

**Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von
Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren**
Anforderungen, Gütersicherung und Prüfung



RSV – Rohrleitungssanierungsverband e.V.
Eidechsenweg 2
49811 Lingen (Ems)
Tel.: (+49) 59 63 – 9 81 08 77
Fax: (+49) 59 63 – 9 81 08 78
E-Mail: info@rsv-ev.de
Internet: <http://www.rsv-ev.de>

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

Alle Rechte – auch die der Übersetzung in fremde Sprachen –
bleiben dem RSV-Rohrleitungssanierungsverband e.V. vorbehalten.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Anforderungen, Gütesicherung und Prüfungen

Eine Verwendung des Merkblattes, auch auszugsweise, ist nur nach vorheriger schriftlicher Zustimmung durch den RSV gestattet.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Vorwort

Zur Renovierung von Abwasserleitungen und –kanälen werden Liningverfahren mit Rohren unterschiedlicher Werkstoffe eingesetzt. Hierzu wird ein Liner in die zu renovierende Leitung eingebracht. Der verbleibende Ringraum kann verfüllt werden.

Für die Ringraumverfüllung bietet das RSV-Merkblatt die Grundlagen zur Planung und Ausführung.

Jedermann steht die Anwendung dieses Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung.

Das Merkblatt einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des RSV unzulässig und strafbar. Das vorliegende Merkblatt wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernimmt der RSV für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen und eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Um die Aktualität des Merkblattes fortzuschreiben, ist der RSV für Mitteilung von Erfahrungen, die mit der Anwendung dieses Merkblattes verbunden sind, dankbar.

Lingen (Ems), März 2016

RSV –
Rohrleitungssanierungsverband e.V.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
1	Geltungsbereich.....4
1.1	Grundsätzliches 4
1.2	Begriffe..... 5
1.3	Verfahren und Werkstoffe 6
2	Verfüllmaterialien und -techniken 6
2.1	Verfüllmaterial 6
2.2	Anforderungen im frischen Zustand, Einbaueigenschaften 8
2.3	Anforderungen im festen Zustand 10
2.4	Prüfkriterien..... 11
2.5	Anforderungen an die Misch- und Verfülltechnik 13
3	Planung.....15
3.1	Randbedingungen des Altrohres 15
3.2	Abflusslenkung (Vorflut) 15
3.3	Profil und Ringraumgröße 16
3.4	Abdichten des Verfüllabschnitts, Einbau von Füll- und Entlüftungstutzen 16
3.5	Lagesicherung/Aussteifung 17
4	Standsicherheitsnachweise20
4.1	Allgemeines 20
4.2	Regelwerk für die statische Berechnung 20
4.3	Beanspruchungen beim Verfüllen 20
4.3.1	Grundsätzliches 20
4.3.2	Verfülldruck 21
4.3.3	Lagenweise Verfüllung 22
4.3.4	Abstandshalter / Verkeilungen 23
4.3.5	Innendruck auf das Altrohr 23
4.3.6	Wärmeentwicklung 23
4.4	Beanspruchungen nach dem Aushärten 23
4.4.1	Vorspannung des Rohres nach dem Aushärten 23
4.4.2	Allein tragendes Verfüllmaterial 23
5	Qualitätssicherung24
5.1	Allgemeines 24
5.2	Gütesicherung auf der Baustelle 25
5.2.1	Gütesicherung vor und während des Verfüllvorganges 25
5.2.2	Gütesicherung nach Abschluss des Verfüllvorganges 25
6	Tabellen- und Abbildungsverzeichnisse26
6.1	Tabellenverzeichnis 24
6.2	Abbildungsverzeichnis 24
7	Literaturverzeichnis.....27
8	Anlagen 28
8.1	Anlage 1 Baustellenprotokoll 28
8.2	Anlage 2 Injektorprotokoll für das Noppenschlauchverfahren 29
9	Bearbeitung.....30

1 Geltungsbereich

1.1 Grundsätzliches

Gegenstand des vorliegenden Merkblatts ist die Verfüllung des planmäßig hergestellten Ringraumes zwischen zu sanierenden Abwasserleitungen und -kanälen (Altrohren) und eingezogenen oder eingeschobenen Neurohren (Liningrohr). Das entstehende neue System aus Liningrohr und Verfüllung wird als Liner bezeichnet.

Der Geltungsbereich umfasst Altrohre aus allen Werkstoffen, die als Freispiegelleitungen betrieben werden. Das Liningrohr wird in einem definierten Abstand zum Altrohr eingebaut und dient als innere Schalung bei der Verfüllung des Ringraumes.

Die Ringraumverfüllung hat die folgenden Aufgaben:

- Lagesicherung des Liningrohres,
- definierte Bettung des Liningrohres,
- Vermeidung von Wassertransport durch den Ringraum,
- Vermeidung von Bodeneintrag durch Fehlstellen im Altrohr,
- Vermeidung von Gasansammlungen im Ringraum.

In Abhängigkeit vom Sanierungsverfahren kann das Verfüllmaterial eine statisch allein tragende Funktion haben.

Das vorliegende Merkblatt gilt für alle Einbauverfahren mit Ringraum und alle Querschnitte.

Dabei sind die folgenden Konstellationen möglich:

- 1) In Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser:
 - a) Altrohr und Liningrohr begehbar,
 - b) Altrohr und Liningrohr nicht begehbar,
 - c) Kombination: Altrohr begehbar, Liningrohr nicht begehbar.

- 2) In Abhängigkeit vom gewählten Bauverfahren und Verfüllmaterial:
 - a) statisch tragende Verfüllung,
 - b) statisch nicht tragende Verfüllung (nur bettende Wirkung).

Auf die Besonderheiten des kathodischen Korrosionsschutzes wird nicht eingegangen.

Das Verfüllen von Ringräumen bei Druckrohrleitungen wird in dem Arbeitsblatt DVGW W 307 „Verfüllung des Ringraumes zwischen Mantel- und Produktrohren bei der Kreuzung von Bahnanlagen, Straßen und Wasserstraßen“ beschrieben.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

1.2 Begriffe

Festmörtel	Verfüllmaterial in erstarrter, abgebundener Form
Frischmörtel	Verfüllmaterial in flüssiger, ungebundener Form
Hygienezeugnis	Zeugnis über die wasserhygienische Prüfung und Bewertung unter Berücksichtigung der technischen Regeln der LAGA Nr. 20
Injektor	Zementbasierte Suspension, Bindemittelanteil ist erforderlich
Kriechen	zeitabhängige plastische Verformung des <u>Baustoffs</u> unter Lasteinwirkung während der gesamten Nutzungsdauer
Liner	Im Rahmen der Renovierung fertig eingebrachtes Liningrohr inkl. Verfüllung
Liningrohr	zur Renovierung einzubringendes Rohr
Nicht tragendes Verfüllmaterial	Verfüllmaterial, das statisch nur der Bettung des allein tragenden Liningrohres dient
Schrumpfen / Quellen	Volumenverminderung / -vergrößerung des Verfüllmaterials in der plastischen Phase
Schwinden	zeitabhängige Volumenverminderung des Baustoffs während des Aushärtens ohne Lasteinwirkung (Ursachen: Feuchtigkeitsabgabe, chemische Reaktionen bzw. Gefügeumwandlungen)
Stützdruck	Aufgebrachter, innerer Druck auf das Liningrohr während des Verfüllvorganges
Suspension	Frischmörtel für die nicht tragende Verfüllung, d.h. mit einem Größtkorn $\leq 0,5$ mm
Tragendes Verfüllmaterial	Verfüllmaterial mit definierter Druck- und Biegezugfestigkeit, das die äußeren Lasten ohne Mitwirkung des Liningrohres aufnimmt
Trockenpulver	Verfüllmaterial vor der Wasserzugabe
Verfüllmaterial	Material zur Verfüllung des planmäßig hergestellten Ringraumes zwischen zu sanierenden Abwasserleitungen und -kanälen (Altrohr) und eingezogenen oder eingeschobenen Liningrohren, im Sprachgebrauch auch als „Dämmer“ bezeichnet
Wasserabsetzen	Volumenanteil (in Prozent) des Wassers, das sich nach 24 Stunden Standzeit vom Frischmörtel getrennt hat
Wegigkeiten	Undichtigkeiten im Altrohr und ggf. im umgebenden Boden (Hohlräume, Ausbrüche, Klüfte etc.), durch welche das Verfüllmaterial abwandern kann

1.3 Verfahren und Werkstoffe

Grundsätzlich sind Renovierungsverfahren mit nichttragendem und mit tragendem Verfüllmaterial zu unterscheiden.

Bei den nachfolgend genannten Verfahren dient das Verfüllmaterial lediglich der Bettung des Altrohres (Druckübertragung zwischen Altrohr und Liningrohr) und beteiligt sich darüber hinaus nicht an der Abtragung der äußeren Lasten.

- Einzelrohrverfahren,
- Rohrstrangverfahren (mit Ringraum),
- Wickelrohrverfahren (mit Ringraum, mit statisch tragendem Wickelrohr).

Bei den nachfolgend genannten Verfahren ist das Verfüllmaterial das tragende Element. Das Liningrohr beteiligt sich im Betriebszustand nicht an der Abtragung der äußeren Lasten.

- Noppenschlauchverfahren,
- Wickelrohrverfahren (mit statisch nichttragendem Wickelrohr).

Die genannten Verfahren sind für die Innenauskleidung von drucklosen Rohrsystemen im begehbaren und nicht begehbaren Bereich geeignet.

2 Verfüllmaterialien und –techniken

2.1 Verfüllmaterial

Allgemeines

Grundsätzlich wird zum Verfüllen von Ringräumen ein hydraulisch gebundener Werkstoff verwendet (nachfolgend als Verfüllmaterial bezeichnet). Als Suspension, d.h. in noch flüssiger, ungebundener Form, wird dieses Verfüllmaterial auch als Frischmörtel bezeichnet. Nach dem Abbinden liegt ein Festmörtel vor.

Die für ein spezielles Bauvorhaben benötigten Eigenschaften sowohl des Frisch- als auch des Festmörtels und damit die Auswahl des zu verwendenden Verfüllmaterials sind insbesondere vom ausgewählten Renovierungsverfahren und vom Sanierungsziel abhängig. Im Folgenden werden typische Anforderungen an Frisch- und Festmörtel beschrieben und Möglichkeiten zur Kontrolle dieser Eigenschaften dargelegt.

Das Material ist auf die speziellen Anforderungen der Baumaßnahme abzustellen, die bei der Planung definiert werden müssen. Dies können Parameter sein wie beispielsweise die maximale Aushärtetemperaturen bei wärmeempfindlichen Liningrohren, verkürzte Aushärtezeiten bei begrenzter Einbauzeit oder höhere Druckfestigkeiten bei entsprechendem Ansatz in der Statik.

Das Verfüllmaterial kann aus den nachfolgend genannten Grundmaterialien bestehen:

- Zement nach DIN EN 197-1,
- Gesteinsmehl nach DIN EN 12620,
- Steinkohlenflugasche nach DIN EN 450-1,
- Ölschiefer,
- gemahlener Hüttensand,
- Wasser.

Unterschiedliche Zusatzmittel nach DIN EN 206 können verwendet werden und sind auf den Anwendungsfall abzustimmen. Häufig eingesetzt werden beispielsweise Verflüssiger, Verzögerer oder Porenbildner.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Der Einsatz von Steinkohlenflugaschen ist aufgrund der Umweltverträglichkeit beschränkt.

Grundsätzlich ist dem Auftraggeber vor Beginn jeder Baumaßnahme ein technisches Merkblatt des vorgesehenen Verfüllmaterials (vormals Datenblatt), Sicherheitsdatenblatt und ein Hygienezeugnis der Umweltverträglichkeit vorzulegen.

Das Merkblatt muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Name des Herstellers,
- Produktbezeichnung,
- Druckfestigkeit,
- Suspensionsdichte,
- Wasserabsetzverhalten,
- Fließfähigkeit.

Die Herstellerangaben für die Verarbeitung beziehen sich auf 20°C. Abweichende Temperaturen können sowohl die Festigkeitsentwicklung als auch die Materialkennwerte im Endzustand beeinflussen. Die Eigenschaften des Materials müssen für die vorliegenden Bedingungen (insbesondere für die Temperatur) im Kanal bekannt sein. Das Verfüllkonzept muss darauf abgestimmt werden. Bei extremen Wetterlagen im Sommer oder Winter müssen Lagerung und Verarbeitung mit dem Hersteller abgestimmt werden.

Gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen sind:

- Beheizen des Trockenpulvers,
- Warmwasserbereitung des Mischwassers (ggfs. auch des Stützdruckwassers),
- Einsatz von Nach-oder Zusatzmischern,
- schattige Lagerung des Trockenpulvers,
- Schichtdicken (Lagen) möglichst gering halten.

Nach dem Einbau ist das Material vor Frost und vor Austrocknung zu schützen.

Das Hygienezeugnis sollte für das entsprechende Produkt folgendes bestätigen:

- grundsätzlich:
Z0 gemäß LAGA-Richtlinie¹,
- bei Einbau in Wasserschutzzonen:
Für Wasserschutzzonen 1 und 2 muss die zuständige Behörde eine Einzelfallbewertung vornehmen. Die Einteilung der Umweltrelevanz erfolgt z.B. nach LAGA Grenzwerten.

¹ LAGA-Richtlinie M 20 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

2.2 Anforderungen im frischen Zustand, Einbaueigenschaften

In den Tabellen 1 bis Tabelle 3 sind die erforderlichen Eigenschaften des Frischmörtels getrennt für die verschiedenen Verfahren zusammengestellt:

- Tabelle 1: für Verfahren mit nichttragenden Verfüllmaterialien
- Tabelle 2: für Wickelrohrverfahren mit tragendem Linerrohr (also mit nichttragendem Verfüllmaterial)
- Tabelle 3: für Noppenschlauchverfahren

Die Eigenschaften des Frischmörtels für das Wickelrohrverfahren mit nichttragendem Linerrohr sind der DIN EN 16506 zu entnehmen.

Tabelle 1: Erforderliche Eigenschaften des Frischmörtels* bei nichttragenden Verfüllmaterialien

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren Bemerkungen
Größtkorn	≤ 0,5	mm	DIN EN 196-6
Suspensionsdichte	1.500 bis 1.800	kg/dm ³	
	< 1.000	kg/dm ³	bei Porenleichtmörtel
Fließfähigkeit	> 79	cm	im Fließrinnenversuch ²
Hydratationswärme	in Abhängigkeit vom Rohrwerkstoff		
Wasser-/Bindemittelwert (W/B-Wert)	Nach Herstellerangabe		Prüfung über Suspensionsdichte
Wasserabsetzverhalten nach 24 h im Standzylinder	< 1,0	Vol. %	DIN EN 1538
Quellmaß Einpressversuch mit Dosentest	nicht relevant		DIN EN 445
Stabilität der Suspension nach 3 Stunden (Bluten)	nicht relevant		DIN EN 445

* In Ergänzung zur Tabelle 10 der DIN 19573

² Im Fließrinnenversuch nach DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Tabelle 2: Wickelrohrverfahren mit nichttragender Ringraumverfüllung

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren Bemerkungen
Verarbeitungszeit bei 20° C	ca. 90	min	Herstellerangaben
Quellmaß	≥ 0,1	Vol. %	DIN EN 445
Größtkorn	i.d.R. nicht relevant		
Suspensionsdichte	Deklariertes Wert innerhalb der vom Lieferanten des Liningsystems festgelegten Toleranzen		
Fließfähigkeit			
Hydratationswärme	i.d.R. nicht relevant		

Tabelle 3: Erforderliche Eigenschaften des Verfüllmaterials beim Noppenschlauchverfahren

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren / Bemerkungen
Verarbeitungszeit bei 20°C, kontinuierlich	90	Min.	Abhängig von der Mischtechnik
Verarbeitungstemperatur	5 -30	°C	
Quellmaß nach KonsistenzEinstellung bei 20°C	0,5	Vol%	Nach ca. 10-15 h ca.1cm/Literflasche
Größtkorn	bis 0,125	mm	
Suspensionsdichte	2,05 bis 1,93	kg/dm ³	
Fließfähigkeit nach Marsh, 8 mm Düse	0 Min = 20-45s 5 Min = 20-45s 60 Min = 20-60s dünnflüssig/niedrigviskos	s	DIN EN 14117
W/B, Zielwerte	0,32 bis 0,40	Faktor	Herstellerangabe
Wasserabsetzen	Nach Herstellerangabe		DIN EN 1538
Aushärtungszeitraum bei 20°C	12-16	Stunden	

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

2.3 Anforderungen im festen Zustand

Der Festmörtel sollte bei nichttragenden Verfüllmaterialien die in den Tabellen 4 und 5 genannten Eigenschaften aufweisen. In Tabelle 6 werden die Eigenschaften des Festmörtels beim Noppenschlauchverfahren genannt.

Tabelle 4: Erforderliche Eigenschaften des Festmörtels* bei nichttragenden Verfüllmaterialien

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren / Bemerkungen
Trockenrohddichte	1,4 bis 1,6	kg/dm ³	
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	≥ 1,0	MPa	in Anlehnung an DIN EN 196-1 ³
Schwinden	≤ 0,5	Vol. %	DAfStb-Richtlinie ⁴
Wasserdurchlässigkeit k _f	≤ 10 ⁻⁸	m/s	DIN 18130

* In Ergänzung zur Tabelle 10 der DIN 19573

Tabelle 5: Wickelrohrverfahren mit nichttragender Ringraumverfüllung:

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren / Bemerkungen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Deklariertes Wert, jedoch mindestens 1,0	MPa	in Anlehnung an DIN EN 196-1 ³
Schwindmaß, 91 Tage ε _{s,m,91}	≤ 1,5	‰	SKVM III gem. DAfStB RiLi

Tabelle 6: Erforderliche Eigenschaften des Festmörtels (Injektor) beim Noppenschlauchverfahren

Eigenschaft	Wert	Einheit	Prüfverfahren / Bemerkungen
Druckfestigkeit nach 1/7/28 Tagen	40/54/77	MPa	in Anlehnung an DIN EN 196-1 ³
Biegezugfestigkeit nach 1/7/28 Tagen	4/5/8	MPa	in Anlehnung an DIN EN 196-1 ³
E-Modul nach 1/2/7 Tagen	10/12/15	MPa	Prismenprüfkörper

³ i.d.R. Prismen 40x40x160

⁴ DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“

2.4 Prüfkriterien

Die folgenden Eigenschaften des Verfüllmaterials sind abzufragen bzw. vom Hersteller anzugeben:

- Verarbeitungszeit
- Volumenänderung (Schrumpfen/Quellen)
- Größtkorn
- Hydratationswärme
- Schwinden
- Wasserdurchlässigkeit

Weitere Eigenschaften sind auf der Baustelle zu überprüfen bzw. zu beproben. Diese werden nachfolgend beschrieben:

Wasser-/ Bindemittelwert und Suspensionsdichte (W/B-Wert)

Der Wasser-/Bindemittelwert (W/B-Wert) ist der Massenquotient aus Wassermenge und Bindemittelmenge, die zur Herstellung der Suspension eingesetzt werden. Der vom Hersteller angegebene Grenzbereich zum W/B-Wert sollte keinesfalls überschritten werden, um ein hohes Wasserabsetzen, schlechte Verfüllgrade und Minderfestigkeiten bis hin zum vollständigen Ausbleiben der Erhärtung zu vermeiden. Da die Dichte des Frischmörtels den W/B-Wert bestimmt, kann sie als zuverlässiger Indikator für das richtige Mischungsverhältnis der Baustoff Suspension herangezogen werden. Die Dichtewerte werden vom Hersteller angegeben und können auf der Baustelle mittels Spülungswaage oder alternativ mit einer Feinwaage und einem Litergefäß ermittelt werden.

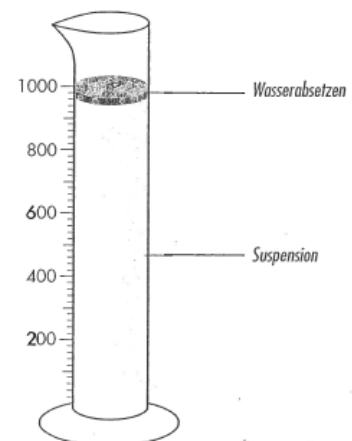
$$\text{Suspensionsdichte} \left[\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = \frac{\text{Masse der Suspension} [\text{kg}]}{\text{Volumen der Suspension} [\text{dm}^3]}$$

Wasserabsetzverhalten

Die Bestimmung des Wasserabsetzens sollte auf der Baustelle mit einem 1000 ml-Messzylinder nach DIN EN 1538 durchgeführt werden.

Der Messzylinder wird mit dem Frischmörtel gefüllt, erschütterungsfrei aufgestellt und abgedeckt. 24 Stunden nach dem Füllen wird das Volumen des abgesetzten Wassers bestimmt.

$$WA[\text{Vol}\%] = \frac{\text{abgemessene Wassermenge} [\text{ml}]}{\text{Volumen des Messzylinders} [\text{ml}]} 100$$



Messzylinder zur Bestimmung des Wasserabsetzens →

Für das Noppenschlauchverfahren (also die Zementmörtelinjektion) ist diese Überprüfung laut Herstellerangabe nicht erforderlich, da eine vollständige chemische Bindung erfolgt.

Fließfähigkeit

Eine fließfähige Konsistenz des einzubringenden Verfüllmaterials ist die Voraussetzung für eine hohlraumfreie Verfüllung. Die Fließfähigkeit wird wesentlich bestimmt über den Wasser-/Bindemittelwert und ggfs. beigefügte Fließverbesserer.

Diese Eigenschaft kann mit Hilfe einer Fließrinne (Abbildung 1) vor dem Einbau auf der Baustelle bestimmt werden. Die Prüfung erfolgt nach DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“.

Eine Fließlänge des Verfüllmaterials von größer als 79 cm ist bei vorgegebenem Mischungsverhältnis einzuhalten.



Abbildung 1: Fließrinne für die Konsistenzprüfung

Das Trichterviskosimeter nach Marsh ist ein Messgerät zur einfachen Bestimmung der Viskosität. Die Injektorviskosität für das Noppenschlauchverfahren wird vor jeder Ringraumverfüllung über eine 8 mm Düse mehrfach geprüft (0, 30 und 60 Minuten siehe Tab.3). Dabei wird der stets gut gereinigte Trichter zunächst angefeuchtet, mit einem Feinsieb abgedeckt, unterhalb an der 8 mm Auslaufdüse mit dem Finger verschlossen und vollständig befüllt. Die Marsh-Trichter-Viskosität bzw. Trichterauslaufzeit (TAZ) ist das Verhältnis der Geschwindigkeit, mit der die Probenflüssigkeit durch die Auslaufdüse austritt, zu der Kraft, mit der die Flüssigkeit durch die Auslaufdüse drückt. Sie wird gemessen in Sekunden, die 1000 ml Probenflüssigkeit benötigt, um aus einem vollen Marsh-Trichter durch die Auslaufdüse zu fließen. Bestätigen sich die zulässigen Fließzeitfenster kann die Verfüllung des Ringraumes durchgeführt werden.



Abbildung 2: Befüllung des Marshtrichters auf der Baustelle

Festigkeit

Um die Festigkeiten zu nachzuweisen, müssen auf der Baustelle Proben in Form von Prismen in Anlehnung an DIN EN 196-1 hergestellt werden (s. Abbildung 3).

Die eigentliche Prüfung der Druck- und ggf. Biegezugfestigkeit erfolgt durch ein zugelassenes, geeignetes Prüflabor.

Die Probenahme und -lagerung müssen fachgerecht erfolgen; insbesondere sind die Proben vor Frost, Austrocknung und Beschädigung zu schützen. Die Beprobung ist im Vorfeld mit dem Prüflabor und dem Auftraggeber abzustimmen.



Abbildung 3: Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung auf der Baustelle

2.5 Anforderungen an die Misch- und Verfülltechnik

Das Mischen und Einbringen des Verfüllmaterials erfolgt in der Regel mit der jeweils erforderlichen Misch- und Pumpentechnik. Die Mischanlage muss eine klumpenfreie und homogene Verfüllsuspension erzeugen.

Die Misch- und Nachmischertechnik ist vom jeweiligen Verfüllmaterial abhängig.

In der Regel kommt mindestens ein Zwangsmischer zum Einsatz.

Kleinere Mengen an Verfüllmaterial können als Sackware bezogen und mit Mörtelpumpen gemischt und gepumpt oder werkseitig als Fließmörtel bezogen werden. Bei Bedarf an großen Mengen des Verfüllmaterials wird der Trockenmörtel üblicherweise in Stand- oder Fahrsilos (auch Big Bag-Technik) angeliefert und mit dementsprechend leistungsfähiger Misch- und Pumpentechnik aufbereitet.

Die Verfüllung sollte mit möglichst geringem Druck erfolgen. Zu großer Druck beim Verfüllen kann zu einer Überbeanspruchung des Liningrohres, zu Undichtigkeiten im Verbindungssystem und zum Entmischen des Frischmörtels führen. Beim sogenannten „drucklosen“ Verfüllen läuft das Verfüllmaterial nur unter dem hydrostatischen Druck vom Tiefpunkt aus in den Ringraum. Reicht der hydrostatische Druck nicht aus, ist für die Verfüllung eine Pumpe zu verwenden. Der Pumpendruck darf dabei im Ringraum keinen höheren Druck erzeugen, als in der Statik (Montage-Zwischenzustände) angesetzt wurde. Der Ringraum wird vom Tiefpunkt ausgehend über Füllstützen zum Hochpunkt kontinuierlich verfüllt bis Material aus dem Entlüftungsstützen am Hochpunkt des Altrohres (ca. 50-70 cm über Altrohrscheitel) austritt.

Während der Verfüllung des Ringraumes kann zusätzlich ein Stützdruck (Innendruck im Liningrohr) aufgebracht werden, der einen höheren Verfülldruck erlaubt. Insbesondere bei großen Verfülllängen müssen der Stütz- und der Verfülldruck sorgfältig überwacht werden.

Während des Verfüllvorgangs bis zur Erhärtung muss die geforderte Lagesicherheit des Liningrohres gewährleistet sein (vgl. Abschnitt 4). Die Verfüllung kann über die gesamte Haltung oder abschnittsweise erfolgen. Bei nicht-begehbaren Profilen wird grundsätzlich haltungsweise verfüllt. Bei begehbaren Profilen ist die Anordnung von werksseitig eingebauten Verfüllstützen im Liningrohr über die Haltung verteilt möglich. Alternativ können auf der Baustelle Bohrungen gesetzt werden. Die Anordnung kann wechselseitig im Scheitel- bzw. Sohlbereich erfolgen. Nach erfolgter Verfüllung und Aushärtung des Materials werden die Verfüllstützen mit Edelstahlkappen bzw. die Bohrungen durch Laminieren oder Verschweißen verschlossen. Die Verfüllstützen bzw. Bohrungen bieten eine Kontrollmöglichkeit des Verfüllerefolgs.

Die Verfüllung kann lagenweise oder über die gesamte Ringraumhöhe erfolgen. Insbesondere bei großen Profilen ist grundsätzlich ein lagenweises Verfüllen zu empfehlen, da die Beanspruchung des Altrohres und des Liningrohres reduziert wird, weil die ersten Lagen drucklos eingebracht werden können und während der Verfüllung der nachfolgenden Lagen eine radiale Stützung des Liningrohres bei Bewegungen nach außen erzeugen. Hingegen ist nicht von einer Reduzierung des Auftriebs bei lagenweiser Verfüllung auszugehen, da beim Abbinden oder durch Verformung ein kleiner Ringspalt entstehen kann und damit bei der nächsten Lage wieder der volle hydrostatische Druck wirkt (s. Abschnitt 4.3.3).

Die jeweils nächste Lage ist erst nach dem Abbinden der vorherigen einzubringen.

Die Kontrolle erfolgt z.B. über eine Rückstellprobe (vgl. Abschnitt 5.2.1).

Auch beim Wickelrohrverfahren mit nichttragendem Liningrohr kann das statisch tragende Verfüllmaterial lagenweise eingebracht werden. Hierbei muss neben einer ausreichenden Anfangsfestigkeit darauf geachtet werden, dass die Lagen „frisch in frisch“, d.h. im noch nicht erstarrtem Zustand eingebracht werden, um den Verbund zwischen den Lagen herzustellen (Biegezugfestigkeit, Scherfestigkeit).

Bei statisch tragendem Verfüllmaterial, wie z.B. der Zementmörtelinjektion beim Noppenschlauchverfahren, muss der Ringraum in einem Arbeitsgang verfüllt werden.

Das fertige, zur Verfüllung (Injektion) vorbereitete Noppenschlauchsystem hat auf der Tiefpunktseite ausreichende Verfüllquerschnitte vorzuhalten. Die Misch- und Nachmischertechnik ist in Ihrer Leistungsfähigkeit so anzupassen, dass die geforderten Suspensionseigenschaften, Bedarfsmengen und Verarbeitungszeiträume sicher eingehalten werden können.

3 Planung

3.1 Randbedingungen des Altrohres

Fremdwasser

Vor dem Verfüllen des Ringraumes sollte sichergestellt werden, dass während des Verfüllens und Aushärtens ein vorhandener Fremdwassereintritt unterbunden wird. Bei begehbaren Profilen kann vor Einbau des Liningrohres aus dem Altrohr heraus abgedichtet werden. Bei nicht begehbaren Profilen ist eine Abdichtung mittels Robotertechnik möglich.

Ziel der Abdichtung gegen Fremdwasser ist es, die Entmischung und/oder unkontrollierte Erhöhung des Wasseranteils des Verfüllmaterials zu verhindern. Die vorbereitende Abdichtung gegen Fremdwasser ist eine temporäre Bauhilfsmaßnahme und stellt planmäßig keine dauerhaft wasserdichte Ausführung dar. Deshalb ist eine Grundwasser-Analyse auf angreifende Inhaltsstoffe notwendig. Ferner ist das Verfüllmaterial bezüglich seiner Dauerhaftigkeit auf das anstehende Grundwasser abzustimmen.

Die Unbedenklichkeit des Verfüllmaterials bei Grundwasserkontakt muss nachgewiesen werden (Hygienezeugnis vgl. Abschnitt 2.1).

Beim Noppenschlauchverfahren besteht durch den Einsatz einer 2 mm dicken Prelinerbahn ein zuverlässiger Schutz gegen Entmischung, d.h. es ist keine Vorabdichtung gegen Fremdwasser erforderlich.

Undichtigkeiten des Altrohres

Besteht aufgrund von Undichtigkeiten des Altrohres die Möglichkeit, dass Frischmörtel nach außen austritt, muss der anstehende Boden und seine Lagerung betrachtet werden.

Es ist zu überprüfen, ob im Untergrund Wegigkeiten (Ausbrüche, Hohlräume, Klüfte etc.) für austretendes Verfüllmaterial vorliegen können und damit die Gefahr besteht, dass anliegende Bauwerke unbeabsichtigt mit verfüllt werden.

Gleichzeitig kann das Verfüllmaterial – außer beim Noppenschlauchverfahren – Hohlräume im Untergrund mit verfüllen.

Reinigung des Altrohres

Das Altrohr muss frei von Abwasserinhaltsstoffen sein, die das Abbinden des Verfüllmaterials beeinträchtigen.

3.2 Abflusslenkung (Vorflut)

Der Ringraum ist von Abwasser frei zu halten. Sollte es zu Abwasserzutritt kommen, kann der Ringraum ggf. nicht mehr vollständig mit Verfüllmaterial gefüllt werden, was insbesondere bei statisch tragenden Verfüllsystemen kritisch ist.

Um den Zutritt von Abwasser in den Ringraum zu verhindern, ist im Oberlauf eine Abmauerung oder ggf. eine andersartige dauerhafte Abdichtung des Ringraums notwendig. Besteht im Unterlauf die Gefahr von Abwasserzutritt über Rückstau, ist während Arbeitsunterbrechungen oder bei akutem Andrang von Abwasser über Rückstau eine temporäre Abdichtung vorzusehen, um den Ringraum zu sichern.

Abwasser aus Anschlussleitungen kann in begehbaren Profilen gefasst und im Liner mitgeführt werden. Auch hier sind eine Verunreinigung durch Einleiten in den Unterlauf des Hauptrohres und Ablagerungen bzw. Rückstau zu verhindern (z.B. durch Ableitung des Abwassers in festen Leitungssystemen).

3.3 Profil und Ringraumgröße

Für das Verfüllen ist ein ausreichend großer Ringraum erforderlich.

Die erforderliche Ringraumgröße ist u. a. abhängig von

- dem vorhandenem Profil des Altrohres,
- dem gewählten Profil und Verbindungssystem des Liningrohres,
- dem gewählten Liningverfahren,
- der Funktion der Verfüllung (statisch tragend oder nichttragend),
- der Maßgenauigkeit des Altrohres und
- der Länge der Verfüllstrecke.

Bei einer statisch nichttragenden Verfüllung sollte der Außendurchmesser des Liningrohres mindestens 6 cm kleiner sein als der Innendurchmesser des Altrohres (d.h. mindestens 3 cm planmäßige Ringraumdicke).

Diese Maße sind bereits bei der Planung der eigentlichen Renovierung mittels Liningrohr wichtig, um den maximal möglichen hydraulischen Querschnitt ermitteln zu können.

Beim Verfüllen errechnet sich aus dem Ringraum das benötigte Volumen an Verfüllmaterial.

Je nach Zustand des Altrohres können Abweichungen von der errechneten Menge Frischmörtel auftreten (z.B. Fugentiefe, Verfüllung von anstehenden Hohlräumen durch das undichte Altrohr).

Gemäß VOB/C DIN 18326 ist das Verfüllmaterial in Raummaß (l, m³) oder Masse (kg, t) auszusprechen.

Eine Kalibrierung / Vermessung des Altrohres ist im Rahmen der Planung vorzunehmen.

Sollte dies in Ausnahmefällen nicht möglich sein (z.B. weil hierzu eine sehr aufwendige Vorflut notwendig wäre), ist in der Planung eine ausreichende Sicherheit in Form eines ggf. kleineren Liningrohres vorzusehen. Auch für den Fall, dass das Altrohr größere Maßintoleranzen aufweist, muss sichergestellt werden, dass der Ringraum nicht zu klein wird. Neben den möglichen Schwierigkeiten beim Einbringen der Liningrohre, können an Engstellen größere Drücke beim Verfüllen entstehen, die den Gesamterfolg des Verfüllvorganges gefährden können (z.B. durch Entmischung des Frischmörtels). Sind Engstellen aufgrund der Altrohrgeometrie nicht zu vermeiden, ist die Verfülllänge zu begrenzen. Die Verfüllstrecken sollten dann so gewählt werden, dass die kritische(n) Engstelle(n) möglichst am Ende liegt/liegen. Dies gilt auch im Bereich von größeren Zuläufen.

Bei dem weitestgehend profilunabhängigen Noppenschlauchverfahren wird der gleichbleibende, statisch erforderliche Ringraum über die Verwendung sogenannter Ankernoppenbahnen in 13 mm und 19 mm Höhe sichergestellt. Die Längenbegrenzung liegt bei ca. 90 m - 120 m, wenn keine Zwischenbefüllstützen eingerichtet werden können.

3.4 Abdichten des Verfüllabschnitts, Einbau von Füll- und Entlüftungsstützen

Es muss darauf geachtet werden, dass alle Öffnungen des Ringraums dicht verschlossen und mit Befüll- und Entlüftungsstützen versehen sind, um ein unbeabsichtigtes Austreten des Frischmörtels zu verhindern.

- Höchstes Augenmerk muss auf die dichte Einbindung der Anschlussleitungen gelegt werden, da diese während des Verfüllvorgangs schlecht bzw. nur indirekt unter Beobachtung stehen.
- Bei der Auskleidung mit vorgefertigten Rohren (Einzelrohr- oder Rohrstrangverfahren) muss der Ringraum mittels Abmauerung bzw. Mörtel verschlossen werden. Die für die Verfüllung notwendigen Stützen werden mit eingemauert / eingemörtelt.
- Bei Rohren mit hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten (z.B. PE, PP) muss die Einbindung als „Gleitlager“ ausgebildet werden, um Wärmeausdehnung nicht zu behindern.
- Um einen eventuellen Grundwasserzufluss durch den nach dem Abbinden des Verfüllmaterials verbleibenden Ringspalt zu vermeiden, muss die Abdichtung an den Anfangs- und Endpunkten dauerhaft dicht ausgeführt werden.

3.5 Lagesicherung / Aussteifung

Der vom Scheitel zur Sohle zunehmende hydrostatische Druck des Frischmörtels erzeugt eine große, nach oben gerichtete resultierende Kraft (Auftrieb), die eine entsprechende Beschwerung oder Stützung des Liningrohres erfordert. Darüber hinaus ist eine horizontale Lagesicherung erforderlich. Wenn das Liningrohr vor der Ringraumverfüllung zur temporären Durchleitung des Abwassers genutzt wird, ist das entsprechende Gewicht bei der Lagerung in der Sohle zu berücksichtigen.

Zur Lagesicherung werden verschiedene Systeme (auch in Kombination miteinander) eingesetzt:

Nicht begehbare Bereich:

- System fest installierter Abstandshalter, die mit den Liningrohren eingezogen werden.
- Ballastierung während des Verfüllvorgangs (mit Wasser oder anderen Gewichten),
- Einsatz von Porenleichtbeton; da es bei der Verwendung von Porenleichtbeton in der Praxis immer wieder zu Problemen kommt, sollte diese Art der Auftriebssicherung nur im Ausnahmefall in Betracht gezogen und nur bei gleichzeitiger Wasserfüllung des Rohrstrangs ausgeführt werden.
- Integrierte Ankernoppen im Noppenschlauch-Liner (13 mm oder 19 mm)

Grundsätzlich kann im nicht-begehbaren Bereich lediglich die Lage des Altrohres mit dem Liningrohr „nachgefahren“ werden. Lagekorrekturen sind nicht möglich.

Begehbare Bereich:

- Absteifung durch Verkeilung (z.B. Kanthölzer, Kunststoffformteile)
- Lagesicherung im Ringraum durch Faserzementabstandhalter
- Absteifung mittels Spindeln
- Kombination aus Innenaussteifung und Abstandhaltern
- Fest installierte Abstandshalter bei Einschub- oder Einziehverfahren
- Noppenschlauchsegmente mit Wandstärken über 40 mm

Wenn bei der Absteifung Hölzer zum Einsatz kommen, müssen diese mind. 24 Std. vorgewässert werden, um ein Aufquellen beim Verfüllen zu vermeiden.

Im begehbaren Bereich ist beim Einfahrverfahren eine Lagekorrektur bis hin zur Umkehr der Fließrichtung (in Abhängigkeit der gewählten Größe des Liningrohres und der Örtlichkeit) möglich.

Bei mechanisch absteifenden Fixierungssystemen ist grundsätzlich darauf zu achten, dass der Lastabtrag möglichst flächig und über den Profilmfang verteilt erfolgt, um keine Punktlasten einzubringen (weder auf das Liningrohr noch auf das Altrohr). Ein entsprechender Nachweis der Standsicherheit und der Verformung muss in der Statik für alle am Tragsystem beteiligten Elemente erfolgen, d.h. für das Altrohr, das Liningrohr und das Fixiersystem.

Die möglichen Systeme zur Lagesicherung mit ihren entsprechenden Vor- und Nachteilen sind in der Tabelle 7 für nicht begehbare und in der Tabelle 8 für begehbare Bereiche zusammenfassend dargestellt.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

Tabelle 7: Vor- und Nachteile der Systeme zur Lagesicherung, nicht begehbare Bereiche

	Vorteile	Nachteile
Vorinstallierte Abstandshalter	<ul style="list-style-type: none"> • Sichere, mechanische Lagefixierung • Fixierung in unterschiedlichen Höhenlagen innerhalb des Altrohrs möglich • Vorflut kann schon vor Verfüllung des Ringraums durch das Liningrohr geleitet werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Je nach Zustand des Altrohrs ist mehr oder weniger großes Spiel beim Einzug notwendig, damit sich Rohrstrang beim Einziehen nicht „festklemmt“. • Um dieses Spiel kann das Rohr beim Verfüllen auftreiben. Durch eine Ballastierung im Innenrohr kann dies verhindert werden
Ballastierung	<ul style="list-style-type: none"> • Störungsfreier Einzug möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Ballastierung mit Wasser i.a. nicht ausreichend. • Bei zusätzlicher Ballastierung z.B. durch Einzug einer Kette oder anderer Gewichte ist ggf. ein Schutz des Liningrohres notwendig. • Lagefixierung ist lediglich in der Sohle möglich.
Porenleichtbeton	<ul style="list-style-type: none"> • Störungsfreier Einzug möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch Entmischen kann sich die Dichte des Frischmörtels erhöhen, was zum Auftreiben des Rohres führen kann. • Lagefixierung ist lediglich in Sohle möglich. • Bei Haltungen mit Unterbögen kann der Porenleichtbeton das Wasser nicht aus den Unterbögen drücken (Unterbögen sind vorher zu beheben oder der Einsatz von Porenleichtbeton entfällt).

Tabelle 8: Vor- und Nachteile der Systeme zur Lagesicherung, begehbare Bereiche

	Vorteile	Nachteile
Verkeilung	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch einfach • Im Einsatz flexibel (z.B. variable Verteilung über Umfang) • Bei geeigneter Dimensionierung und Ausführung flächiger Lastabtrag 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei falscher Dimensionierung und Ausführung Gefahr von Punktlasten
Spindeln	<ul style="list-style-type: none"> • Wegen schlanker Abmessung geringe Behinderung des Verfüllvorgangs 	<ul style="list-style-type: none"> • Da die Spindeln selbst einen sehr geringen Querschnitt aufweisen, muss auf eine flächige Lastverteilung geachtet werden (sowohl auf das Altrohr als auch aufs Liningrohr) • Erst ab einer ausreichenden Ringraumgröße einsetzbar (minimale Dicke ca. 4 cm)
Vorinstallierte Abstandshalter	<ul style="list-style-type: none"> • Beim Einschub- bzw. Einziehverfahren einzig umsetzbare technische Lösung 	<ul style="list-style-type: none"> • Je nach Zustand des Altrohres ist ein mehr oder weniger großes Spiel beim Einzug notwendig, damit sich der Rohrstrang beim Einziehen nicht „aufhängt“; um dieses Spiel wird das Rohr beim Verfüllen auftreiben; dieses kann ggf. durch Ballastierung verhindert werden • keine definierten Lagekorrekturen möglich; Liningrohr „fährt“ Lage des Altrohrs nach

4 Standsicherheitsnachweise

4.1 Allgemeines

Bei der statischen Berechnung von Linern mit Ringraumverfüllung ist zwischen der Bauphase mit flüssigem Verfüllmaterial und der Betriebsphase mit erhärtetem Verfüllmaterial zu unterscheiden. Der Frischmörtel erzeugt einen hydrostatischen Außendruck, der in der Regel für das Liningrohr eine beanspruchungserhöhende (ungünstige) Einwirkung darstellt. Der Festmörtel dient als Bettung für das Liningrohr und wirkt daher in statischer Hinsicht beanspruchungsmindernd (günstig).

Darüber hinaus wird das Verfüllmaterial bei einigen Verfahren als tragender Ring genutzt, der unter Aktivierung von tangentialen Biegedruck- und Biegezugspannungen äußere Lasten ohne Beteiligung des Liningrohres aufnehmen kann.

Somit sind bei der Aufstellung der Standsicherheitsnachweise drei grundlegende statische Eigenschaften des Verfüllmaterials zu berücksichtigen:

- belastend für den Liner im flüssigen Zustand,
- beanspruchungsmindernd für den Liner im erhärteten Zustand durch die entstandene Bettung (statisch nichttragende Verfüllung)
- allein tragend mit nachgewiesenen Festigkeitseigenschaften (statisch tragende Verfüllung)

4.2 Regelwerk für die statische Berechnung

Die statische Berechnung erfolgt nach dem Arbeitsblatt DWA-A 143-2 „Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren.“ Darin sind im Abschnitt 6.2 die Einwirkungen durch das Verfüllen des Ringraumes (Bauzustand) sowie die zugehörigen Nachweise definiert. Für den Betriebszustand werden im Abschnitt 7.3.2 des DWA-A 143-2 die anzusetzenden Imperfektionen auch für Verfahren mit verfülltem Ringraum definiert.

Die für die Verfahren mit Ringraumverfüllung maßgebende Imperfektion „Ringspalt“ wird entscheidend durch das Schwinden und ggf. durch das Kriechen des Verfüllmaterials bestimmt. Aus diesem Grunde darf das in der Statik angesetzte Schwindmaß nicht überschritten werden. Die Kriecheigenschaften müssen bei tragenden Hinterfüllungen über einen Kriechversuch bestimmt und ggf. in der Statik über einen Langzeit-E-Modul berücksichtigt werden.

Bei den Standsicherheitsnachweisen im Betriebszustand wird grundsätzlich vorausgesetzt, dass der Liner rundum starr gebettet ist. Deshalb muss das Verfüllmaterial

- eine hohe Steifigkeit im Vergleich zum Liner aufweisen und
- eine rundum vollständige Bettung des Liners gewährleisten.

4.3 Beanspruchungen beim Verfüllen

4.3.1 Grundsätzliches

Durch den hydrostatischen Druck beim Verfüllen des Ringraumes (Montagezustand) werden bis zur Erhärtung Beanspruchungen im Liningrohr und im Altrohr erzeugt, die zu einem Bruch- oder zu einem Stabilitätsversagen führen können. Deshalb muss die Standsicherheit des Liners für die Einwirkungen während des Verfüllvorganges mit einer statischen Berechnung nachgewiesen werden.

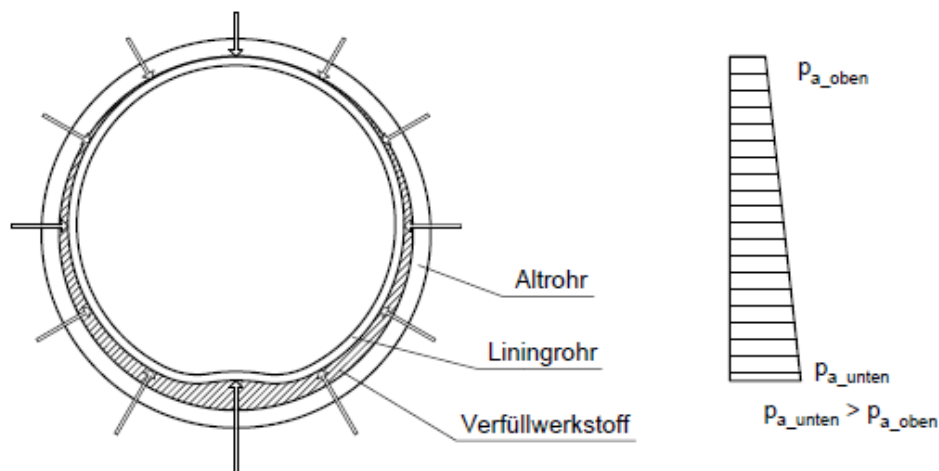


Abbildung 4: Frischmörteldruck auf das Liningrohr (Beulgefahr beim Kreisprofil insbesondere in der Sohle)

Die Abbildung 4 zeigt die nach unten zunehmende Außendruckbelastung der Liningrohres während der Verfüllung. Die größte Beulgefahr besteht beim Kreisprofil daher in der Sohle.

Die Beanspruchungen werden insbesondere durch die nachfolgenden Faktoren beeinflusst:

- Geometrie des Liningrohres
- Spez. Gewicht des Frischmörtels
- Verfüllhöhe bzw. Verfülldruck
- Temperaturentwicklung des Verfüllmaterials

Die Beanspruchbarkeit des Liningrohres wird insbesondere durch seine Wanddicke und durch die Werkstoffeigenschaften hinsichtlich Steifigkeit und Festigkeit bestimmt.

Vor dem Verfüllen muss sichergestellt werden, dass alle Parameter mit den in der Statik getroffenen Voraussetzungen übereinstimmen. Bei Abweichungen zur unsicheren Seite muss eine neue Statik aufgestellt werden.

4.3.2 Verfülldruck

Der hydrostatische Außendruck während bzw. unmittelbar nach der Verfüllung ist die maßgebende Einwirkung auf das Liningrohr und darf den in der Statik angegebenen Wert nicht überschreiten. Der größte hydrostatische Druck aus der Frischmörtelsäule tritt an der Sohle des Tiefpunkts auf. Bei Sonderprofilen kann der kritische Druck auch an anderer Stelle auftreten (beispielsweise beim Ei-Profil: Kämpfer im Bereich des größten Radius).

Um das Beulen zu vermeiden, kann ein planmäßiger Gegendruck erzeugt werden, indem das Liningrohr mit Wasservollfüllung (Abbildung 5) oder im kleinen Nennweitenbereich mit Druckluft (Abbildung 6) beaufschlagt wird.

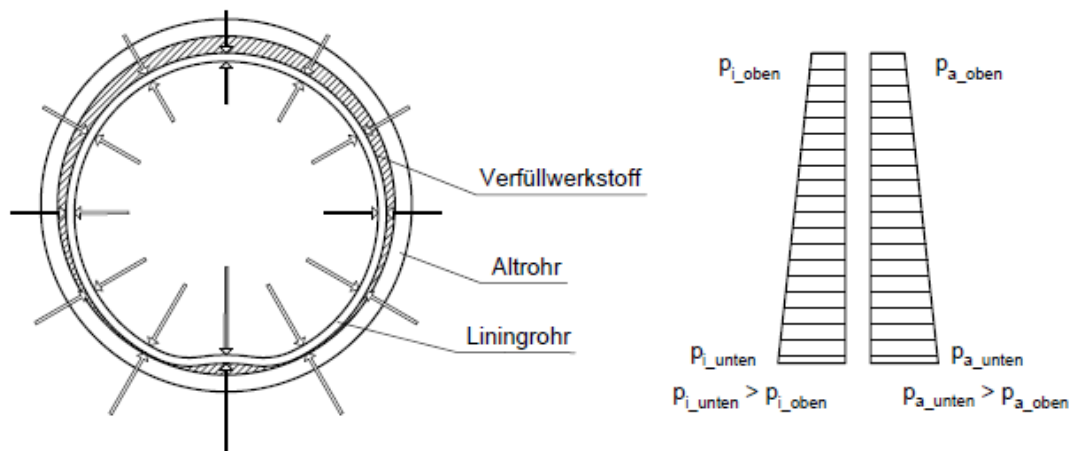


Abbildung 5: Verfülldruck und Wasserfüllung als Stützdruck (Lagesicherung des Neurohres nicht dargestellt)

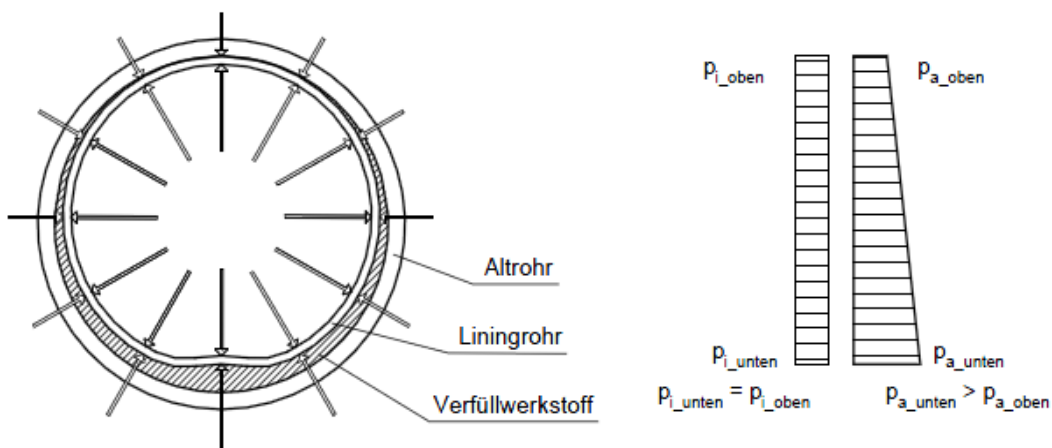


Abbildung 6: Verfülldruck und Druckluft als Stützdruck (Lagesicherung des Neurohres nicht dargestellt)

4.3.3 Lagenweise Verfüllung

Auch bei einer lagenweisen Verfüllung muss in der Regel der volle hydrostatische Druck angesetzt werden, der sich aus der Gesamt-Mörtelhöhe und dem Verfülldruck ergibt. Bei Verfahren, die mit einer definierten Verankerung des Liningrohres im Festmörtel arbeiten (z.B. einige Wickelrohrverfahren), kann das Gewicht des Festmörtels beim Auftriebsnachweis berücksichtigt werden. Dabei muss die Abbindezeit eingehalten werden.

4.3.4 Abstandshalter / Verkeilungen

Beim Einbau ist sicherzustellen, dass die Positionen der Abstandshalter mit den Positionen der entsprechenden Auflager in der statischen Berechnung übereinstimmen.

In der Regel erfolgt die statische Berechnung mit einem zweidimensionalen System, in dem punktuelle Auflager implementiert werden. In diesem Fall müssen sich die auf der Baustelle installierten Abstandshalter über die gesamte Länge des Liningrohres erstrecken. Werden tatsächlich nur die Rohrenden verkeilt, muss in Abhängigkeit von der Länge des Liningrohres entweder eine räumliche statische Berechnung durchgeführt werden oder es ist auf eine andere Weise nachzuweisen, dass die fehlende Stützung über die Rohrlänge keine maßgebenden zusätzlichen Beanspruchungen verursacht. Ggf. muss gemeinsam mit dem Statiker geprüft werden, ob eine punktförmige Lagerung (z.B. Verkeilung der Rohrenden) zulässig ist.

Sonderbauformen sind insbesondere beim Wickelrohrverfahren in begehbaren Querschnitten üblich. Hier kann eine Kombination von Lagesicherung und innerer Aussteifung gegen den Verfülldruck eingebracht werden.

4.3.5 Innendruck auf das Altrohr

Das flüssige Verfüllmaterial belastet das Altrohr durch Innendruck, dessen Größe etwa dem Außendruck auf das Liningrohr entspricht. Dabei können im Altrohr erhebliche Zugspannungen entstehen, die zu Rissen und zu unkontrolliertem Austritt des Verfüllmaterials in den Baugrund führen können. Der gewählte Innendruck muss deshalb den Erhaltungszustand und die Umgebungsbedingungen (Tiefenlage, anstehende Bodengruppe nach dem Arbeitsblatt DWA-A 127 usw.) des Altrohres berücksichtigen.

4.3.6 Wärmeentwicklung

Die Wärmeentwicklung während des Abbindevorganges kann zu einer Veränderung der Werkstoffeigenschaften des Liningrohres führen. Deshalb muss sichergestellt werden, dass das Neurohr nur so weit erwärmt wird, dass seine in der Statik ausgewiesenen Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften noch zutreffen. Darüber hinaus darf durch die Wärmeentwicklung keine ungünstige Belastung auf das Altrohr resultieren. Gegebenenfalls muss die Temperatur durch eine Vorgabe zur Materialauswahl begrenzt werden.

4.4 Beanspruchungen nach dem Aushärten

4.4.1 Vorspannung des Rohres nach dem Aushärten

Infolge des hydrostatischen Drucks entstehen im Liner Normalkräfte, Biegemomente und Verformungen, die nach dem Aushärten des Verfüllmaterials nicht zurückgehen. Es bleibt eine Vorspannung bestehen, die sich in Abhängigkeit vom Kriechverhalten des Liners durch Relaxation mit der Zeit verringert. Die verbleibende Verformung darf nicht größer sein als in der Statik ausgewiesen. Die durch den Verfüllvorgang rechnerisch ermittelte Verformung muss beim Standsicherheitsnachweis für den Betriebszustand des Liners berücksichtigt werden.

4.4.2 Allein tragendes Verfüllmaterial

Bei Verfahren mit allein tragendem Verfüllmaterial müssen die in der Statik ausgewiesenen Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften sichergestellt werden. Dies gilt insbesondere bei lagenweiser Verfüllung („frisch in frisch“), bei denen das vom Hersteller vorgegebene Zeitfenster für das Einbringen der jeweils nächsten Lage eingehalten werden muss.

5 Qualitätssicherung

5.1 Allgemeines

Die vom Auftraggeber geforderten Nachweise müssen im Vorwege festgelegt und vertraglich vereinbart werden.

Vor Baubeginn muss der Auftragnehmer dem Auftraggeber ein Verfüllkonzept vorlegen. Dieses muss auf das gewählte Sanierungsverfahren und die Randbedingungen der Baustelle abgestimmt sein. Es muss Aussagen zu den nachfolgenden Punkten enthalten, sofern diese bei dem vorliegendem Sanierungsverfahren zum Tragen kommen:

- Eingesetztes Personal und Gerät
- Eingesetztes Verfüllmaterial mit Angaben zu Eigenschaften gemäß Kapitel 2.2
- Art der Lagesicherung
- Sicherung gegen Beulversagen
- Nachweis der Einhaltung der statischen Vorgaben
- Verfüllabschnitte
- Abdichtung der Verfüllabschnitte gegeneinander und gegen Bauwerke
- Verfülllagen
- Entlüftungskonzept, Anordnung von Füll- und Entlüftungsstutzen
- Aussteifung von innen
- Rechnerisch ermittelte Verfüllmenge
- Vorabdichtung gegen Wassereintritte und Entfernung von Restwasser
- Maßnahmen gegen vagabundierendes Verfüllmaterial (z.B. Vorabdichtung großer Hohlräume)
- Einhaltung von Herstellervorgaben
- Kontrolle des Verfülldrucks
- Vorgesehene Probenahmen und Prüfungen
- Bauablaufplan (mit Ausweisung von Abbindezeiten)

Handelt es sich um einen begehbaren Querschnitt, sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

- Festlegung von Kontrollpunkten während der Verfüllung
- Angaben zum Verschluss von Kontrollbohrungen / Verfüllstutzen

Folgende Nachweise bezüglich Personal und Gerät sind dem Auftraggeber vom Auftragnehmer vorzulegen:

- Gütezeichen/Zertifizierung, Eigen- und Fremdüberwachung
- Handbuch/Betriebsanleitungen
- technische Ausrüstung
- Mess- und Kontrolleinrichtungen

5.2 Gütesicherung auf der Baustelle

5.2.1 Gütesicherung vor und während des Verfüllvorganges

Der Auftraggeber sollte den Verfüllvorgang vor Ort überwachen. Vor Beginn des eigentlichen Verfüllens ist zu kontrollieren, ob alle Voraussetzungen gemäß dem Verfüllkonzept vorliegen.

Das verwendete Material ist anhand von Original-Lieferscheinen nachzuweisen.

Folgende Baustellenprüfungen sollten im Rahmen der Qualitätssicherung durchgeführt werden:

- Dichtemessung mittels Spülungswaage (vgl. Kapitel 2.2),
- Überprüfung der Fließfähigkeit mittels Fließrinne oder Marshtrichter (vgl. Kapitel 2.4),
- Probenahme in 1000 ml-Messzylinder zwecks Überprüfung des Wasserabsetzverhaltens (vgl. Kapitel 2.4),
- Probenahmen in Prismenformen, ggf Überprüfung der Druckfestigkeit (vgl. Kapitel 2.4),
- bei mehrlagiger Verfüllung: Probenahme in Eimer zwecks Überprüfung der Stichfestigkeit.

Die Anzahl der zu nehmenden Proben sollte im Rahmen des Projekts sinnvoll gewählt werden.

Folgende Richtwerte können dabei behilflich sein:

Bei Anlieferung in Silozügen und Anmischen vor Ort:

- Dichtemessung und Fließfähigkeit 3 x je Silozug
- Messzylinder und Prismen 1 x je Silozug
- bei Anlieferung in Transportbetonfahrzeugen: Probenahmen mindestens haltungsweise.

Bei mehrlagiger Verfüllung kann die nächste Lage in der Regel erst eingebaut werden, wenn die vorhergehende Lage stichfest abgebunden hat (Ausnahme: statisch tragende Verfüllung beim Wickelrohrverfahren, s. Kap. 2.2). Hier dient eine Eimerprobe als Kontrolle. Die Probe muss bei Abbindebedingungen der Verfüllung gelagert werden, d.h. im Kanal. Vor Einbringen der nächsten Lage wird die Stichfestigkeit geprüft, am besten mittels einer Flügelsonde. Die Sonde sollte Werte größer 5 kPa anzeigen, bevor die nächste Lage eingebracht werden kann.

Der Verfüllvorgang ist zu protokollieren. Hierfür empfiehlt sich das „Baustellenprotokoll für den Verfüllvorgang“ (siehe Anlage 1). Während der Verfüllung sind die Entlüftungsstutzen auf Durchlässigkeit (Luftstrom) zu kontrollieren.

Beim Austreten des Materials am Entlüftungsstutzen ist die Dichte des Materials erneut zu kontrollieren. Stimmt diese mit der Dichte am Beginn der Verfüllung überein, kann der Verfüllvorgang abgeschlossen werden. Liegt eine abweichende Dichte vor, d.h. ist es zur Entmischung des Verfüllmaterials gekommen, wird das Verfüllen so lange fortgesetzt, bis die Dichte übereinstimmt.

Wird die tatsächlich eingebrachte Verfüllmenge auf der Baustelle um mehr als 10% gegenüber der rechnerisch ermittelten Menge überschritten, muss der Verfüllvorgang unverzüglich unterbrochen werden. Der Auftraggeber ist umgehend zu informieren, die zu treffenden Maßnahmen sind gemeinsam festzulegen.

Für das Noppenschlauchverfahren ist eine genaue Verarbeitung nach dem Injektorprotokoll (siehe Anlage 2) erforderlich. Eine entsprechende Qualifikation des Anwenders ist erforderlich.

5.2.2 Gütesicherung nach Abschluss des Verfüllvorgangs

Nach Abschluss des Verfüllvorgangs ist der Füllstand über die vorhandenen Stutzen zu kontrollieren. Hierfür muss der Vorgang des Wasserabsetzens abgeschlossen sein (ca. 12 Stunden). Sollte eine Überschreitung der geforderten Werte (vgl. Abschnitt 2.2) festgestellt werden, ist ggf. nachzuverfüllen.

6 Tabellen- und Abbildungsverzeichnisse

6.1 Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Erforderliche Eigenschaften des Frischmörtels* bei nichttragenden Verfüllmaterialien
Tabelle 2:	Wickelrohrverfahren mit nichttragender Ringraumverfüllung:
Tabelle 3:	Erforderliche Eigenschaften des Verfüllmaterials beim Noppenschlauchverfahren
Tabelle 4:	Erforderliche Eigenschaften des Festmörtels* bei nichttragenden Verfüllmaterialien
Tabelle 5:	Wickelrohrverfahren mit nichttragender Ringraumverfüllung
Tabelle 6:	Erforderliche Eigenschaften des Festmörtels (Injektor) beim Noppenschlauchverfahren
Tabelle 7:	Vor- und Nachteile der Systeme zur Lagesicherung, nicht begehbare Bereiche
Tabelle 8:	Vor- und Nachteile der Systeme zur Lagesicherung, begehbare Bereiche

6.2 Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Fließrinne für die Konsistenzprüfung
Abbildung 2:	Befüllung des Marshtrichters auf der Baustelle
Abbildung 3:	Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung auf der Baustelle
Abbildung 4:	Frischmörteldruck auf das Linerrohr (Beulgefahr beim Kreisprofil insbesondere in der Sohle)
Abbildung 5:	Verfülldruck und Wasserfüllung als Stützdruck (Lagesicherung des Neurohres nicht dargestellt)
Abbildung 6:	Verfülldruck und Druckluft als Stützdruck (Lagesicherung des Neurohres nicht dargestellt)

7 Literaturverzeichnis

DIN 18130-1	Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche, 1998
DIN 19573	Mörtel für Neubau und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, 2016
DIN EN 196-1	Prüfverfahren für Zement - Teil 1: Bestimmung der Festigkeit, 2015
DIN EN 196-6	Prüfverfahren für Zement - Teil 6: Bestimmung der Mahlfineinheit, 2010
DIN EN 197-1	Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement, 2014
DIN EN 206	Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Änderung A1, 2015
DIN EN 445	Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren, 2007
DIN EN 450-1	Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien, 2012
DIN EN 1538	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Schlitzwände, 2015
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton, 2015
DIN EN 14117	Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Ausflusszeit von zementartigen Rissfüllstoffen, 2004
DIN EN 16506	Systeme für die Renovierung von Abwasserkanälen und -leitungen - Lining mit fest verankerter Kunststoffauskleidung, 2014
DVGW W 307	Verfüllung des Ringraumes zwischen Mantel- und Produktrohren bei der Kreuzung von Bahnanlagen, Straßen und Wasserstraßen, 2012
DWA-A 143-2	Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren, 2015
LAGA Richtlinie M 20	Richtlinie der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 2003
RSV-M 3	Renovierung von Abwasserleitungen und –kanälen durch Liningverfahren mit Ringraum, 2008
Merkblatt	„Verfüllen von Hohlräumen mit hydraulischen Bindemitteln im Tiefbau“, Auflage 1999
DAfStb-Richtlinie	(Deutscher Ausschuß für Stahlbeton e.V.) „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“, 2014

Sicherheitsvorschriften

Unfallverhütungsvorschriften (UVV)

UVV-BGV A 1	Grundsätze der Prävention
UVV-BGV C 5	Abwassertechnische Anlagen

Berufsgenossenschaftliche Regeln

BGR 126	Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
BGR 190	Benutzung von Atemschutzgeräten
BGR 198	Einsatz von persönlicher Schutzausrüstung gegen Absturz

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

BGR 236 Rohrleitungsbauarbeiten

Berufsgenossenschaftliche Information

BGI 594 Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung

weiterführende Literatur:

Das RSV-Regelwerk steht auf der RSV-Internetseite (www.rsv-ev.de) zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

8 Anlagen

8.1 Anlage 1 Baustellenprotokoll

Protokoll- / Baustellen-Nr.: _____		Datum: _____	
Auftraggeber: _____			
Auftragnehmer: _____			
Bauvorhaben			
Straße: _____			
Ort: _____			
Rechnerisch ermittelte Verfüllmenge (SOLL) in m³:		< 10% –	
Rechnerisch ermittelte Verfüllmenge (IST) in m³: = _____		< 10% –	
Verfüllvorgang:	Entlüftung am Schacht:	Befüllung am Schacht:	
<input type="checkbox"/> kontinuierlich	<input type="checkbox"/> Chargenweise:		
<input type="checkbox"/> komplett:	<input type="checkbox"/> Lageweise, Verfülllage hier:		
Verfüllzeit ...	von _____	bis _____	
Verfülldruck:	p, min./ bar	p, max./ bar	
Dichte Soll	d, min [kg/dm ³]	d, max [kg/dm ³]	
Dichtemessung mit Spülungswaage <input type="checkbox"/>	... Feinwaage u. Litergefäß <input type="checkbox"/>	
Dichte am Anfang: _____ Kg/m ³	... Ende: _____	Kg/m ³
Fließmaß	Fließrinne soll > 79cm <input type="checkbox"/>	Marstrichter Soll	s
	Ist	Ist	s
Suspensionsdichte: = $\frac{\text{Masse des gemischten Verfüllmaterials [kg]}}{\text{Volumen [m}^3\text{]}}$ = _____			
Probenahme am Mischgerät / Befüllstutzen			
Probe Nr.	Uhrzeit	Druck IST (bar)	Dichte Ist [kg/dm ³]
			Prismen- probe
1			
2			
3			
4			
Probenahme am Auslauf / Entlüftungstutzen			
Probe Nr.	Uhrzeit	Dichte Ist [kg/dm ³]	Prismenprobe Ja: Nr. / Anzahl
			Nein
1			
2			
3			
4			
Besonderheiten			
Verantwortliche Fachkraft: _____		Unterschrift: _____	

Verfüllen von Ringräumen bei der Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren

8.2 Anlage 2 Injektorprotokoll für das Noppenschlauchverfahren

<i>Voreinstellungen</i>		<i>Soll</i>			<i>Ist</i>				
1	Injektordurchfluß (8mm Düse) Der ersten verarbeitbaren Probe	sec	nach 0 min <u>13-30 sec</u>	nach 30 min <u>15-40 sec</u>	nach 60 min <u>25-60 sec</u>	nach 0 min _____ sec Quel. Ja	nach 30 min _____ sec Quel. Ja	nach 60 min _____ sec Quel. Ja	
2	Luft-/Schachttempertur	°C	Luft: _____ °C		Schachtsohle: _____ °C				
3	Injektortemperatur	°C	5 °C ≤ T < 40 °C		Injektor _{trocken} : _____ °C	Injektor _{gemischt} : _____ °C			
4	Mischtechnik		PFT G4/ G5, Anzahl: _____						
5	Injektormenge	kg	Kalkuliert: _____ kg			Verbrauch: _____ kg			
6	Produktionsdatum/Charge Injektor:								
6a	PFT Schneckentyp:		R7 (groß)	D4 (klein)	Nachmischer: Dynamat1			Dynamat2	
6b	Innendruckmedium:		Wasser Höhe WS:.....		Luft Innendruck (mbar).....				
6c	max. Injektorhöhe Befüllstutzen:	(m)		Gemessenes Gefälle:.....(m)				
<i>Kontrollmerkmal</i>		<i>Soll-Werte</i>		<i>Ist-Werte</i>					
7	Proben-Nr.			1	2	3	4	5	Endprobe
8	Uhrzeit (Prüffrequenz alle 15 min)								
9	Wasserdurchfluß (Mischer)	l/h							
10	Injektordurchfluß (8 mm Düse)	sec	13-30						
11	Wasservolumen (kg = dm³)	dm³							
12	Injektorgewicht	kg							
13	Dichte = (12) / (11)	kg/dm							
14	W/F - Faktor		0,33 - 0,4						
15	Quellung vorhanden	J/N							
16	Bemerkungen								
17	Prüfer/Unterschrift								

Weitere Injektorprotokolle sind zu erstellen bei:

1. Chargenwechsel
2. Für jeden weiteren Mischer

9 Bearbeitung

Das vorliegende Merkblatt wurde von der Arbeitsgruppe 3.2 erstellt, der nachfolgende Mitglieder angehören:

Dr. Dietmar Beckmann*, Bochum (Obmann)

Werner Bezela, Krefeld

Hans-Peter Büttig, Koblenz

Delia Ewert*, Hamburg (stellv. Obfrau)

Axel Hallerbach, Neumünster

Ulrich Höhne*, Ennigerloh

Winfried Kölker, Troisdorf

Jürgen Koza, Herne

Helmut Lückel, Siegburg

Matthias Mertens, Leipzig

Volker Neubert, Röthenbach / Peg.

Erich Ohland, Edemissen

Mike Röthig, Leipzig

Wolf Schrader, Neubrandenburg

Jürgen Vehling, Lippetal

Horst Zech*, Lingen (Ems)

(*Redaktionelle Gestaltung)

RSV-Regelwerk

RSV Merkblatt 1

Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining
2011, 48 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 2

Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen durch Liningverfahren ohne Ringraum

2009, 38 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 2.2

Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren durch TIP-Verfahren
2012, 32 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 3

Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren mit Ringraum
2008, 40 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 3.2

Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Liningverfahren mit Ringraum
2016, 31 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 4

Reparatur von drucklosen Abwässerkanälen und Rohrleitungen durch vor Ort härtende Kurzliner
2009, 25 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 5

Reparatur von Entwässerungsleitungen und Kanälen durch Roboterverfahren
2014, 20 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 6

Sanierung von begehbaren Entwässerungsleitungen und -kanälen sowie Schachtbauwerken - Montageverfahren

2007, 23 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 6.2

Sanierung von Schächten und Bauwerken in Entwässerungssystemen
2012, 48 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 7.1

Renovierung von drucklosen Leitungen/ Anschlußleitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining
2009, 24 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 7.2

Hutprofiletechnik zur Einbindung von Anschlußleitungen - Reparatur / Renovierung
2009, 31 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 8

Erneuerung von Entwässerungskanälen und -Anschlussleitungen mit dem Berstverfahren
2014, 39 Seiten, DIN A4,

RSV Merkblatt 10.1

Kunststoffrohre für grabenlose Bauweisen - Freigefälleleitungen
2014, 31 Seiten, DIN A4

RSV Merkblatt 10.2

Kunststoffrohre für grabenlose Bauweisen - Druckrohrleitungen
2015, 31 Seiten, DIN A4

RSV Information 11

Vorteile grabenloser Bauverfahren für die Erhaltung und Erneuerung von Wasser-, Gas- und Abwasserleitungen

2011, 42 Seiten, DIN A4

