschnitte einer solchen Trinkwasserleitung und kann zudem bei Roh- und Brauchwasserleitungen im Wasserversorgungsbereich angewendet werden.

Das Merkblatt orientiert sich an DIN EN ISO 11295 sowie an DIN EN ISO 11298-4. In **Bild 1** sind die in diesem Merkblatt enthaltenen Technikfamilien „Vor Ort härtendes Schlauchlining“ sowie „Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung“ (Gewebeschlauch) gemäß DIN EN ISO 11295 unter dem Begriff Renovierung aufgeführt.

Dieses Merkblatt gilt für Druckschlauchliner der Klassen A, B und C nach DIN EN ISO 11295 und umfasst das Gesamtsystem bestehend aus dem 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 außerdem nicht für die Unterdruckentwässerung.

In Trinkwassersystemen liegen Altrohrmaterialien aus Stahl, Guss, Kunststoff, Faserzement, GFK, Steinzeug, Beton – mit und ohne Innenbeschichtung – vor und können systemabhängig mittels Druckschlauchlinern saniert werden.

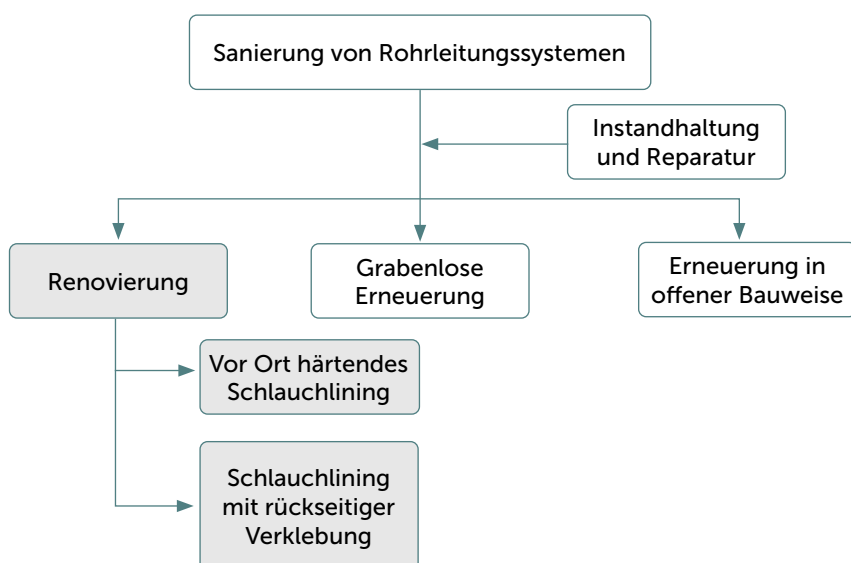


Bild 1: Technikfamilien in Anlehnung an DIN EN ISO 11295

2 Begriffe

Druckleitung	(im Sinne dieses Merkblatts) Leitung zum Transport von Trinkwasser, Roh- oder Brauchwasser unter Druck
Druckleitungsliner	Oberbegriff für Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Druckleitungen, 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 und sich für den Einsatz zur Sanierung von Druckleitungen eignet (in DIN EN ISO 11298-4 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 (in DIN EN ISO 11298-4 als CIPP-Produkt bezeichnet)
Druckschlauchlinersystem	Druckschlauchliner einschließlich aller Anschlüsse, die zur Renovierung erforderlich sind
Druckschlauchlining	Verfahren zur Herstellung eines Druckschlauchliners
Enthalpie	Energie, die ein System bei konstantem Druck als Wärme an die Umgebung abgibt oder entzieht
Fitting	Rohrverbindungsstück aus einem oder mehreren Teilen
Folie	Definitionen in Anlehnung an DIN EN ISO 11298-4 • Permanente Folie: Innen- und/ oder Außenfolie, die dafür aus-gelegt 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. • Provisorische Folie: Innen- und/ oder Außenfläche, die nur Funktionen während des Einbaus übernimmt und während oder nach der Installation entfernt wird.
Glasübergang	Temperaturbereich, in dem ein Material die größte Änderung der Verformungsfähigkeit aufweist, z. B. von einem verformbaren in einen harten Zustand
Handlaminat	Ein manuell hergestelltes Bauteil aus faserverstärktem Kunststoff.
Härtung	Der Prozess der Harzpolymerisation, der durch Wärme oder Licht ausgelöst oder durch Wärme beschleunigt wird.
Harzsystem	Harz einschließlich des Härters und aller Füllstoffe oder anderer Additive in festgelegten Anteilen

Imprägnierung	Einbringung des Harzsystems in das Träger- und/oder Verstärkungsmaterial
Komposit	Kombination aus gehärtetem Harzsystem, Trägermaterial und/oder Verstärkung, ausschließlich Innen- und/oder Außenfolien (vgl. Laminat)
Laminat	Gehärteter Verbundwerkstoff aus Träger- und/oder Verstärkungsmaterial und Reaktionsharz; entspricht im Wandaufbau des Druckschlauchliners dem Komposit gemäß DIN EN ISO 11298-4
Nutzungsdauer	Zeitraum, in dem eine mittels Druckschlauchliner renovierte Druckleitung betrieblich genutzt werden kann.
Polymerisation	Synthesereaktionen, bei denen Monomere (kleine Grundmoleküle) in Polymere (große Makromoleküle) umgewandelt werden; Reaktionsart zur Bildung von Kunststoffen
Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung	Lining mit einem verstärkten Schlauch, bei dem eine Klebverbindung mit dem Altrohr ein Zusammenfallen verhindert. Auch als Auskleidung mit einzuklebenden Gewebesschläuchen 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.
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 11298-1/-4: • Nenn-Wanddicke (e_n): Wanddicke des Schlauchliners im nicht gehärteten Zustand, die dem Herstellungsmaß entspricht. • Design-Wanddicke: erforderliche Wanddicke des Komposits, die 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 • Verbunddicke (e_m): Die Verbunddicke ergibt sich aus der Gesamtwanddicke durch Subtraktion der Dicken der Innenfolie, Außenfolie, Reinharzschichten und Verstärkungen als Einbauhilfe. (Verbunddicke wird gemäß DIN EN ISO 11298-4 nicht verwendet und entspricht der Begrifflichkeit der Design-Wanddicke)

3 Druckschlauchlining

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

Tabelle 1: Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern analog 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 > höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	–	–	–
Eigene Ringsteifigkeit a)	+	+	– b)	– b)
Langzeitüberbrückung von Löchern und Verbindungsspalten bei höchstem zulässigen Bauteilbetriebsdruck (PFA)	+	+ c)	+ 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 i. A. auch die Oberflächenrauigkeit, wodurch die Durchflusskapazität verbessert wird.				



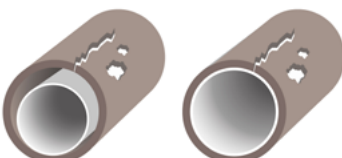
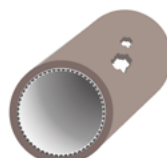
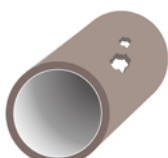
3.1 Klassifizierung

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. Diese muss gleich oder größer sein als der höchste zulässige Betriebsdruck der sanierten Rohrleitung. Der Druckschlauchliner muss alle von außen auf den Schlauchliner einwirkenden Lasten aufnehmen können.

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 belastbar		semi-statisch belastbar		nicht 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 und/oder Unterdruckbelastungen 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 der Klasse A locker sitzend anzuwenden. Hierbei sind besondere technische Anforderungen zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 8.8).

Eine Übersicht der in Abhängigkeit von der Klassifizierung anzusetzenden statischen Einwirkungen ist Kapitel 8.7 zu entnehmen.

3.2 Technikübersicht und Materialien, Einsatzbereiche und -grenzen

Druckschläuche für die Trinkwasseranwendung umfassen folgende Bestandteile:

- Harzsystem
- Träger- und/oder Verstärkungsmaterial
- Innenfolie (permanent)
- Außenfolie* (permanent, semi-permanent oder provisorisch)

* nicht bei Druckschlauchlining mit rückseitiger Verklebung

Bei Trinkwasserdrucklinern sind die Innenfolien stets permanente Folien. Provisorische Folien, die nach dem Einbau entfernt werden, sind technisch möglich, aber zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Merkblattes nicht üblich.



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

Die auf dem Markt vorhandenen Systeme lassen sich hinsichtlich ihrer verwendeten Linermaterialien, Einsatzbereiche und -grenzen aktuell wie in **Tabelle 3** dargestellt unterscheiden.

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

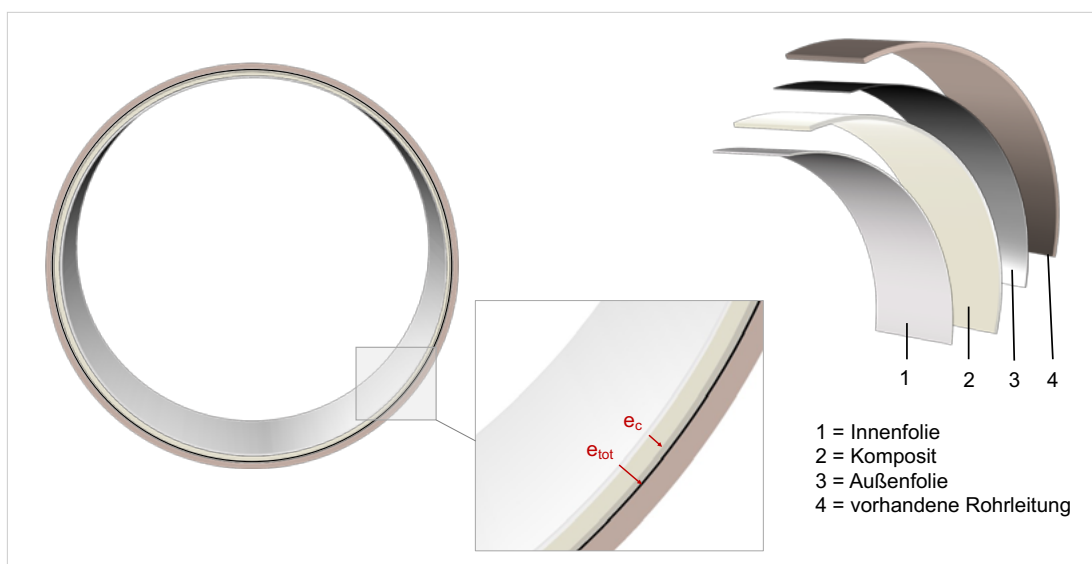


Bild 2: Typische Wandkonstruktion eines Druckschlauchs

Tabelle 3: Technikübersicht der Druckschlauchliner, Einsatzbereiche und -grenzen

	Gewebeschlauch- liner	Nadelfilzliner	Gewebeschlauch mit Verstärkung	Glasfaserverstärkter Nadelfilzliner	Glasfaserliner
Klassifizierung DIN EN ISO 11295 (designabhängig)	C	A, B	A, B, C	A, B, C	A, B
DN-Bereich [mm]*	DN 80 - DN1200	DN 100-DN 1600	DN 100-DN 1200	DN 100-DN 1600	DN 150-DN 1500
Kompositdicke [mm]*	2 bis 5	4 bis 30	3 bis 25	5 bis 15	4 bis 15
Harztyp**	EP, PU	EP, UP	EP	EP, UP	UP, VE
Einbauverfahren	Inversion	Inversion, Kombination Einzug/Inversion			Einzug
Härtungsverfahren	Warmhärtung (Wasser/Dampf) Umgebungstem- peratur	Warmhärtung (Wasser/Dampf)			UV-Kombina- tionshärtung
Bogengängigkeit (radienabhängig)*	≤ 45° (größere Bögen bei Radien > 6D mit Einschränkung möglich)				≤ 10°
* Bei den genannten Werten handelt es sich um typische Anwendungsbereiche, einzelne Kennwerte für die unterschiedlichen Druck- schlauchliner sind den Herstellerangaben zu entnehmen. ** EP - Epoxid, UP - ungesättigtes Polyester, VE - Vinylester, PU - Polyurethan					

4 Verbindungstechniken

Der Druckschlauchliner bzw. das mittels Druckschlauchliner sanierte Altrohr ist dem Netzbetreiber anschlussfähig zu übergeben.

Eine abgeschlossene Sanierung beinhaltet somit nicht nur den Druckschlauchliner selbst, sondern stets auch entsprechende Verbindungsmöglichkeiten an das Druckleitungsnetz.



DIN EN 11298-4: 2020 (E) unterscheidet zwischen

- Verbindungen mittels Flanschadapter oder Kupplung direkt auf den Druckliner – unabhängig vom Altrohr
- Verbindungen mittels Abdichtung gegen das Altrohr (nur bei interaktiven Linern) sowie mittels Abdichtung gegen ein neues Passstück. Das neue Passstück wird entweder mit dem Altrohr verbunden oder unabhängig vom Altrohr verankert.



Die Norm fordert für Klasse A eine vom Altrohr unabhängige Anbringung der Kupplung oder des Flanschadapters. Bei erforderlichem Längskraftschluss ist zu prüfen, wie dieser gewährleistet werden kann und ob ggf. das vorhandene Altrohr als Widerlager dienen kann.

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

- Verbindung über das Altrohr (Klasse B, C)
- Verbindung über ein Fitting (Klasse A, B)
- Verbindung über den Druckschlauchliner (Klasse A)



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 Verbindter (Fitting) sind – je nach Altrohrmaterial – Vorschweißflansche oder Kupplungen möglich, die auf dem Altrohr anzubringen sind (**Bild 3**). Vorschweißflansche sind im Vorfeld der Linerinstallation anzubringen.

Die LEM dient der Abdichtung und Verbindung von Sanierungssystemen mit dem Altrohr. Eine Ausnahme sind verklebende Systeme (Klasse C). Hier ist der Einsatz einer Liner-Endmanschette nicht zwingend erforderlich. Die Dichtheit wird über die Verklebung der Systeme selbst hergestellt. Die LEM dient bei verklebten Gewebesschläuchen lediglich als Anströmsicherung. Die LEM darf nicht dazu dienen, die Dichtheit des Systems herzustellen, da diese durch eine sichere Verklebung zu gewährleisten ist. Die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung ist abhängig von der Längskraftschlüssigkeit des Altrohres. Die LEM ist ausschließlich ein dichtendes Element.

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

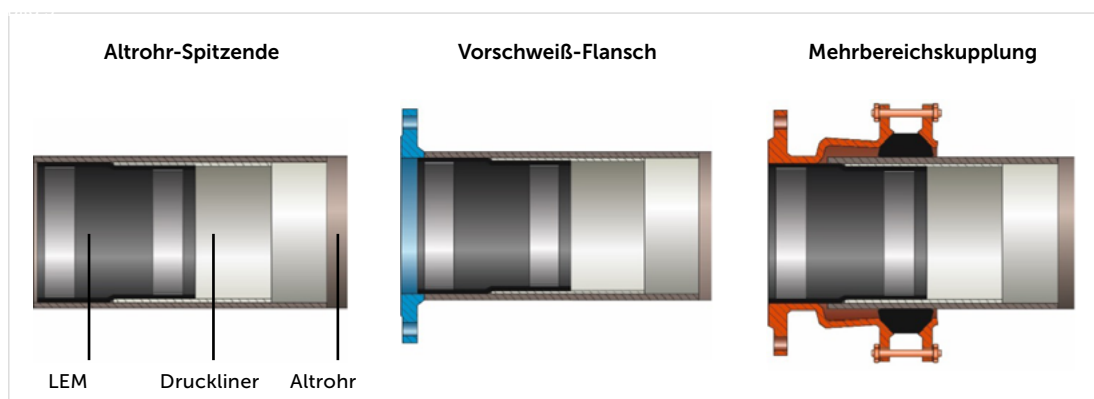


Bild 3: Verbindung über das Altrohr (Linerklasse B, C)

Anforderungen:

Hier verwendete mechanische Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen trinkwasserzugelassen und für den Einsatzbereich in ihrer Kombination geprüft sein. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszulegen.

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 der Innenumfänge im abzudichtenden Bereich im Altrohr sowie im Liner 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 mit hoher Kriechneigung (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 Kriechen verhindern.

4.2 Verbindung über ein Fitting

Bei dieser Art der Verbindung wird vor dem Schlaucheinbau vor das bestehende Altrohr ein Neurohrfitting gleichen Innendurchmessers ($d_{i\text{Altrohr}} = d_{i\text{Fitting}}$) 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 (LEM) gegen die Fitting-Innenfläche abgedichtet (**Bild 4**). Die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung ist abhängig von der Längskraftschlüssigkeit des Altrohres. Die LEM ist ausschließlich ein dichtendes Element.

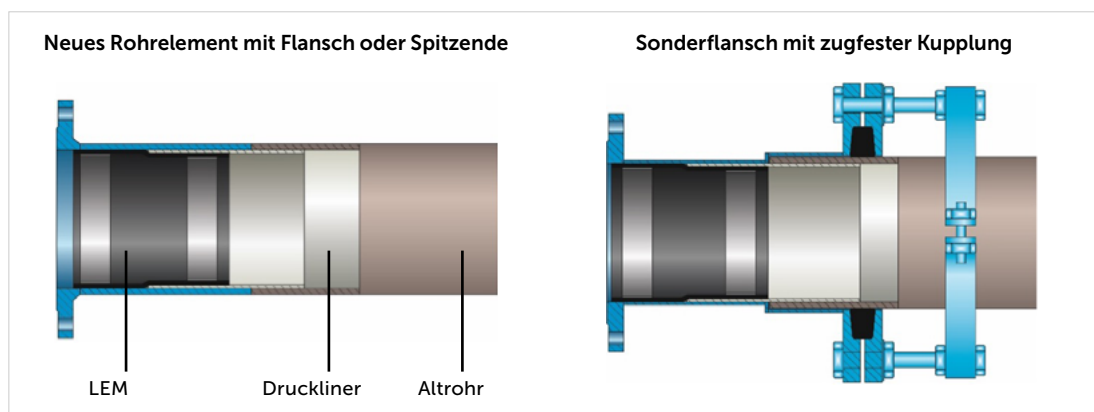


Bild 4: Verbindung über ein Fitting (Linerklasse A, B)

Anforderungen:

Hier verwendete mechanischen Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen trinkwasserzugelassen und für den Einsatzbereich in ihrer Kombination geprüft sein. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszulegen.

Es ist darauf zu achten, dass die Dichtflächen (Fitting- und Liner-Innenfläche) keine Unebenheiten aufweisen, die eine Abdichtung verhindern. Die genaue Dimensionierung der LEM ist entscheidend für eine Abdichtung. Ein sorgfältiges Messen der Innumfänge im abzudichtenden Bereich im Fitting sowie im Liner ist unabdingbar. Beschädigungen des Fittings beim Zurückschneiden des Liners sind zu vermeiden bzw. beschädigte Oberflächen nachzubehandeln. Ebenfalls ist beim Rückschnitt eine Beschädigung des Liners selbst zu verhindern.

Der Hinweis zur LEM unter Kapitel 4.1 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 (*Bild 5*).

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 Fittings, die nachträglich angebracht werden, 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.

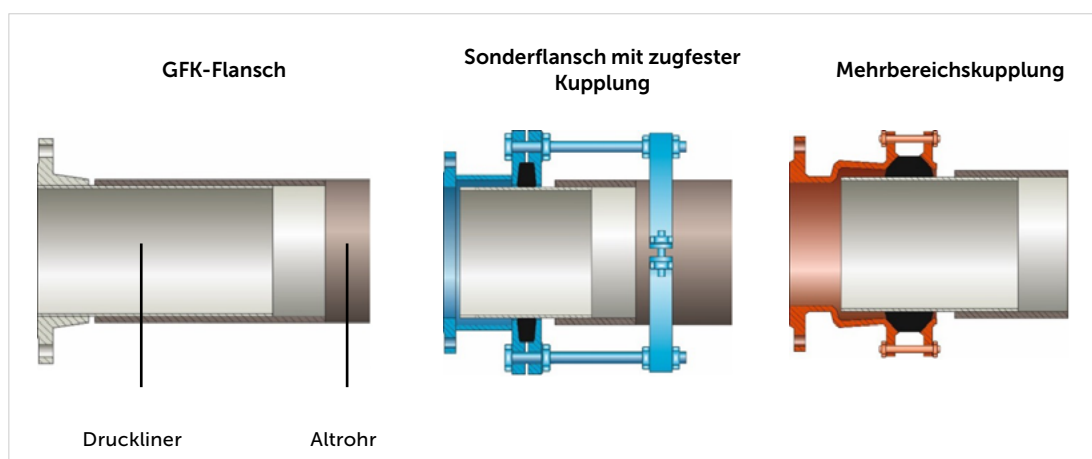


Bild 5: Verbindung über den Druckschlauchliner (Linerklasse A)

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 ein geeignetes Widerlager (z. B. das Altrohr) herzustellen.



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

Anforderungen:

Die hier verwendeten mechanischen Kupplungen, Flansche und Manschetten müssen trinkwasserzugelassen und für den Einsatzbereich in ihrer Kombination geprüft sein. Sie sind auf die entsprechende Druckstufe des Druckschlauchliners bzw. Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszulegen.

Es ist darauf zu achten, dass die Dichtfläche (Liner-Außenfläche) keine Unebenheiten aufweist, die eine Abdichtung verhindern. Ovalitäten bei der Herstellung der Liner-Spitzenden sind durch eine geeignete Schalung zu verhindern.

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

5 Anschlussstechniken

Übliche Anschlüsse an Trinkwasserleitungen sind Armaturen (z. B. Ventile, Schieber, Hydranten) oder weitere Druckleitungen (z. B. Hausanschlüsse). Ein wesentlicher Aspekt der Sanierung ist es, diese Anschlüsse zuverlässig wiederherzustellen und neue Anschlüsse zu ermöglichen. Der Stand der Anschlussstechniken an Leitungen, die mittels Schlauchlining saniert werden, ist im Folgenden dargestellt.

5.1 Herstellung von Anschlüssen durch Anschlussarmaturen

Seitenanschlüsse (Hausanschlüsse) sowie Be- und Entlüftungsventile können systemabhängig über Anschlussarmaturen wiederhergestellt werden. Diese müssen für linersanierte Rohrleitungen entwickelt und mit dem Druckschlauchlinersystem geprüft sein. Sie dichten mit Hilfe eines Innensattels direkt auf den im Rohr installierten Liner bzw. auf dessen Innenfolie ab und werden mit einem Außensattel am Altrohr oder an einer Konterschaltung fixiert. Bei Drucklinern der Klasse A kann der Außensattel auch direkt am Liner befestigt werden (**Bild 6, links**).

Der Innensattel wird nach Einbau des Liners von innen in das sanierte Rohr eingebracht, durch eine hergestellte Bohrung geführt und von außen über einen Außensattel fixiert (**Bild 6 unten**). Der Innensattel ist so anzufertigen, dass er an die Krümmung des Liners



angepasst ist. Der Außensattel kann universal durch die Verwendung von verschiedenen Ausgleichsgummis angewendet werden. Bei auftretenden Scherkräften ist die Anschlussarmatur über eine Rohrschelle zu sichern.

Hinweis: Es werden derzeit Anschlussarmaturen entwickelt, bei denen der Innensattel von außen durch die Bohrung geführt werden kann. Ebenso wird an einer Anbindung gearbeitet, die bei in Betrieb befindlichen linersanierten Leitungen angewendet werden kann. Sie wird auf Basis marktüblicher trinkwasserzugelassener Anbohrarmaturen entwickelt.

Hinweis: Bei verklebten Gewebeschläuchen (Klasse C) können Abzweige ohne Zusatzmaßnahmen mit klassischen Rohrleitungsbauwerkzeugen neu erstellt oder wiederhergestellt werden. Bestehende und betriebssichere Abgänge können grabenlos von innen z. B. mit einem Fräsroboter geöffnet werden. Neue Abgänge werden von außen mit einem Anbohrwerkzeug (mit Bohrkronen) erstellt, der Anschluss wird mit klassischen Anschlussarmaturen oder Formteilen ausgeführt. Die Dichtheit wird über die Verklebung des Liners mit dem Altrrohr gewährleistet. Es können Abzweige ab DN 12 geöffnet werden (kein maximaler DN). In der Regel sind Abzweige mindestens eine Dimension kleiner als der Leitungsdurchmesser der sanierten Druckrohrleitung.



Bild 6: Anschlussarmatur mit innenliegender Dichtung bestehend aus Innen- und Außensattel - am sanierten Rohr (links) oder direkt am Liner (rechts)

5.2 Herstellung von Anschlüssen mittels Passstück

Die Anschlüsse 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 Gewebesschläuchen ist kein Schutz gegen Überdehnung notwendig. Nach erfolgreichem Einbau des Druckschlauchliners ist dieser im Bereich des entfernten Anschlusses zu trennen und in den beiden Rohrenden gemäß Kapitel 4 anzubinden. Der Anschluss wird neu zwischen den Fittings installiert. In **Bild 7** sind zwei Verbindungsmöglichkeiten dargestellt.

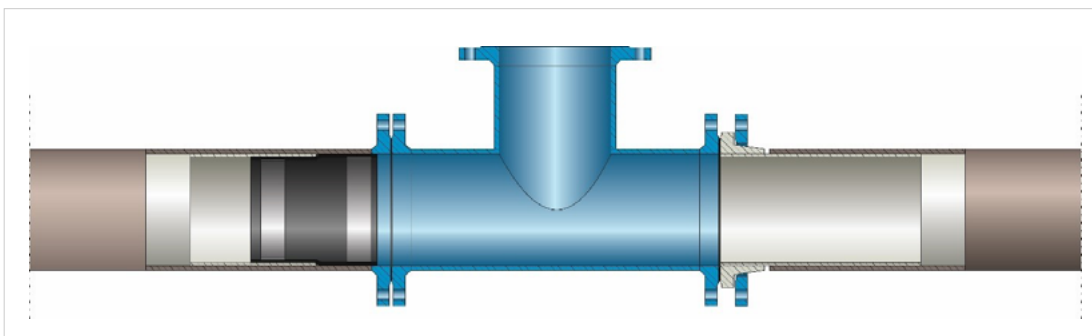


Bild 7: Beispiel zur Herstellung von Anschlüssen am Druckschlauchliner (links – Verbindung über das Altrohr mit Vorschweißflansch und LEM, rechts – Verbindung über den Druckschlauchliner mit GFK Flansch)

6 Anforderungen an das Druckschlauchlining

Sämtliche Komponenten, Werkstoffe und Prozesse des Druckschlauchlinings müssen qualitätsgeprüft und aufeinander abgestimmt sein. Die Reproduzierbarkeit der Prozessschritte ist zu gewährleisten. Im Rahmen umfangreicher Eignungsprüfungen weist das Verfahren die Anwendbarkeit zur Renovierung von Druckleitungen nach und die Einsatzbereiche werden definiert (vgl. Kapitel 6.4).

Das definierte und eignungsgeprüfte Druckschlauchlining muss über einen Nachweis der trinkwasserhygienischen Eignung gemäß „Bewertungsgrundlage für Kunststoffe und andere organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser“ (KTW-BWGL) verfügen (vgl. Kapitel 7.1, 7.2).

Kommentar: Für die Konformitätsbestätigung durch eine Zertifizierungsstelle gemäß KTW-BWGL gilt eine Übergangsregelung des Umweltbundesamtes (UBA) bis 21.03.2023, die ein Heranziehen der Prüfberichte gemäß KTW-Beschichtungsleitlinie und DVGW W 270 erlaubt.



6.1 Anforderungen an die Materialien

Die Bestandteile des Druckschlauchlinings sind in Kapitel 3.2 aufgezeigt. **Tabelle 4** stellt die Linerbestandteile und Anforderungen zusammenfassend dar.

Es werden hier bewusst nicht die Materialangaben aus der DIN EN ISO 11298-4 verwendet, da nicht alle dort angegebenen Materialkombinationen die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Druckschlauchlinern hinlänglich erfüllen.



Tabelle 4: Werkstoffe für Bestandteile des Druckschlauchs

Druckschlauch-Bestandteil	Werkstoffe*
Harztyp	EP, UP, VE, PU
Füllstofftyp	ohne, chemisch inert anorganisch oder organisch
Härtungsverfahren	Warmhärtung, UV-Lichthärtung, Kombination UV-/Warmhärtung, Härtung bei Umgebungstemperatur (bei Linern der Klasse C)
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 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, PP, PE
*Andere Werkstoffe können prinzipiell in Übereinstimmung mit diesem Merkblatt geprüft werden.	

Bei Linern der Klassen A und B werden vorzugsweise Harztypen gemäß **Tabelle 5** eingesetzt.

Tabelle 5: Vorzugsweise eingesetzte Harztypen für Trinkwasserschlauchliner der Klassen A und B

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)
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)
* 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 Gewebeschlaches, ist in der Technischen Prüfgrundlage DVGW W 330 geregelt. Diese ist Grundlage der Zertifizierung von einzuklebenden Gewebeschlächchen zur Auskleidung von Wasserrohrleitungen. Hier werden Anforderungen an den Schälwiderstand bzw. die Haftfestigkeit der Beschichtung auf dem Gewebe sowie die Unterdruckbeständigkeit definiert.



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

Der Linerhersteller muss dokumentieren, dass gemäß Spezifikation geeignete Materialien zur Linerproduktion 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 den 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 vollständige 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 Gerätetechnik richtet sich nach dem Einbauverfahren des Druckschlauchlinersystems und den Herstellervorgaben. Es 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 Druck-

schläuchen 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 vom Hersteller vorgegebenen Einziehkräfte 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

Folgende Härtungsverfahren sind möglich: Warmhärtung, UV-Lichthärtung, Kombination UV-/Warmhärtung, Härtung bei Umgebungstemperatur.

Eine Härtungskontrolle im Außenlaminat (zwischen Liner und Altrohr) ist im Trinkwasseranwendungsbereich essentiell.

Die Anforderungen an die Härtungstechnik bei Warmhärtung sind:

- ausreichende Heizleistung
- ausreichende Umwälzleistung bzw. Dampfdurchsatz
- 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, vom Schlauchlinerhersteller freigegebene Lichtquelle, Leuchtmittel und -leistung (Details siehe unten), inkl. Protokollierung unter Angabe des Herstellers
- elektronische Protokollierung* der Durchzugsgeschwindigkeit der UV-Lichtquelle und der Leuchtmittelfunktion
- elektronische Protokollierung* des Innendruckes
- Temperaturkontrolle und -aufzeichnung* an der Druckschlauchoberfläche,

- bei Kombinationshärtung und system- / projektabhängig bei UV-Lichthärtung elektronische Kontrolle* der Temperatur im Außenlaminat (zwischen Schlauch und Altrohr, mindestens in der Sohle) mindestens am Start- und Zielpunkt, wenn möglich auch an Zwischenpunkten
- Elektronische Kontrolle* der Härtung im Außenlaminat mindestens am Start- und Zielpunkt, wenn möglich auch an Zwischenpunkten, mit der Impedanzspektroskopie (EIS, vgl. Kapitel 13.3)
- die Leuchtmittel dürfen keine sichtbaren Beschädigungen aufweisen, müssen frei von flächigen Verschmutzungen oder Verspiegelungen (Glaskörper dunkel) sein.

* Protokollierung als Datensatz, nicht nur als Grafik bzw. Diagramm

Für die eingesetzte Lichtquelle (Lichtkern oder -kette) 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 regelmäßig durchzuführen (erstmalig spätestens nach 200 Betriebsstunden, Wiederholungsprüfung spätestens nach 150 Betriebsstunden). Bei Lichtintensitäten unterhalb von 75 % im Vergleich zur Referenz ist das Leuchtmittel auszutauschen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Intensität der Leuchtmittel von der Lichtquelle abhängt sowie von der Leistung des Stromerzeugers. Die Prüfung ist zu dokumentieren.

Hinweise zum Härtungsnachweis befinden sich in Kapitel 7.4.



6.3 Anforderungen an die Bauausführung

Für jede durchgeführte Baumaßnahme mit Druckschlauchlinern 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 betragen mindestens fünf Jahre.



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

- Wanddicke des gelieferten Liners (Hinweis: Die gelieferte Wanddicke des imprä-

gnierten Schlauchliners führt im eingebauten und gehärteten Produkt zur resultierenden Kompositdicke e_c bzw. Verbunddicke e_m . Bei UV-Härtung muss die Angabe der gelieferten Wanddicke mit den Vorgaben der Geschwindigkeitstabellen korrelieren.)

- Druckschlauchidentifikations- oder -produktionsnummer
- Herstellungsdatum
- Transport- und Lagerbedingungen (Zeitraum und Temperaturbereich der Lagerung)
- Kunde
- Baustelle und Einbauort / Sanierungsabschnitt
- DN
- Länge
- Gewicht
- Härtingsverfahren
- ggf. Bedingungen für die Handhabung wie z. B.: nicht stapeln, nicht direkter Sonnenstrahlung oder Frost aussetzen

Dem Druckschlauch sind (mindestens bei Warm- oder Kombinationshärtung) Thermorekorder beizulegen, um die Einhaltung der Liefer- und Lagertemperaturen zu kontrollieren. Bei der Schlauchlieferung in eisgekühlten Transportbehältnissen kann auf die Thermorekorder verzichtet werden. Der Liner muss auch zwischen den Lagen mit Eis versehen werden, um eine zuverlässige Kühlung zu gewährleisten. Bei Vor-Ort-Imprägnierung ist in Abhängigkeit von den System- und Umgebungsbedingungen eine Kühlung des Druckschlauchs z. B. mittels Wasser- oder Wasser-Eis-Bad erforderlich. Die aktuellen Lagerbedingungen (Temperatur) des Druckschlauchs sind mindestens bei Start des Einbaus zu dokumentieren.

Bei UV- oder Kombinationshärtung muss der Druckschlauchhersteller die maximal mögliche Durchzugsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Lichtquelle und Druckschlauch angeben. Dies erfolgt projektabhängig je Lieferung oder standardmäßig über für die Trinkwasseranwendung geprüfte Tabellenwerte. Bei Warmhärtung sind die erforderlichen Heizvorgaben in Abhängigkeit von der Laminattemperatur (außen) anzugeben.



Bei Eingang auf der Baustelle ist der Druckschlauch mindestens 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:

- Videoaufzeichnungen der optischen Inspektion durch Druckleitungsbefahrung oder -begehung vor und nach der Renovierungsmaßnahme
- sofern erforderlich Kalibrierprotokoll (vgl. Kapitel 8.8)
- Einbau- und Härtingsprotokolle, 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
- Härtung bei Umgebungstemperatur (Kalthärtung ohne Energiezufuhr bei Linern der Klasse C): Shore D-Härtemessung an geeigneter Position des eingebauten Druckschlauchs bei örtlichen Härtungsbedingungen
- 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 Temperaturspitzen.

Seitens des ausführenden Unternehmens ist sicherzustellen, dass die Einbaurichtlinien des gewählten und geprüften Druckschlauchliningverfahrens 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 11298-4 geprüft sein. Tabelle 2 und Tabelle 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.

Die Spülstrahlbeständigkeit des Druckschlauchliners ist gemäß DIN 19523 Kapitel 4.3 Verfahren 2 „Praxisprüfung“ nachzuweisen.

Im Rahmen der Eignungsprüfung werden die Vorgaben zur Härtung definiert (vgl. Kapitel 7.4.3). Es werden Glasübergangstemperaturen und ggf. Enthalpien bestimmt. Dies hat sich bei EP-Harzsystemen in der Praxis bewährt. Bei Harzsystemen mit reaktiven Lösemitteln (z.B. Styrol, Acrylat bei UP- und VE-Harzen) werden Gehalte an Restmonomeren ermittelt.

Die Bogengängigkeit der Druckschlauchliner ist sehr unterschiedlich und in erster Linie vom Träger-/Verstärkungsmaterial, den vorhandenen Folien und Härtungsverfahren abhängig. Die Möglichkeit der Durchquerung von Bögen ist seitens des Systemherstellers nachzuweisen. Die Entscheidung zur Sanierbarkeit ist stets projektabhängig, da Anordnung und Ausprägung von Bögen sehr unterschiedlich sein können.

Die Anforderungen sind die Sicherstellung einer geringen Faltenbildung, die den Betrieb der Druckleitung nicht gefährdet (molchfähiger Querschnitt, Hindernisfreiheit) sowie ein möglichst vollflächiges 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 eine radiale „Abstützung“ nachträglich sicher gestellt wird. Hierzu ist eine Einzelfallbetrachtung mit dem jeweils betrauten sachkundigen Statiker erforderlich.

Zur Bewertung des Gesamtsystems gegenüber dynamischem Drucklastwechsel (Druckstöße, z. B. durch Schaltvorgänge, siehe hierzu Kapitel 8.4) steht ein Systemnachweis über einen Druckrohr-Lastwechsel-Test (DLT) in Anlehnung an die ISO 15306 und DIN 50100 zur Verfügung. Hier werden Druckschlauchliner der Klassen A und B gezielt mit 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. Für die Druckschlauchliner sind stets auch die anzuwendenden Anbindungen (vgl. Kapitel 4) und Anschlüsse (vgl. Kapitel 5) im System mit dem Liner zu prüfen. Dies kann über einen Systemtest mittels Druckrohr-Lastwechsel-Test (DLT) erfolgen.



6.5 Qualifikation der Unternehmen

Dienstleister für den Bau, die Sanierung, Inspektion oder Reinigung von Trinkwasserleitungen müssen die erforderliche Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sowie eine Güteüberwachung – bestehend aus Fremd- und Eigenüberwachung – nachweisen. Es sind DVGW-zertifizierte Fachunternehmen für den grabenlosen Rohrleitungsbau nach **DVGW-Arbeitsblatt GW 302** für die Arbeiten zugelassen (R5 für vor Ort härtendes Schlauchlining (n.v.), R1 für Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung).



Die mit der Durchführung der Sanierungsmaßnahme beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen in Anlehnung an DVGW GW 301 bestehen. Schulungsmaßnahmen und Unterweisungen für das angewandte Schlauchliningverfahren einschließlich zu beachtender Hygienemaßnahmen sind durchzuführen und zu dokumentieren.

Für Unternehmen, die Inspektions-, Wartungs- und andere Vorarbeiten erfüllen, gelten die Anforderungen der DVGW W 491.

7 Trinkwasserhygienische Anforderungen

Die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) definiert Anforderungen an Anlagen für die Gewinnung, Aufbereitung oder Verteilung von Trinkwasser. Hiernach dürfen Werkstoffe und Materialien in Kontakt mit Trinkwasser nicht den Schutz der menschlichen Gesundheit mindern, den Geruch oder den Geschmack des Wassers nachteilig verändern oder Stoffe ins Trinkwasser abgeben, als dies bei Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik unvermeidbar ist.



Zusätzliche Anforderungen und Prüfungen können durch den Netzbetreiber definiert werden.

Die Trinkwasserhygienische Bewertung wird für den Druckschlauchliner und für seine Anbindungs- und Anschlusstechniken getrennt voneinander durchgeführt.

7.1 Prüfung gemäß UBA-Bewertungsgrundlagen

Die Forderungen der TrinkwV werden seitens Umweltbundesamt (UBA) in material-spezifischen Bewertungsgrundlagen konkretisiert. Die Anforderungen an organische Materialien sind in der „Bewertungsgrundlage für Kunststoffe und andere organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser (KTW-BWGL)“ geregelt. Zurzeit gilt die KTW-BWGL für Kunststoffe, organische Beschichtungen und Schmierstoffe. Weitere Materialien wie z.B. Elastomere, Silikone u.a. für die derzeit Leitlinien und Übergangsempfehlungen existieren, sollen zukünftig ebenfalls in die KTW-BWGL überführt werden (Stand 06.2020).

Maßgeblich für die Bewertung ist die wasserberührte Schicht, daher werden Druckschlauchliner in der Regel nach der KTW-BWGL beurteilt. Die Druckschlauchliner sind gemäß der KTW-BWGL als mehrschichtige Systeme anzusehen, da sie aus mehreren fest miteinander verbundenen Schichten aufgebaut sind. Die einzelnen Schichten sind materialspezifisch entsprechend der Anlagen der Bewertungsgrundlage zu beurteilen und die Migrationsbeschränkungen aller Schichten sind zu bewerten.

Die trinkwasserhygienische Bewertung von Druckschlauchlinern wird als Eignungsprüfung für den Trinkwasserschlauchliner von einer Zertifizierungsstelle durchgeführt, die für Materialien in Kontakt mit Trinkwasser akkreditiert ist. Hier erfolgt eine Überprüfung der Rezeptur, bei der folgende Informationen notwendig sind:

- Beschreibung des genauen Aufbaus des Produktes/Bauteil
- Benennung des Materialtyps / der Materialtypen
- Aufführung aller Ausgangsstoffe für die Herstellung des Produktes (Monomere, Additive, Hilfsstoffe und sonstige Ausgangsstoffe) mit der Zusammenstellung der chemischen Bezeichnungen, der Handelsnamen, der CAS-Nr., der technologischen Funktionen, der Einsatzmengen, der Lieferanten und der Sicherheitsdatenblättern.

Mit der Rezepturüberprüfung ist festzustellen, ob die Anforderungen an die Zusammensetzung erfüllt sind. Für die Rezepturüberprüfung von mehrschichtig aufgebauten Produkten erfolgt die Rezepturprüfung für jede Schicht einzeln.

Nach positiver Rezepturbewertung erfolgt die praktische Migrationsprüfung im Labor am tatsächlichen Produkt (Druckschlauchliner). Der Prüfkörper sollte eine im Vergleich zu den tatsächlichen Produkten hohe Stoffabgabe aufweisen. Dies ist ein Rohr im kleinen Durchmesserbereich (größtes Oberflächen-Wasservolumen-Verhältnis) und die mindestens in der Sanierungspraxis zu erreichende Härtung. Die Proben für die

Migrationsprüfung werden im Allgemeinen auf einer Musterbaustelle entnommen – unter Anwendung des für den Druckschlauchliner definierten Herstellungsprozesses.

Im Rahmen dieser Musterbaustelle empfiehlt der RSV zusätzlich Probekörper zur Bestimmung der Härtung im Laminat zu entnehmen und in einem akkreditierten Labor zum Abgleich der Restmonomergehalte bzw. der Glasübergangstemperaturen zu prüfen (vgl. Kapitel 6.4).



7.2 Konformitätsbestätigung

Die Bewertungsgrundlagen beinhalten keine Festlegungen zur Art und Weise, wie die Konformität eines geprüften Produktes mit den Anforderungen bestätigt werden kann. Zur Ergänzung der Bewertungsgrundlagen hat das Umweltbundesamt eine Empfehlung zur Konformitätsbestätigung der trinkwasserhygienischen Eignung von Produkten erstellt. Die Bewertung und Überprüfung der Einhaltung der trinkwasserhygienischen Anforderungen an die Produkte im Kontakt mit Trinkwasser werden in Analogie zur Verordnung (EU) Nr. 305/2011 nach dem System 1+ durchgeführt. Dies beinhaltet, dass die Konformität durch eine Zertifizierungsstelle bestätigt wird. Die Aufgaben der Zertifizierungsstelle sind dabei:

- Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle
- Typprüfung des Produktes
- laufende Überwachung, Bewertung und Evaluierung der werkseigenen Produktionskontrolle
- Stichprobenprüfung (audit-testing).

Die laufende Überwachung, Bewertung und Evaluierung der werkseigenen Produktionskontrolle erfolgt im Rahmen der jährlichen Fremdüberwachung, die die Zertifizierungsstelle bzw. eine beauftragte Überwachungsstelle beim Hersteller durchführt. Die Fremdüberwachung umfasst eine jährliche Begleitung des Herstellungsprozesses vor Ort und die Entnahme von Probekörpern auf Baustellen bzw. Musterbaustellen. Die Proben werden einer Migrationsprüfung unterzogen und bewertet.

Kommentar: Für die Konformitätsbestätigung durch eine Zertifizierungsstelle gemäß KTW-BWGL gilt eine Übergangsregelung des UBA bis 21.03.2023, die ein Heranziehen der Prüfberichte gemäß KTW-Beschichtungsleitlinie und DVGW W 270 erlaubt.



7.3 Hygiene bei Sanierungsablauf und Umgang

Alle nach der Sanierung oder vor einer zwischenzeitlichen Wiederinbetriebnahme mit den Trinkwasseranlagen in Kontakt kommenden Werkzeuge, die eingesetzte Technik und die Arbeitskleidung dürfen ausschließlich in Trinkwasseranlagen eingesetzt werden.

Es sind die Forderungen der DVGW-Arbeitsblätter W 400-2 und W 291 bzw. der DIN EN 805 zu beachten.

Im Anhang 13.12 ist ein Übersichtsplan zum erforderlichen Hygienegrad in Abhängigkeit von den durchzuführenden Tätigkeiten am Versorgungsnetz enthalten.



Hinweis: Bei der Zustandserfassung mittels Kamerabefahrung ist darauf zu achten, dass der Eintrag von Keimen in die Leitung verhindert wird. Das verwendete Kamerasystem muss vorab gründlich gereinigt und desinfiziert werden. Beim Umsetzen des Kamerasystems von einer Leitung in eine andere Leitung ist darauf zu achten, dass durch PSA (v.a. Schutzhandschuhe) eine Verkeimung des Fahrwagens vermieden wird.

Sämtliche Formstücke und Armaturen sind vor Verschmutzung zu schützen.

7.4 Nachweis der Härtung

Hinsichtlich möglicher Migrationen in das Trinkwasser ist die Härtungskontrolle der Druckschlauchliner essentiell. Diese erfolgt anhand von Probestücken aus dem Linerlaminat im Labor über die erreichten Glasübergangstemperaturen mittels DSC- oder DMA-Analyse, die Bestimmung der Enthalpien mittels DSC-Analyse und abhängig vom Harzsystem über die Bestimmung von Restmonomeren (vgl. Kapitel 10.2, 13.1, 13.2, 13.7). Die Härtungskontrolle während der Sanierung erfolgt über Kontrollmessungen im Außenlaminat zwischen Liner und Altrohr (am weitesten von der Energiequelle entfernt). Es sind Temperaturmessungen (insbesondere bei warmhärtenden Harzsystemen) und die elektrische Impedanzspektroskopie (insbesondere bei UV- und kombinationshärtenden Systemen) über Sensoren an der Lineraußenseite durchführbar. Bei Systemen, die unter Umgebungstemperatur härten, erfolgt die Härtungskontrolle über die Zeit in Abhängigkeit von der Temperatur.

7.4.1 Temperaturmessung im Außenlaminat als in situ Härtungskontrolle

Die Kontrolle der Temperaturentwicklung im Liner während des Härtungsprozesses ist ein zuverlässiger Indikator für die erfolgreiche Vernetzung warmhärtender Harzsysteme, da Zeit und Höhe der Temperaturbeaufschlagung Rückschlüsse auf den Härtungsgrad erlauben. Hierbei werden Thermoelemente direkt zwischen Liner und Altrohr positioniert. Messkabel, die eine Temperaturkontrolle über die gesamte zu sanierende Rohrstrecke erlauben, sind ebenfalls verfügbar. Die Einwegsensoren verbleiben nach der Messung im Sanierungsprodukt.

7.4.2 Impedanzspektroskopie als in situ Härtungskontrolle

Die elektrische Impedanzspektroskopie bzw. dielektrische Analyse (vgl. Kapitel 13.3) erlaubt Rückschlüsse auf das Härtungsverhalten des Harzsystems über die Messung der Ionenviskosität. Dazu wird vor der Härtung ein flacher Einweg-Sensor auf der Außenseite des Druckliners appliziert, der direkten Kontakt zum Harz hat. Dieser ermittelt während der Härtung kontinuierlich die Ionenviskosität sowie die Temperatur der Außenseite. Die Einwegsensoren verbleiben nach der Messung im Sanierungsprodukt.



7.4.3 Härtungsnachweis an Materialproben

Im Rahmen der Eignungsprüfung werden Vorgaben zur Härtung definiert (vgl. Kapitel 6.4). Bei EP-Harzen werden die Glasübergangstemperaturen bestimmt. Die Glasübergangstemperatur steht in direkter Korrelation zum Härtungsgrad des Matrixsystems. Bei UP- und VE-Harzen wird der Restmonomergehalt bestimmt. Systemabhängig können ebenfalls Glasübergangstemperaturen und ggf. Enthalpien definiert werden. Anhand von Materialproben aus der sanierten Leitung wird die erreichte Härtung festgestellt und mit den in der Eignungsprüfung ermittelten Werten verglichen (vgl. Kapitel 10.2.). Damit erfolgt ein direkter Härtungsnachweis des Liners.

7.5 Reinigung, Desinfektion, Hygieneprüfung nach dem Einbau

Die Reinigung und Desinfektion der sanierten Trinkwasserleitung wird analog zu einer neu verlegten Trinkwasserleitung ausgeschrieben. Hierfür werden vor allem das DVGW-Arbeitsblatt W 291 (Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen) und die DIN EN 805 angewendet.

Die **TrinkwV** enthält in Abschnitt 3 „Aufbereitung und Desinfektion“, § 11 eine Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren. Das DVGW-Arbeitsblatt W 291 macht Vorgaben zu notwendigen Kontrolluntersuchungen wie die Entnahme von Wasserproben (nach Spülung), mikrobiologische Untersuchungen, Kontrolle des pH-Wertes und Trübungsmessungen. Die Vorgabewerte für die Untersuchungen von Prüfwässern ergeben sich aus der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) insbesondere Abschnitt 2.

Vor Inbetriebnahme der sanierten Leitung muss die Rohrleitung desinfiziert und gespült werden. Es ist ein Nachweis der mikrobiologischen Unbedenklichkeit zu erbringen. Die in der TrinkwV, der DIN EN 805 bzw. DVGW W 291 aufgeführten Desinfektionsmittel und -verfahren sind anzuwenden.

In Vorbereitung zur Desinfektion wird die Leitung mit Trinkwasser gespült, wobei ausreichende Fließgeschwindigkeiten von mindestens 2 m/s bis 3 m/s einzuhalten sind. Je nach Rohrquerschnitt ist das Drei- bis Fünffache des Rohrinhalts als Spülwasservolumen vorzusehen.

Die Verfahren zur Reinigung und Desinfektion sowie die dazugehörigen Desinfektionsmittel sollten in der Ausschreibung, angepasst an die örtlichen Randbedingungen, festgelegt werden. Hierbei sind Maßgaben des Betreibers und z.B. die Möglichkeiten zur Entsorgung des Spülwassers usw. zu beachten. Es ist während der Desinfektion sicherzustellen, dass kein Desinfektionsmittelzusatz in das Trinkwassernetz gelangt. Nach DVGW W 400-3 wird die Desinfektion gemeinsam mit der Innendruckprüfung empfohlen.

Im Anschluss an die Desinfektion erfolgt eine erneute Spülung mit mindestens einfachem Leitungsinhalt, bis das verbliebende Desinfektionsmittel in der Leitung hinreichend ausgespült ist. Nach 24 Stunden erfolgt die (erste) bakteriologische Probenentnahme (vgl. Abschnitt 10.3).



8 Planung



8.1 Zustandserfassung

Bei Druckleitungen werden i.A. keine regelmäßigen Bestandsaufnahmen in Form von Kamerabefahrungen 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), Druckverlust o.ä. durchgeführt.

Es empfiehlt sich als Grundlage für die Zustandserfassung zur Sanierungsplanung Altrohrstücke z.B. aus Rohrbrüchen heranzuziehen. Diese dienen u.a. zur Bewertung der Oberflächenbeschaffenheit, eventuell vorhandener Ablagerungen und Innenbeschichtungen, des Rohrinneindurchmessers und der Wanddicke. Das Schadenskataster des Netzbetreibers sollte diese Informationen mit beinhalten.



Im Rahmen der Planung einer Druckleitungsrenovierung werden eine Reinigung inkl. Entfernung von Inkrustationen sowie eine optische Inspektion durchgeführt. Hierfür kann es bereits notwendig sein, eine Notversorgung einzurichten, vgl. Kapitel 8.5. Der Bedarf ist über den Netzbetrieb des Wasserversorgers zu prüfen.

Hinweis: Erfolgt im Rahmen der Planung keine Außerbetriebnahme, Reinigung und Inspektion der Leitung, werden diese Vorgänge auf den Sanierungsprozess verlagert. Hier ist zu berücksichtigen, dass die geplante Druckschlauchmaßnahme ggf. angepasst werden muss und einen längeren Zeitraum als geplant in Anspruch nehmen kann.

Der Leitungszustand kann in Anlehnung an DWA M 149-5 erfasst werden, wobei zusätzlich quantitative Aussagen zu folgenden Punkten zu treffen sind:

- Lochdurchmesser [mm]
- Muffenspaltweite [mm]
- Versätze [mm] und Abwinklungen [Grad] innerhalb eines planmäßig gradlinigen Leitungsabschnitts (z. B. Unterbögen, Düker)
- Abwinklung [Grad], Radius [x DN] und Art von Bögen
- Lage und Größe evtl. einragender Hindernisse (Anschlüsse, Schweißwurzeln, Stopfen u.a.)
- Lage und Art der Abgänge, Anschlüsse, Armaturen, Be- und Entlüftungsventile, Formteile usw.



Typische Schadensbilder von Druckleitungen sind:

- Korrosion: Flächenkorrosion oder Lochfraß (von außen nach innen, seltener von innen nach außen), Spannungsrisskorrosion
- Abrasion
- Inkrustation
- Verformung (stat. Überlastung, mangelnde Bettung)
- mechanische Schädigung (aus Bau oder Betrieb)
- Rissbildung

- Undichte Rohrverbindung
- Schadhafte Innenbeschichtung

Im Fall 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 einem 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. Die tatsächliche Wanddicke ist zu ermitteln, wenn ein Druckschlauchliner der Klasse B oder C vorgesehen ist, und der Verdacht besteht, dass es aufgrund von Korrosion und/oder Abrasion zu einer Verringerung der Altrohrwanddicke gekommen ist. Eine punktuelle zerstörungsfreie Wanddickenermittlung erfolgt i.A. mittels Ultraschallprüfung. Die Oberfläche der zu untersuchenden Druckleitung ist fachgerecht vorzubereiten (Entfernen von Beschichtungen, Rost usw.).

8.2 Vorbereitung des Altrohres, Reinigung

Im Rahmen der Planung müssen Vorgaben zur möglichen Reinigung des Altrohres gemacht werden. Je nach Zustand, vorhandenen Ablagerungen und Material des Rohres können bei Druckleitungen folgende Reinigungsverfahren zur Anwendung kommen:

- Schwallspülung
- Molchen
- Luft-Wasser-Spülung
- Wasserhochdruck
- Wasserhöchstdruck
- unterschiedliche mechanische Reinigungsverfahren (z. B. Kratzer, Sandstrahlen)

Die Reinigungsparameter müssen auf die Gegebenheiten vor Ort eingestellt sein. Besonders bei den Altrohrmaterialien PE, PVC, Grauguss und Faserzementleitungen besteht die Gefahr von Beschädigungen bei der Reinigung.

Das Reinigungsziel ergibt sich durch die Anforderungen aus der Klassifizierung des Druckschlauchliners und dessen Ausführung:

- 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. Gegebenenfalls sind bauliche Maßnahmen

notwendig, um die Reinigung zu ermöglichen. So können bereits für die Reinigung Baugruben errichtet werden, die für den späteren Einbau genutzt werden.

Die Versorgung mit Wasser für die Reinigung muss in der Planung dargestellt werden. Weiterhin müssen der Umgang mit dem anfallenden Reinigungswasser/-gut und ggf. die Bedingungen für die Einleitung bzw. Entsorgung (Einleitgenehmigung, Absetzcontainer, Beprobung des Reinigungswassers, Entsorgung von Reinigungsrückständen u. dgl.) berücksichtigt werden. Es sind die jeweiligen Umweltauflagen zu beachten (vgl. Kapitel 15.4).

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 eines Fräsroboters vorzusehen. Diese Leistungen sollten nach Aufwand ausgeschrieben und ein realistischer Zeitaufwand abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 8.8). Verklebende Systeme (Klasse C) erfordern in jedem Fall den Einsatz von Wasserhöchstdruck und ggf. Sandstrahlen (vgl. Kapitel 8.2).

Die Bewertung des Reinigungsergebnisses erfolgt durch eine optische Inspektion. Hinweise zur Reinigung mit Wasserhöchstdruck sind im Anhang 13.13 dargestellt.

8.3 Angaben zur vorhandenen Druckleitung

Folgende Angaben zur vorhandenen Druckleitung muss die Planung mindestens berücksichtigen:

- Material, Alter der Leitung, evtl. vorhandener Innen- und/oder Außenschutz
- Betriebsdruck, Nenndruck (PN), Prüfdruck
- DN; di, da; ggf. Durchmesserwechsel
- Länge: gesamt und Einzelabschnitte
- Bögen, Revisionen, Be- und Entlüftungsventile, sonstige Einbauten, Anschlüsse/ Abzweige, Düker, ggf. Armaturenschächte, Kompensatoren
- Topografische Besonderheiten (Hoch- und Tiefpunkte)
- Ausbildung der Leitungsverbindung: zugfest, gesteckt, Widerlager
- wenn bekannt: verwendetes Bauverfahren
- Bettung der Druckleitung, ggf. oberirdische Verlegung
- Grundwasserstand über Rohrscheitel

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 Altrohres notwendig. Sofern erforderlich, ist hierfür eine Ermittlung von Boden-

kennwerten im Rahmen der Planung zu veranlassen, bei Bedarf inkl. Erstellung eines geotechnischen Berichts.

Je mehr Informationen zur vorhandenen Druckleitung vorliegen, umso sicherer ist die Planung. Liegen nicht alle notwendigen Informationen vor, so sind diese bei Projektdurchführung zu erheben und zu bewerten.

8.4 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 Trinkwasserdruckleitung i.A. durch Druckstöße, z. B. durch schnelles Schließen von Schiebern, Löschwasserentnahme oder schnelles Anfahren von Pumpen. Im Regelbetrieb sollten Druckstöße im Allgemeinen nicht auftreten.

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

8.5 Aufrechterhaltung des Betriebes (Notversorgung)

Die Planung zur Sicherstellung der Versorgung muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- bereitzustellender Trinkwasserbedarf
- Löschwasserversorgung (nach örtlichen Vorgaben)
- Länge und Durchmesser der ggf. notwendigen Ersatzleitungen
- Abnahme- und Einleitpunkte inkl. geodätischer Höhen
- bauliche Besonderheiten über den Leitungsverlauf (Unterflurverlegung, Aufständigung o.ä.)

Es ist ein Konzept zu erstellen, das alle notwendigen Informationen für die Außerbetriebnahme der zu sanierenden Trinkwasserleitung beinhaltet. Dies können Angaben zur Abschaltung des Pumpwerkes, Umschiebern oder Absperren von Leitungen, Inbetriebnahme von Notversorgungsleitungen usw. sein.

8.6 Vorgesehener Sanierungsablauf

Im Vorfeld der Sanierung muss der Platzbedarf für die Renovierung ermittelt werden. Dies betrifft die 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 sind zu bestimmen. Dabei kann von folgenden minimalen Platzbedarfen für die Anlagentechnik ausgegangen werden:

- Startbaugrube: verfahrensabhängig, mindestens Aufstellfläche für die Sanierungstechnik zzgl. Arbeitsraum
- Zielbaugrube: verfahrensabhängig, bei Inversionsverfahren Arbeitsraum, bei Einziehverfahren zusätzlich Aufstellfläche für Winde, Verdichter o.ä.

Diese Flächenbedarfe sind bei der Einholung von Genehmigungen und zur Abstimmung mit betroffenen Dritten (z. B. Anliegern, Gewerbetreibenden, Grundstückseigentümern, anderen Ver- und Entsorgern) 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. Nachtarbeitserlaubnis, verkehrsrechtliche Genehmigung). Aus den Genehmigungen heraus können sich Auflagen ergeben, z. B. Arbeiten in bestimmten Zeitfenstern, Arbeiten bis zu einem bestimmten Lärmpegel, die 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.

8.7 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 6**):



Tabelle 6: 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 (Kesselformel 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 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 (n.v.) 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 o.ä. erforderlich. Auf diesen Teil der Planung wird hier nicht weiter eingegangen.

8.8 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 Druckleitungen dargestellt:

- Aufrechterhaltung des Betriebes/ der Versorgung: diese ist bei Druckleitungen von besonderer Relevanz, vgl. hierzu Kapitel 8.5
- Reinigung: vgl. Kapitel 8.2. Die Planung muss hier mindestens 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, die 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.

- **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 Durchmesser-schwankungen gibt.
- 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 (Sanierungs- und Servicefahrzeuge) und Geräte (z. B. Winde, Förderband, Drucktrommel) zu berücksichtigen.
- Der Umgang mit Armaturen, wie Schiebern, Ventilen usw. ist festzulegen. Sie sind i.A. vor dem Einbau des Druckschlauchs auszubauen und danach wieder neu zu setzen (vgl. Kapitel 5). Idealerweise sollten notwendige Baugruben zur Installation des Druckschlauchs an diesen Stellen angeordnet werden. Hier sind geeignete Pass- und Verbindungsstücke vorzusehen. Die Verwendbarkeit von Anschlussarmaturen (vgl. Kapitel 5.1) für Seitenanschlüsse und Ventile ist zu prüfen und gemäß Zustand des Altrohres vorzusehen.
- Bei Druckschlauchlinern der Klasse C ist die Möglichkeit der Anbindung ohne Zusatzmaßnahmen zu berücksichtigen und ggf. eine grabenlose Öffnung von innen mittels Fräsroboter zu prüfen (vgl. Kapitel 5.1).
- Es ist festzulegen, wie mit Bögen zu verfahren ist, da diese Einfluss auf die statische Tragfähigkeit des Druckschlauchliners ausüben. Verfahrens- und druckschlauch-abhängig können je nach Durchmesser und Radius Bögen mitrenoviert werden (vgl. **Tabelle 3**). Darüber hinaus sind Bögen i.A. vor dem Einbau des Druckschlauchs auszubauen und danach wieder neu zu setzen. Idealerweise sollten notwendige Baugruben zur Installation des Druckschlauchs an diesen Stellen angeordnet werden.
- Bei Durchmesserwechseln im Leitungsverlauf (z. B. Reparaturstellen) kann ein Druckschlauchliner der Klasse A in den Bereichen mit größerem Innendurch-

messer locker sitzend zur Ausführung vorgesehen werden. Hier ist es notwendig, einen geeigneten Stützschlauch oder ein Stützrohr vorzusehen, um ein Überdehnen des Liners während des Einbaus zu verhindern und um die Verdichtung des Laminats bei der Härtung sicherzustellen. 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). Es sind geeignete Dichtelemente auszuschreiben. Lassen sich die Rohrenden nicht planparallel zueinander herstellen, ist der Einsatz von geeigneten Keilringdichtungen vorzusehen.
- 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 10.1, 10.2). Die Vorgaben zur Druckprüfung müssen insbesondere dann individuell definiert werden, wenn z. B. Passtücke zwischen verbundenen Sanierungsabschnitten und Einbauten zu wechselnden Materialien mit unterschiedlichen Dehnungseigenschaften führen und somit nicht eindeutig nach DIN bzw. DVGW-Regelwerk geprüft werden kann. Gegebenenfalls ist hier eine abschnittsweise Prüfung vorzuziehen. Die Entnahme einer repräsentativen Materialprobe ist zu definieren (vgl. Kapitel 10.2.1), beispielsweise über den Einbau geeigneter Probenstützrohre in der Baugrube.

9 Sanierungsablauf

9.1 Baustellenablaufplanung



Die wesentlichen Punkte für die Vorbereitung der Renovierungsmaßnahme sind:

- Einholung der erforderlichen Genehmigungen
- 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.
- Überprüfung der Anordnung und Größe der vorgesehenen Baugruben
- Überprüfung der ausreichenden Baufreiheit
- Terminierung der Netztrennung und Entleerung des zu sanierenden Teilstücks (vgl. Kapitel 8.5)
- Nach Außerbetriebnahme der Leitung erfolgt eine Überprüfung der aus der Planung gelieferten Daten durch eine optische Inspektion der zu sanierenden Leitung. Dabei werden alle notwendigen Daten wie z. B. Länge, Geometrie, Richtungsänderungen, Schadensbild und Hindernisse erfasst.
- Ermittlung der zu bestellenden Wanddicke, vgl. Kapitel 8.7.
- Endgültige Druckschlauchbestellung: Altrohrinnendurchmesser und -schwankun-

gen, 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 usw.) anhand der aufgemessenen Werte
- Eventuelle Vorkehrungen zur Temperierung der Materialien in Abhängigkeit der zu erwartenden Umgebungsbedingungen

Wird im Verlauf der Sanierung festgestellt, dass Daten von der Planung abweichen, ist der Auftraggeber umgehend zu informieren und ggf. das Sanierungskonzept anzupassen.

9.2 Vorbereitende Arbeiten

9.2.1 Herstellen der Baugruben

Die Baugruben sind gemäß **DIN 4124** und nach den Erfordernissen des Druckschlauchlinerverfahrens herzustellen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Baugruben trocken und sauber sein müssen und dass die Baugrubensohle einen Abstand von mindestens 0,5 m zur Rohrsohle aufweist. Der Verbau muss so ausgebildet werden, dass er den Linereinbau nicht behindert. Die Baugrubensohle muss mit einer Sauberkeitsschicht versehen werden. Eventuell kann ein Pumpensumpf erforderlich werden.



9.2.2 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 ist.

9.2.3 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 9.2.4) und die Reinigung ggf. zu wiederholen bzw. weitere Maßnahmen vorzunehmen.

Liegen Hindernisse wie feste Ablagerungen oder Inkrustationen, Vergussmassen usw. vor, so müssen diese durch geeignete Verfahren entfernt werden (vgl. Kapitel 8.2)

9.2.4 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.

9.3 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. Es ist dafür zu sorgen, dass sämtliche Komponenten der eingesetzten Sanierungstechnik während Installation, Härtung und Nacharbeiten den hygienischen Anforderungen für Arbeiten an Trinkwasseranlagen entsprechen.

9.3.1 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).

9.3.2 Einbauvorgang

Die Schlauchliner können auf verschiedene Arten eingebaut werden:

- Inversion (Einkrempeln/Umstülpen)
- Einziehen
- Kombination von Einziehen und Inversion

Als Inversions- bzw. Aufstellmedium werden wahlweise Wasser oder Luft verwendet. 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.

9.3.2.1 Inversion

Beim Inversionsverfahren wird der Liner unter Berücksichtigung der jeweiligen Einbaubedingungen und Einbauvorschriften unter Druck eingekrempelt.

Hinweis: Beim Inversionsverfahren muss die im Lieferzustand äußere Seite des Liners, die nach der Inversion dem Medium zugewandt ist, besonders geschützt und sauber gehalten werden.

9.3.2.2 Einziehen

Beim Einziehverfahren wird der Druckschlauch mittels Seilverbindung und Winde in die Leitung eingezogen und anschließend mit Druckluft aufgestellt.

9.3.2.3 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 invertiert. Die einzelnen Arbeitsgänge erfolgen gemäß den obigen Beschreibungen.

9.3.2.4 Härtung

Die Härtung erfolgt durch

- Warmhärtung oder
- UV-Lichthärtung oder
- Kombinationshärtung (UV-Lichthärtung und Warmhärtung) oder
- Härtung bei Umgebungstemperatur (Kalthärtung ohne Energiezufuhr).

Anforderungen zur Härtung vgl. Kapitel 6.2.3.

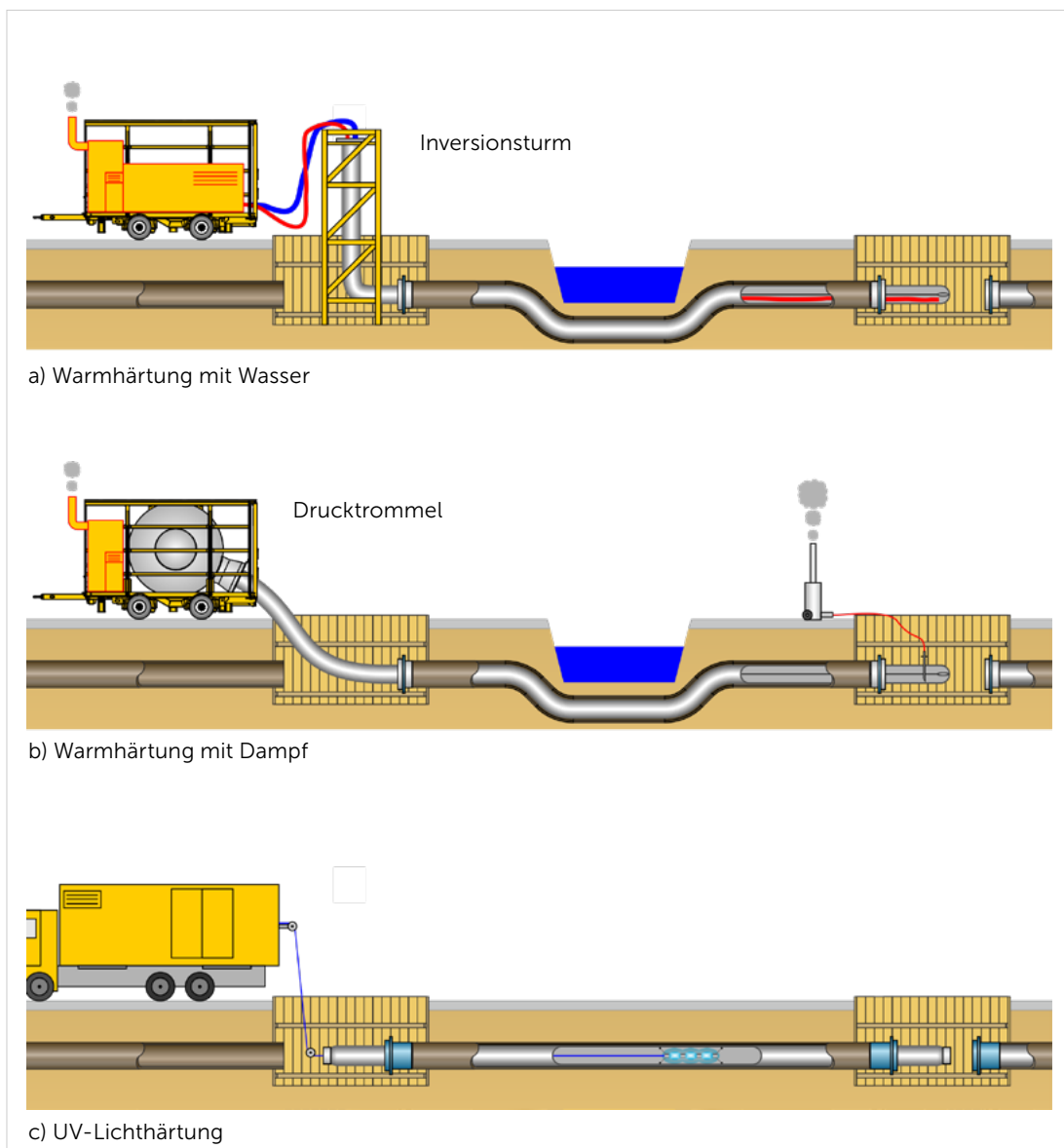


Bild 8: Schematische Darstellung der Härteverfahren

9.4 Abschließende Arbeiten

Nach Abschluss der Härtung sind die Linerenden abzutrennen und in Abhängigkeit von der Verbindungstechnik gemäß Kapitel 4 auszubilden. Beim Trennen des Liners ist Sorge zu tragen, dass kein Schneidstaub in die sanierte Leitung gerät.

Weitere notwendige Arbeiten sind je nach Projekt auszuführen, z. B.:

- Herstellen von Anschlüssen gemäß Kapitel 5
- 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 Notversorgung

Sämtliche Leitungsenden sind zwischen den Arbeitsgängen und vor Verlassen der Baustelle stets sicher zu verschließen.

10 Qualitätsprüfung des Endproduktes

Schlauchlinersysteme auf Basis von vor-Ort-härtenden Reaktionsharzsystemen werden erst auf der Baustelle zum Endprodukt. Zur Kontrolle der erreichten Qualität sind Materialprüfungen an Baustellenproben erforderlich. Auf die empfohlenen Anforderungen zur Qualitätsprüfung wird in diesem Kapitel eingegangen.

Eine Freigabe der Leitung ist nur möglich, wenn die Qualitätsprüfung des Endproduktes abgeschlossen ist und die Ergebnisse die definierten Anforderungen erfüllen. Es sind die vertraglich vereinbarten Prüfungen des Endproduktes durchzuführen.



10.1 Optische Inspektion, Druckprüfung

Die renovierte Leitung ist optisch zu inspizieren und zu dokumentieren.

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 und Einbauten geprüft wird. Für die Vorprüfzeiten können nicht die Tabellenwerte der Einzelwerkstoffe genutzt werden (vgl. Kapitel 8.8).



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 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.

10.2 Materialprüfung

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

10.2.1 Druckschlauchliner der Klassen A und B

Es ist eine repräsentative Probe zu entnehmen. Dementsprechend ist darauf zu achten, dass der Liner im Probenahmebereich die gleichen Dehnungsverhältnisse sowie Einbau- und Härtungsbedingungen aufweist wie in der zu sanierenden Leitung.

Bevorzugt ist ein vollständiger Ring zu entnehmen von mind. 400 mm Breite. Bei Entnahme eines Ringausschnittes muss dieser eine Länge von mindestens 350 mm und eine Breite in Umfangsrichtung von mindestens 20-mal Wanddicke aufweisen.



Die Überprüfung der Materialkennwerte erfolgt gemäß den Bestimmungen in Kapitel 13. Es sind mindestens folgende Prüfungen vorzunehmen:

- Nachweis der Materialeigenschaften durch Dreipunkt-Biegeversuch oder Scheiteldruckversuch
- Nachweis der Härtung über die Ermittlung der Glasübergangstemperaturen und ggf. Enthalpien durch Anwendung der Dynamischen Differenzkalorimetrie (DDK bzw. DSC-Analyse) und/oder mit der Dynamisch Mechanischen Analyse (DMA)
- Nachweis des Restmonomergehaltes für UP- und VE-Harze (z. B. Styrol, bei Acrylaten nach vorliegender Klassifizierung)
- systemabhängig Nachweis der Wasserdichtheit des Laminates (Dichtheitsprüfung der Materialprobe bei nicht permanenten Innenfolien)

Die Prüfergebnisse sind mit den Angaben aus der jeweiligen Eignungsprüfung und Trinkwasserzulassung abzugleichen (vgl. Kapitel 7.4.3).

Hinweis: Die Entnahme einer repräsentativen Probe für die sanierte Leitung ist vor der Installation des Druckschlauchliners beispielsweise unter Anwendung geeigneter Probenstützrohre vorzubereiten. Die Möglichkeit der Entnahme einer Probe direkt aus der sanierten Leitung besteht bei Druckleitungen in der Regel nicht.

10.2.2 Druckschlauchliner der Klasse C

Eine wesentliche Prozesskontrolle beim Einbau von Druckschlauchlinern der Klasse C (Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung) ist die Prüfung der geforderten Verklebung im Schälversuch gemäß DVGW GW 327 bzw. DIN 30658-1. 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, das mit saniert wird und später als Probe dient. Das Material und die Oberflächenvorbereitung des Stützrohres müssen der zu sanierenden Leitung entsprechen.

Eine direkte Härtungskontrolle ist für Druckschlauchliner der Klasse C derzeit nicht geregelt. Der Nachweis der Härtung kann über die Ermittlung der Glasübergangstemperatur erfolgen. Diese wird über die Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK bzw. DSC-Analyse) für EP-Harze oder über die Dynamisch Mechanische Analyse (DMA) für UP- und VE-Harze ermittelt.



10.3 Hygieneprüfung und -freigabe

Im Anschluss an das Neutralisieren bzw. Ausspülen des Desinfektionsmittels (vgl. Kapitel 7.5) wird ein nicht versorgungswirksamer Probetrieb der gesamten sanierten Leitung mit Trinkwasser durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt sind gemäß DVGW W 291 Wasserproben für die Hygieneprüfung zu entnehmen.

In Übereinstimmung mit den Hygienevorschriften sind die Orte und Zeitabstände festzulegen, an denen die Proben zur mikrobiologischen Untersuchung entnommen werden. Empfohlen wird die Probenahme mindestens an der Einspeisung aus dem Netz zur Befüllung der Leitung (Referenz) und am Ende des sanierten Rohrleitungsabschnittes. Die Untersuchung der Proben erfolgt durch ein dafür akkreditiertes Prüflabor. Es gelten die Grenzwerte der TrinkwV sowie ggf. durch den Betreiber in der Ausschreibung definierte Bedingungen.

Mit dem Nachweis der hygienischen Unbedenklichkeit sollte die sanierte Rohrleitung sobald wie möglich an das Wasserversorgungsnetz angeschlossen werden, damit das Risiko einer Verweilzeit bedingten Verkeimung so gering wie möglich gehalten wird. Wenn die Prüfergebnisse die erforderlichen Grenzwerte überschreiten, ist eine erneute Desinfektion (vgl. Abschnitt 7.5) durchzuführen und die Probenahme zu wiederholen, bis die mikrobiologische Unbedenklichkeit erreicht wird. Erst dann kann die Inbetriebnahme der sanierten Leitung erfolgen.

Die Freigabe der Leitung erfolgt grundsätzlich durch den Betreiber und auf Grundlage der in der Ausschreibung festgelegten Bedingungen.

11 Betrieb der renovierten Leitung

Der Druckschlauchliner ist auf die betrieblichen Bedingungen auszulegen (vgl. Kapitel 8). Dies vorausgesetzt, kann die renovierte Leitung wie gewohnt betrieben werden.

Für den dauerhaften schadlosen Betrieb ist es wichtig, dass die in der Bemessung getroffenen Annahmen mit den tatsächlich vorhandenen Betriebsbedingungen abgeglichen bzw. letztere so angepasst werden, dass eine Überlastung der sanierten Rohrleitung verhindert wird. Dies betrifft insbesondere den Pumpenbetrieb. Hier erfolgt in der Planung eine Abschätzung der maximalen Drücke und der Anzahl der Lastspiele. Weichen die tatsächlichen Betriebsbedingungen z.B. aufgrund von Änderungen im Pumpenbetrieb deutlich von den getroffenen Annahmen ab, ist ggf. eine Überprüfung der statischen Bemessung notwendig bzw. eine Anpassung der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer (vgl. Kapitel 12).

Um alle Betriebshinweise in der Praxis umsetzen zu können, ist eine gute Dokumentation des Bestands und eine entsprechende Kennzeichnung im Kataster wesentlich. 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).



11.1 Reinigung der sanierten Leitung

Im Allgemeinen reicht eine Reinigung mit weichen Molchen oder eine Luft-Wasser-Spülung zur Reinigung der renovierten Leitung aus, da der Druckschlauchliner eine sehr geringe Rauigkeit aufweist und wenig Inkrustationen entstehen.



Der Druckschlauchliner ist darauf ausgelegt, hohen Angriffen durch Abrieb zu widerstehen (große Fließgeschwindigkeiten über den gesamten Querschnitt). Die Resistenz gegenüber einer Hochdruckspülung ist jedoch gering, da diese in Druckleitungen kaum zum Einsatz kommt (vgl. Kapitel 6.4).

Ist im Einzelfall eine Hochdruckspülung erforderlich, so ist der Druck so gering wie möglich einzustellen. Die Düse ist kontinuierlich durch die Leitung zu ziehen; Standspülungen sind zu vermeiden. Der Einsatz von Kratzern und Bürsten ist nicht zulässig. Das Personal muss im Umgang mit der Reinigung von Druckschlauchlinern eingewiesen sein.



11.2 Einsatz von Roboter- und Kamerasystemen

Beim Einsatz von Roboter- und Kamerasystemen zur optischen Inspektion nach der Sanierung, zur nachträglichen Anbindung von Anschlussleitungen oder bei Reparaturen ist darauf zu achten, dass die eingesetzten Geräte keinen Eintrag von Verunreinigungen/Keimen (vgl. Kapitel 7.3) und keine Beschädigungen am Schlauchliner verursachen.

Die Fahrzeuge müssen mit Antriebsrädern ausgestattet sein, die die Lineroberfläche nicht verletzen. Der Einsatz von spitzen oder sehr rauen Radoberflächen (z. B. Granulatbeschichtungen), um die Reibung der Räder zu verbessern, ist nicht zulässig.

11.3 Reparaturarbeiten

Sollte bei einer sanierten Rohrleitung eine lokale Reparatur erforderlich werden, so wird diese unter Anwendung der Abdichtungs- und Verbindungstechniken aus Kapitel 4 (**Bild 3** und **Bild 5**) und Kapitel 5 durchgeführt. Die dafür erforderliche Verbindungstechnik sollte entsprechend vorgehalten werden.



Für diese Arbeiten wird das sanierte Altrohr vor und hinter der Reparaturstelle mittels Schneidwerkzeug getrennt und mit einem Passstück neu verbunden. Geeignete Schneidwerkzeuge sind u. a. Rohrfräsen, Trennschleifer, Fensterschneider. Es ist darauf zu achten, dass der Liner beim Schneiden nicht vom Altrohr weggedrückt wird. Durch die Anwendung einer Schnitttiefenbegrenzung können die Liner im Altrohr zurückgeschnitten oder schadfrei freigelegt werden. Schneidbrenner dürfen nicht angewendet werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass nicht verklebte Liner stets abgedichtet werden müssen – entweder mit Hilfe einer Linerendmanschette oder einer Kantenversiegelung.

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. des Altrohr-Druckschlauchliner-Systems auszulegen.

Hinweis: Bei lokalen Reparaturstellen an Linern der Klasse A ist der Einsatz von GFK-Handlaminaten und Reparaturschellen technisch möglich. Auch hier ist stets die trinkwasserhygienische Eignung sicherzustellen. Der Einsatz der Reparaturschellen muss seitens Systemhersteller des Liners zugelassen sein.

12 Hinweise zu Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer

Für Druckschlauchliner im Trinkwasserbereich liegen bei Veröffentlichung dieses Merkblatts Erfahrungen von mindestens 10 Jahren bei Glasfaserlinern, 15 Jahren bei glasfaserverstärkten Nadelfilzlinern und über 20 Jahren bei Gewebeschläuchen vor. Die zur Anwendung kommenden Materialien sind zudem seit Jahrzehnten in der Schlauchlinientechnik im Einsatz – ihre chemischen und mechanischen Eigenschaften sind bekannt.

Druckschlauchliner lassen eine technische Nutzungsdauer von 50 Jahren erwarten, unter der Voraussetzung, dass die hier formulierten Anforderungen an Material, Technik, Bauausführung und Qualitätsüberwachung eingehalten werden.



Allerdings unterliegen Druckschlauchliner besonderen Betriebsbedingungen, die bei der Auslegung der Systeme zu beachten sind (z. B. Anzahl der Schaltspiele der Pumpen, Druckwechsel), ebenso wie der Zustand bzw. Dauerstandfestigkeit des Altrohres (insbesondere bei 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. Die Nutzungsdauer der sanierten Leitung kann daher konservativ unterhalb von 50 Jahren 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.

Hinweis: Bei Ausbau des gehärteten Liners, wie z. B. bei Aufgabe der Leitung oder Ende der Betriebsfähigkeit, kann dieser thermisch verwertet werden. Hinweise dazu finden sich in den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller.

13 Anlagen



13.1 Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Die dynamische Differenzkalorimetrie (DDK, engl. Differential Scanning Calorimetry, DSC) dient der Untersuchung thermischer Effekte. Über den Kurvenverlauf des ermittelten Wärmestroms Q gegen Temperatur lassen sich die Glasübergangstemperatur T_g sowie die Restexothermie ΔH von Reaktionskunststoffen (Duroplaste) bestimmen. Diese können direkt mit dem Härtegrad korreliert werden und dienen so der Qualitätskontrolle.

Die Durchführung des Versuches erfolgt gemäß DIN EN ISO 11357-2:2014-07, an von der Lineraußenseite entnommenen Probekörpern, mit Massen im Bereich von 2 bis 40 mg, einer Abtastrate von 20 K/min und unter kontinuierlichem Stickstoffstrom als Spülgas. Die Probe wird in zwei aufeinanderfolgenden Heizzyklen vermessen.

Der DSC-Versuch ist insbesondere zur Bestimmung des Härtegrades geeignet.

13.2 Dynamisch-mechanische Analyse (DMA)

Die dynamisch-mechanische Analyse (DMA) dient der Untersuchung thermo-mechanischer Eigenschaften. Die Kurvenverläufe der temperaturabhängigen, oszillierenden Belastung sowie des resultierenden Antwortsignals geben Auskunft über die viskoelastischen Eigenschaften (Speichermodul E' , Verlustmodul E'' und Verlustfaktor $\tan\delta$). Diese lassen Rückschlüsse auf die Glasübergangstemperatur T_g zu.

Die Messung erfolgt im Drei-Punkt-Biegemodus gemäß DIN EN ISO 6721-5:1996-05 an rechteckigen Probekörpern mit einem Länge-zu-Dickenverhältnis $L_a/d > 16$. Die Temperaturrate liegt in der Regel bei 2 K/min, um eine ganzheitliche Durchheizung der Probe zu gewährleisten. Weitere Messparameter wie die Oszillationsfrequenz oder Belastungsamplitude müssen aus Vergleichszwecken ebenso definiert werden.

Die DMA-Analyse ist insbesondere zur Bestimmung des Härtegrades und des thermo-mechanischen Verhaltens geeignet.

13.3 Elektrische Impedanzspektroskopie (EIS)

Die elektrische Impedanzspektroskopie (EIS), auch dielektrische Analyse, ist eine physikalische Messmethode und dient der insitu Härteüberwachung. Der an der Lineraußenseite platzierte Sensor besitzt direkten Kontakt zum Harz und ermittelt die Ionenbeweglichkeit und Polarisierbarkeit der Moleküle. Diese nehmen aufgrund der fortschreitenden Polymerisation bzw. Quervernetzung ab und können im Abgleich mit einer Referenz-Masterkurve als Maß für die Härtung herangezogen werden. Auch die Ermittlung von Glasübergangstemperaturen (T_g -Knicke) als Indikatoren ist möglich.

13.4 Dreipunkt-Biegeversuch

Im Dreipunkt-Biegeversuch werden gemäß DIN EN ISO 178:2019-08 die mechanischen Kennwerte Biege-E-Modul und Biegespannung ermittelt. Für die Prüfung werden nach der Sanierungsmaßnahme vor Ort für die Haltung repräsentative Probekörper in Umfangsrichtung gemäß DIN EN ISO 11296-4:2018-09 entnommen. Ein Probestück muss eine Länge von > 350 mm und eine Breite in Umfangsrichtung von > 20-mal Wanddicke aufweisen, um normgerechte Probestücke in ausreichender Anzahl entnehmen zu können. Die Prüfung beinhaltet ferner die Ermittlung der Gesamt- und Kompositwanddicke.

13.5 Scheiteldruckversuch

Der Scheiteldruckversuch wird nach ISO 7685:2019 oder DIN EN 1228:1996-08 durchgeführt und beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Anfangsringsteifigkeit. Als Probestück dient ein repräsentativer, vollständiger Rohrabchnitt mit einer Länge von > 300 mm. Die Kompositwanddicke wird gemäß DIN EN ISO 11296-4:2018-09 ermittelt. Die äußere Reinharzschicht darf 10 % der Verbunddicke nicht überschreiten. Bei stärkeren äußeren Reinharzschichten ist zu prüfen, ob die Probe repräsentativ für die Leitung ist.

13.6 24h-Kriechneigung

Die Prüfung der 24h-Kriechneigung wird gemäß DIN EN ISO 899-2:2015-06 an Dreipunkt-Biegekörpern (vgl. Kap. 13.4) oder an Rohrabchnitten gemäß DIN EN 761:1994-08 (vgl. Kap. 13.5) durchgeführt.

Die Belastungskraft wird so gewählt, dass die Verformung sich im linear-elastischen Bereich befindet, das heißt, die aufzubringende Kraft sollte > 20 % des bei der Eignungsprüfung ermittelten Quantilwertes der Biegespannung entsprechen. Zur Berechnung der 24h-Kriechneigung werden der E-Modul nach 3 Minuten (am Rohrabchnitt) bzw. 1 Stunde (am Dreipunkt-Biegeprüfkörper) mit dem 24h-E-Modul bei konstanter Belastung in Relation gesetzt.

Da duroplastische Harzsysteme einer Nachvernetzung unterliegen, sollten Kriechneigungsprüfungen nur nach Abschluss der Nachvernetzung durchgeführt werden. Üblicherweise können die Prüfungen vier Wochen nach dem Einbau durchgeführt werden. Genaue Angaben dazu befinden sich im Eignungsnachweis.

13.7 Restmonomergehalt

Der Restmonomergehalt lässt eine Aussage über die Härtung von Reaktionsharzformstoffen zu. Die Bestimmung des Reststyrolgehaltes wird gaschromatographisch nach ISO 4901:2011-08 durchgeführt; die Acrylatmonomerbestimmung kann in Anlehnung

an diese Norm durchgeführt werden. Eine Klassifizierung des eingesetzten Monomers durch den Linerhersteller ist unabdingbar.

Die Zeitspanne von der Entnahme bis zur Prüfung ist kritisch und sollte genau dokumentiert werden. Es ist eine gekühlte und verschlossene licht- sowie luftdichte Lagerung erforderlich. Dies vermeidet die Möglichkeit der Nachvernetzung und Beeinflussung des Ergebnisses.

13.8 Spektralanalyse

Mithilfe der Spektralanalyse wird überprüft, ob die eingesetzte Harzqualität der angebotenen Harzqualität entspricht. Die nach ASTM D5576:2000 angelehnte Methode ermittelt die qualitative Zusammensetzung des Reaktionsharzsystems im Abgleich mit den bei Eignungsprüfung hinterlegten Spektren.

13.9 Glas- und Füllstoffgehalt

Die Prüfung wird gemäß DIN EN ISO 1172:1998 im Kalzinierungsverfahren durchgeführt. Der Nachweis des Verhältnisses von organischem Matrixmaterial zu mineralischen Füllstoff- und/oder Glasfasergehalt dient dem Nachweis, dass das Endprodukt in seiner Zusammensetzung den Herstellerangaben entspricht.

13.10 Dichtheitsprüfung der Materialprobe

Die Dichtheitsprüfung des Laminates ist nicht mit der Druckprüfung gemäß Kapitel 10.1 vergleichbar.

Die Prüfung ermittelt die Undurchlässigkeit einer Prüflösung an einem repräsentativen Probestück an drei Prüfstellen unter Beaufschlagen eines Unterdruckes. Das Probestück wird nur als dicht bewertet, wenn alle drei Prüfstellen keine Undichtigkeiten aufweisen.

13.11 Dokumentation der Ergebnisse der Materialprüfung

Die Ergebnisse der Materialprüfung sind gemäß **Tabelle 7** anzugeben. Vom Prüfinstitut sind nur dort Bewertungen der Ergebnisse abzugeben, wo eine diesbezügliche eindeutige Aufforderung vorhanden ist.

Tabelle 7: Darstellung der Ergebnisse der Materialprüfung

Prüfung	Norm	Wert	Einheit	Ergebnisangabe
Dreipunkt-Biegung	DIN EN 178; DIN EN 11296-4	Verbunddicke e_m	mm	1 Nachkommastelle
		Biege-E-Modul E_f	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
		Biegespannung beim ersten Bruch σ_{fb}	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
Scheiteldruckversuch	ISO 7685; DIN EN 1228	Verbunddicke e_m	mm	1 Nachkommastelle
		Ringsteifigkeit S_0	N/m ²	ganzzahlig
		Umfangs-E-Modul	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
24 h-Kriechneigung	DIN EN ISO 899-2; DIN EN 761	Verbunddicke e_m	mm	1 Nachkommastelle
		E-Modul E_{1h}	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
		E-Modul E_{24h}	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
		Kriechneigung Kn_{24}	%	1 Nachkommastelle
Restmonomergehalt	ISO 4901	Probeneinwaage	g	3 Nachkommastellen
		Restmonomergehalt	%	1 Nachkommastelle
DSC-Analyse	ISO 11357	Glasübergangstemperatur (T_{G1}, T_{G2})	°C	1 Nachkommastelle
Dynamisch-mechanische Analyse	ISO 6721	Komplexer E-Modul E^*	N/mm ²	3 bedeutsame Ziffern
Spektralanalyse	i.A.a ASTM 5576; DIN 55673; DIN EN 1767	Harztyp	-	-
Bestimmung des Füllstoff- und Glasgehalts	DIN EN ISO 1172	Harzanteil	%	1 Nachkommastelle
		Füllstoffanteil	%	1 Nachkommastelle
		Glasanteil	%	1 Nachkommastelle
Dichtheitsprüfung	-	Dichtheit	Ja/nein	-

13.12 Übersichtsplan zur Hygiene beim Sanierungsablauf

Die Anforderungen an die Hygienemaßnahmen richten sich nach dem Arbeitsschritt im Sanierungsablauf, da Arbeiten unmittelbar vor Inbetriebnahme der Leitung einen höheren Hygieneanspruch stellen als beispielsweise die Reinigung der Leitung vor der Sanierung. Es gelten die Vorgaben der DVGW W 291. Alle nach der Sanierung oder vor einer zwischenzeitlichen Wiederinbetriebnahme mit den Trinkwasseranlagen in Kontakt kommenden Werkzeuge, die eingesetzte Technik und die Arbeitskleidung dürfen ausschließlich in Trinkwasseranlagen eingesetzt werden (vgl. Kapitel 7.3).

Tabelle 8: Hygiene beim Sanierungsablauf

Arbeitsschritt		Hygienemaßnahmen
Optische Inspektion	vor zwischenzeitlicher Wiederinbetriebnahme	• alle Komponenten reinigen und desinfizieren • Equipment vor Verunreinigungen schützen • Rohrenden nach Inspektion sofort verschließen
	vor Reinigung und Sanierung	• keine zusätzlichen Anforderungen
	nach Sanierung	• alle Komponenten reinigen und desinfizieren • Equipment vor Verunreinigungen schützen • Rohrenden nach Inspektion sofort verschließen
Reinigung der Leitung und Entfernung von Hindernissen	vor zwischenzeitlicher Wiederinbetriebnahme	• alle Komponenten reinigen und desinfizieren • Equipment vor Verunreinigungen schützen • bei HD oder HDD ausschließlich Trinkwasser verwenden • kein Wasser in der Leitung stehen lassen • Rohrenden nach Reinigung sofort verschließen
	vor Sanierung	• keine zusätzlichen Anforderungen
	nach Sanierung	• alle Komponenten reinigen und desinfizieren • Equipment vor Verunreinigungen schützen • nur Trinkwassermolche verwenden • zur Spülung ausschließlich Trinkwasser verwenden • kein Wasser in der Leitung stehen lassen • Rohrenden nach Reinigung sofort verschließen
Installation des Druckschlauchliners		• alle Komponenten auf Verunreinigungen prüfen • Materialien geschützt lagern • keine vermeidbaren Kontakte mit dem Medium zugewandten Oberflächen • Linerinnenseite vor Verunreinigungen schützen • mögliche Verunreinigungen sofort entfernen • Rohrenden nach Sanierung sofort verschließen
Abschließende Arbeiten		• Rohrleitung vor Verunreinigungen (z. B. Schneidstaub) schützen • Bauteile (z. B. LEM) geschützt lagern • ausschließlich saubere Bauteile verwenden • keine vermeidbaren Kontakte mit Bauteil-Innenseiten • Rohrenden nach Abschluss der Arbeiten sofort verschließen

13.13 Zusätzliche Hinweise zur Durchführung der Wasserhöchstdruckreinigung

Die Wasserhöchstdruckreinigung wird ausschließlich zur Vorbereitung des Altrohres vor der Sanierung durchgeführt.

Die Anwendung erfolgt i.d.R. nur bei metallischen Rohrleitungen, da Kunststoffe (z. B. PVC, PE) bei der Reinigung mit Drücken von > 250 bar beschädigt werden können. Es kommen folgende Wasserdrücke zur Anwendung:

- < 800 bar nur zur Grobreinigung und Entfernung loser Ablagerungen (hier wird oft Hochdruckspül- bzw. -reinigungstechnik verwendet)
- > 800 - 1.200 bar Entfernung von Fetten, Teer, Bitumen, festen Inkrustationen
- > 1.200 - 1.600 bar Entfernung von Fetten, Teer, Bitumen, festen Inkrustationen, nachträglich aufgebracht ZM-Auskleidung
- > 1.600 - 2.500 bar zusätzlich Entfernung werksseitig aufgebracht ZM-Auskleidung

Wichtig für den Reinigungserfolg ist neben dem Wasserdruck an der Pumpe, die zur Verfügung stehende Wasserförderleistung pro Minute, die genutzte Reinigungsschlauchlänge und -dimension und die Düsenteknik. Die empfohlene Wasserförderleistungen an der Pumpe beträgt mindestens 40 Liter/Minute in den jeweils o. g. Pumpendruckbereichen. Die Reinigungsschlauchlänge beträgt derzeit systemabhängig bis zu 500 m DN 12 (bis 1.800 bar) am Stück, ggf. verlängerbar. Es werden i. d. R. Rotationsdüsen verwendet mit einem Düsenabstand zur Rohrwandung von ca. 2 bis 6 cm (je nach Rohrdimension).

Beispiel: Pumpendruck: ca. 1.500 bar bei 40 Liter/Minute
Reinigungsschlauchlänge: 200 m
Druck an der Reinigungsdüse: ca. 1.300 – 1.350 bar (durch den Fließdruckabfall über die Schlauchlänge)

Reinigungslängen bis ca. 100 m im Dimensionsbereich bis etwa DN 300 sind i.d.R. ohne Seilwinde realisierbar. Ab > DN 300 wird oftmals eine Seilwinde eingesetzt.

Grundsätzlich lässt sich der Dimensionsbereich von DN 80 – DN 1200 (eventuell auch bis DN 2500) mittels Wasserhoch- bzw. höchstdruck reinigen. Ab > DN 1200 empfiehlt sich hier allerdings unter Umständen eine Begehung der Rohrleitung.

Bei Leitungen, die über ein Gefälle über 10 % verfügen, muss mit einer reduzierten Vorschubgeschwindigkeit gerechnet werden, falls eine Hilfsseilwinde nicht genutzt werden kann. Dies ist insbesondere bei Leitungen größer DN 300 zu berücksichtigen.

14 Gesetze, Normen und Regelwerke

14.1 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 Zubehörteile, 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

DIN EN ISO 11297	Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen
DIN EN ISO 11298	Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Wasserversorgungsnetzen
ISO 15306	Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen – Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegenüber zyklischem Innendruck

14.2 DVGW-Regelwerk

DVGW GW 327	Auskleidung von Gas- und Wasserrohrleitungen mit einzuklebenden Gewebeschläuchen (Arbeitsblatt)
DVGW GW 302	Grabenlose Bauweisen Teil 1: Unternehmen zur Rehabilitation und Neulegung von Rohrleitungen – Anforderungen und Prüfungen Teil 2: Rehabilitation von Rohrleitungen - Verfahrenstechnik
DVGW W 330	Einzuklebende Gewebeschläuche für Wasserrohrleitungen (Prüfgrundlage)
DVGW W 400	Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (Arbeitsblatt) Teil 2: Bau und Prüfung
DVGW W 491	Qualifikationskriterien für Unternehmen zur Inspektion und Wartung von Wasserverteilungsanlagen

14.3 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 außerhalb von Gebäuden Teil 5: Optische Inspektion

14.4 RSV-Regelwerk

RSV M 1.1	Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining
RSV M 1.2	Renovierung von Abwasserdruckleitungen mit Druckschlauchlinern

14.5 GSTT-Regelwerk

GSTT 20.2	Statische Berechnung von Druckschlauchlinern (n.v.)
-----------	---

15 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.

15.1 Unfallverhütungsvorschriften

BGV A 1	Grundsätze der Prävention
---------	---------------------------

15.2 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

15.3 Berufsgenossenschaftliche Information

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

15.4 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)
KTW-BWGL	Bewertungsgrundlage für Kunststoffe und andere organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser
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
TRGS 519	Technischen Regel für Gefahrstoffe
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)

16 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)
DEA	Dielektrische Analyse
DDK	Dynamische Differenzkalorimetrie (engl.: differential scanning calorimetry, DSC)
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
DMA	Dynamisch-Mechanische Analyse
DN	Nenndurchmesser
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Wasser und Abfall e.V.
E-CR	Electric Corrosion Resistant (korrosionsbeständiges E-Glas)
EP	Epoxid
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
LEM	Linerendmanschette
n.v.	nicht veröffentlicht
OF	Olefin
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PN	Nenndruck
PP	Polypropylen
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PU	Polyurethan
TPU	Thermoplastisches Polyurethan
UP	Ungesättigtes Polyester
UV	Ultraviolettstrahlung
VE	Vinylester
VOB/C	Verdingungsordnung Bau, Teil C

Formelzeichen

d_a	Außendurchmesser
d_i	Innendurchmesser
e	Wanddicke
e_c	Kompositdicke
e_{tot}	Gesamtwanddicke

17 Abbildungsverzeichnis

Bild 1	Technikfamilien in Anlehnung an DIN EN ISO 11295	7
Bild 2	Typische Wandkonstruktion eines Druckschlauchs	12
Bild 3	Verbindung über das Altrohr (Linerklasse B, C) (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG)	14
Bild 4	Verbindung über ein Fitting (Linerklasse A, B) (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG).....	15
Bild 5	Verbindung über den Druckschlauchliner (Linerklasse A) (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG)	16
Bild 6	Anschlussarmaturen an den Druckschlauchliner im Altrohr oder direkt am Liner (oben) und Anschlussarmatur mit innenliegender Dichtung (unten) (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG (oben), IQS Engineering AG (links unten) und Pipe-Aqua-Tec GmbH & Co. KG (rechts unten))	17
Bild 7	Beispiel zur Herstellung von Anschlüssen am Druckschlauchliner (links – Verbindung über das Altrohr mit Vorschweißflansch und LEM, rechts – Verbindung über den Druckschlauchliner mit GFK Flansch) (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG).....	19
Bild 8	Schematische Darstellung der Härteverfahren (Quelle: DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG GmbH & Co. KG)	41

18 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Statische Klassifizierung von Druckleitungslinern analog 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 Druckschlauchliner, Einsatzbereiche und -grenzen	13
Tabelle 4	Werkstoffe für Bestandteile des Druckschlauchs	20
Tabelle 5	Vorzugsweise eingesetzte Harztypen für Trinkwasserschlauchliner der Klassen A und B.....	21

Tabelle 6	Einwirkungen auf den Druckschlauchliner in Abhängigkeit von Druckschlauchlinerklasse und Lastfall als Grundlage für die statische Berechnung	36
Tabelle 7	Darstellung der Ergebnisse der Materialprüfung	51
Tabelle 8	Hygiene beim Sanierungsablauf	52

19 Autoren

Dem RSV-Arbeitskreis 1.3 „Renovierung von Trinkwasserleitungen mit Druckschlauchlinern“ gehören folgende Mitglieder an:

Obfrau:

Leddig-Bahls, Susanne, Dr. IQS Engineering AG

Mitarbeiter/-innen:

Böhmig, Kathleen	Mauerspecht GmbH
Böhne, Wendelin	BKP Berolina
Burcek, Kai	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG
Grasnick, Gerd. Dr.	Karl Weiss Technologies GmbH
Haacker, Andreas	Siebert + Knipschild GmbH
Herlitzius, Alexander	PSM Rohrsanierung GmbH
Hochstafl, Robert	Reline Aptec GmbH
Hommel, Steffen	IRS mbH Sachsen
Kopietz, Mark, Dr.	SBKS GmbH & Co. KG
Meßmann, Sven	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG
Münstermann, Timo	Saertex multiCom GmbH
Quernheim, Lars	BKP Berolina
Sebastian, Jörg, Prof. Dr.	SBKS GmbH & Co. KG
Wahr, Jens	Diringer & Scheidel Rohrsanierung GmbH
Wittwer, Anika	IRS mbH Sachsen
Zinnecker, Jürgen	Aarsleff Rohrsanierung GmbH

Gäste:

Bunn, Hannes	Hamburg Wasser
Dr. Koch, Andreas	Hygiene-Institut des Ruhrgebiets
Möbs, Johannes	Hessenwasser GmbH & Co. KG
Pleschka, Damian	Hygiene-Institut des Ruhrgebiets
Riechelmann, Janine	Hygiene-Institut des Ruhrgebiets
Steinberg, Anne	Hamburg Wasser
von Bernstorff, Daniel	SYSCribe GmbH

Copyright-Hinweis:

Die Informationen aus dem Merkblatt
dürfen unter der Angabe von Quellen
weitergegeben werden.



Bei Fragen können Sie sich gern an uns wenden!
Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.

RSV e. V. – Geschäftsstelle

Tel.: +49 40 21074167
info@rsv-ev.de
www.rsv-ev.de