

Entwicklung von Prüf- und Beurteilungskriterien für Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen zur Erteilung bauaufsichtlicher Zulassungen

T 3059

T 3059

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2004, ISBN 3-8167-6663-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

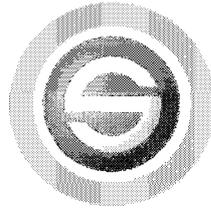
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.IRBbuch.de



Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben

**„Entwicklung von Prüf- und Beurteilungskriterien für
Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen zur
Erteilung bauaufsichtlicher Zulassungen“**

Im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Berlin

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. D. Stein
Dipl.-Ing. A. Brauer

(Auszugsweise) Veröffentlichung nur mit Genehmigung der Prof Dr.-Ing. Stein &
Partner GmbH

Bochum, 27. Juli 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	7
2	Vorbemerkungen	9
2.1	Geltungsbereich.....	9
2.2	Zweck	9
2.3	Hinweise zur Nutzung	10
3	Sanierungsverfahren.....	11
3.1	Generelle Anforderungen.....	11
3.2	Übersicht.....	14
3.2.1	Reparatur.....	14
3.2.2	Renovierung	18
3.2.3	Erneuerung	26
4	DIBt-Zulassungsprüfung	28
4.1	Allgemeines	28
4.2	Einordnung der Verfahren.....	29
4.3	Einsatzbereich der Verfahren	31
4.4	Zuständigkeiten.....	34
4.5	Ablauf der Prüfungen	36
4.5.1	Prüfungen für die DIBt-Zulassung.....	36
5	Arbeitsanleitungen für die einzelnen Eignungsprüfungen	43
5.1	Allgemeine Eignungsprüfungen	44
5.1.1	Verfahrensbeschreibung.....	44

5.1.1.1	Zweck	44
5.1.1.2	Durchführung	44
5.1.1.3	Zuständigkeit	44
5.1.1.4	Weitere Hinweise	44
5.1.1.5	Anforderungen	44
5.1.1.6	Normen und Literatur	45
5.1.2	Ausfüllen des Stoffdatenblattes (Identitätsprüfung)	46
5.1.2.1	Zweck	46
5.1.2.2	Durchführung	46
5.1.2.3	Anforderungen	47
5.1.2.4	Normen und Literatur	47
5.1.3	Haltbarkeit	48
5.1.3.1	Zweck	48
5.1.3.2	Durchführung	48
5.1.3.3	Anforderungen	49
5.1.3.4	Normen und Literatur	49
5.2	Geometrische Eignungsprüfungen	50
5.2.1	Wand-/Schichtdicke	50
5.2.1.1	Zweck	50
5.2.1.2	Durchführung	50
5.2.1.3	Anforderungen	51
5.2.1.4	Normen und Literatur	52

5.3	Physikalische Eignungsprüfungen	54
5.3.1	Mechanische Eigenschaften.....	54
5.3.1.1	Zweck	54
5.3.1.2	Durchführung.....	54
5.3.1.3	Anforderungen.....	77
5.3.1.4	Normen und Literatur.....	77
5.3.2	Haftzugfestigkeit	79
5.3.2.1	Zweck	79
5.3.2.2	Durchführung.....	79
5.3.2.3	Anforderungen.....	82
5.3.2.4	Normen und Literatur.....	83
5.3.3	Abriebverhalten.....	84
5.3.3.1	Zweck	84
5.3.3.2	Durchführung.....	84
5.3.3.3	Anforderungen.....	85
5.3.3.4	Normen und Literatur.....	85
5.3.4	Hochdruckspülfestigkeit.....	86
5.3.4.1	Zweck	86
5.3.4.2	Durchführung.....	86
5.3.4.3	Anforderungen.....	91
5.3.4.4	Normen und Literatur.....	91
5.3.5	Dichte	92

5.3.5.1	Zweck	92
5.3.5.2	Durchführung	92
5.3.5.3	Anforderungen	92
5.3.5.4	Normen und Literatur	93
5.3.6	Wasseraufnahme bzw. Quellen	94
5.3.6.1	Zweck	94
5.3.6.2	Durchführung	94
5.3.6.3	Anforderungen	95
5.3.6.4	Normen und Literatur	95
5.3.7	Wärmeformbeständigkeit	96
5.3.7.1	Zweck	96
5.3.7.2	Durchführung	96
5.3.7.3	Anforderungen	97
5.3.7.4	Normen und Literatur	98
5.3.8	Viskosität	99
5.3.8.1	Zweck	99
5.3.8.2	Durchführung	99
5.3.8.3	Anforderungen	100
5.3.8.4	Normen und Literatur	100
5.3.9	Schmelzindex, Viskositätszahl (k-Wert)	101
5.3.9.1	Zweck	101
5.3.9.2	Durchführung	101

5.3.9.3	Anforderungen.....	101
5.3.9.4	Normen und Literatur.....	102
5.3.10	Wärmedehnung	103
5.3.10.1	Zweck	103
5.3.10.2	Durchführung.....	103
5.3.10.3	Anforderungen.....	103
5.3.10.4	Normen und Literatur.....	104
5.4	Sonstige Eignungsprüfungen	105
5.4.1	Kriechen	105
5.4.1.1	Zweck	105
5.4.1.2	Durchführung.....	105
5.4.1.3	Anforderungen.....	106
5.4.1.4	Normen und Literatur.....	106
5.4.2	Volumenschrumpfen und Schwinden	107
5.4.2.1	Zweck	107
5.4.2.2	Durchführung.....	107
5.4.2.3	Anforderungen.....	108
5.4.2.4	Normen und Literatur.....	108
5.4.3	Porenstruktur, Wand-/Schichtaufbau	110
5.4.3.1	Zweck	110
5.4.3.2	Durchführung.....	110
5.4.3.3	Anforderungen.....	111

5.4.3.4	Normen und Literatur.....	111
5.4.4	Barcol-Härte.....	112
5.4.4.1	Zweck	112
5.4.4.2	Durchführung.....	112
5.4.4.3	Anforderungen.....	113
5.4.4.4	Normen und Literatur.....	113
5.5	Chemische, biologische und biochemische Eignungsprüfungen	114
5.5.1	Abbinde-, Aushärtungs-, Reaktionszeit.....	114
5.5.1.1	Zweck	114
5.5.1.2	Durchführung.....	114
5.5.1.3	Anforderungen.....	115
5.5.1.4	Normen und Literatur.....	115
5.5.2	Verhalten gegenüber korrosiven Medien (Chemikalienbeständigkeit).....	116
5.5.2.1	Zweck	116
5.5.2.2	Durchführung.....	116
5.5.2.3	Anforderungen.....	121
5.5.2.4	Normen und Literatur.....	124
5.6	Umweltverträglichkeitsprüfungen	126
6	Zulassungsanträge	129
7	Literaturverzeichnis	130

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Mit dem mit Schreiben vom 26.02.2003 zugesandten Werkvertrag beauftragte das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin die Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH (S&P), Bochum mit der Bearbeitung des Vorhabens „Entwicklung von Prüf- und Beurteilungskriterien für Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen zur Erteilung bauaufsichtlicher Zulassungen“. Die Ergebnisse dieses Vorhabens sind im vorliegenden Abschlussbericht dokumentiert.

Aufgabe des Forschungsvorhabens war es, allgemeine Prüfrichtlinien für die wichtigsten Verfahren zur Reparatur, Renovierung und Erneuerung von nichtbegehbaren Abwasserleitungen und -kanälen zu entwickeln, auf deren Grundlage die Erteilung entsprechender bauaufsichtlicher Zulassungen durch das DIBt nach einheitlichen Prüf- und Beurteilungskriterien erfolgen können.

Die Ergebnisse sollen als Grundlage für die Erarbeitung einer entsprechenden DIBt-Richtlinie bzw. eines DIBt-Merkblattes dienen.

Der vorliegende Abschlussbericht basiert im wesentlichen auf der vom Verband der Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), Zürich im Februar 2002 herausgegebenen Richtlinie „Qualitätssicherung bei Instandsetzungs- und Sanierungsarbeiten an nichtbegehbaren Kanalisationen (QUIK)“ [1] sowie auf weiteren im Rahmen von Literatur- und Internetrecherchen gewonnenen sowie von Firmen bzw. Institutionen veröffentlichten Informationen (eine Gewähr für deren Richtigkeit und Vollständigkeit kann von S&P nicht übernommen werden).

Die Arbeiten an diesem Vorhaben durch S&P wurden durch eine eigens vom DIBt eingerichtete Betreuungsgruppe fachlich begleitet. Die Betreuungsgruppe bestand aus den Herren:

-
- Dr.-Ing. Hoch (LGA Bautechnik GmbH, Institut für Statik, Nürnberg)
 - Dipl.-Ing. Hoppe (Hamburger Stadtentwässerung, Hamburg)
 - Prof. Dr.-Ing. Selle (IMA Materialforschungs- und Anwendungstechnik GmbH, PÜZ-Stelle Grundstücksentwässerung, Dresden)
 - Dr.-Ing. Stagge (Staatliche MPA Darmstadt, Darmstadt)
 - Prof. Dr.-Ing. Wagner (Fachhochschule Neubrandenburg, FB Bauingenieur- und Vermessungswesen, Neubrandenburg)
 - Dipl.-Ing. Kersten (DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin).

Am 24.02.2004 fand beim DIBt in Berlin eine Sitzung der Betreuungsgruppe unter Teilnahme von S&P statt (s. u.a. Sitzungsprotokoll vom 24.02.2004 [2]).

2 Vorbemerkungen

2.1 Geltungsbereich

Die im Rahmen dieses Abschlussberichtes entwickelten verfahrensspezifischen Prüf- und Beurteilungskriterien für die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Sanierungsverfahren durch das DIBt gelten unter folgenden Randbedingungen:

- Nichtbegehbare Abwasserleitungen (\leq DN/ID 800) im Geltungsbereich der Landesbauordnungen
- Sanierung in geschlossener Bauweise (Anwendung grabenloser Sanierungsverfahren)
- Eignungsnachweis (Nachweis der bautechnischen Eignung und Nachweis der verfahrensbezogenen Umweltverträglichkeit).

2.2 Zweck

Der vorliegende Abschlussbericht beschreibt die grundsätzliche Vorgehensweise, wie bei der Beantragung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des DIBt durch einen Verfahrensanbieter bzw. Unternehmer zu verfahren ist und welche Eignungsprüfungen und Nachweise dieser im Rahmen des Zulassungsverfahrens für das jeweilige Sanierungsverfahren (s. Abschnitt 3) zu erbringen hat (s. Abschnitt 4). Darüber hinaus werden die einzelnen Zuständigkeiten für die Erlangung des Zulassungsbescheides dargestellt (Tabelle 7).

Die Ergebnisse der verfahrensspezifischen Eignungsnachweise (Eignungsnachweise dienen der Charakterisierung der Eigenschaften eines Werkstoffs bzw. eines Verfahrens sowie dem Nachweis seiner grundsätzlichen Eignung für die vorgesehenen Anwendungen), insbesondere der bei den jeweiligen nach DIN EN ISO 17025 [3] akkreditierten Prüfinstituten durchgeführten Prüfungen im Labor, müssen durch Prüfberichte bzw. -zeugnisse belegt und die hieraus resultierenden Eigenschaften der Endprodukte durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) anerkannt sein.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden nicht isoliert für einzelne Teilbereiche, wie z.B. für die Umweltverträglichkeit oder die bautechnische Eignung oder für einzelne Bauteile des jeweiligen Sanierungsverfahrens erteilt. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen enthalten vielmehr Aussagen zum gesamten Sanierungsverfahren, einschließlich der Anforderungen an Sanierungswerkstoffe, die verfahrensbezogene Umweltverträglichkeit, den Wiederanschluss von Seitenzuläufen und die wasserdichte Anbindung an Schachtbauwerke.

Seitens des DIBt wird grundsätzlich für das jeweilige Sanierungsverfahren eine Systemlösung angestrebt, d.h. auch für alle der o.g. erforderlichen Nebenarbeiten, welche den eigentlichen Zulassungsgegenstand („Hauptverfahren“) tangieren, sollen verfahrenstechnische Lösungen präsentiert und in der Verfahrensbeschreibung angegeben werden.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden im Sinne der Landesbauordnungen zum Nachweis der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit von Bauprodukten und Bauverfahren erteilt, wenn für diese noch keine technischen Regeln in der Bauregelliste A bzw. keine harmonisierten europäischen Normen in der Bauregelliste B bekannt gemacht wurden. Die vom Deutschen Institut für Bautechnik erteilten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gelten im Rahmen der Landesbauordnungen in allen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland.

2.3 Hinweise zur Nutzung

Im Bild 1 sind in Form eines Ablaufdiagramms übersichtartig die Inhalte dieses Berichtes zusammengefasst. Die Verweise auf die einzelnen Stellen in diesem Bericht geben darüber Auskunft, welche Arbeitsschritte bzw. Eignungsprüfungen im Zuge eines DIBt-Zulassungsverfahrens zu absolvieren sind und bei welcher Stelle im konkreten Anwendungsfall entsprechende Informationen einzuholen sind.

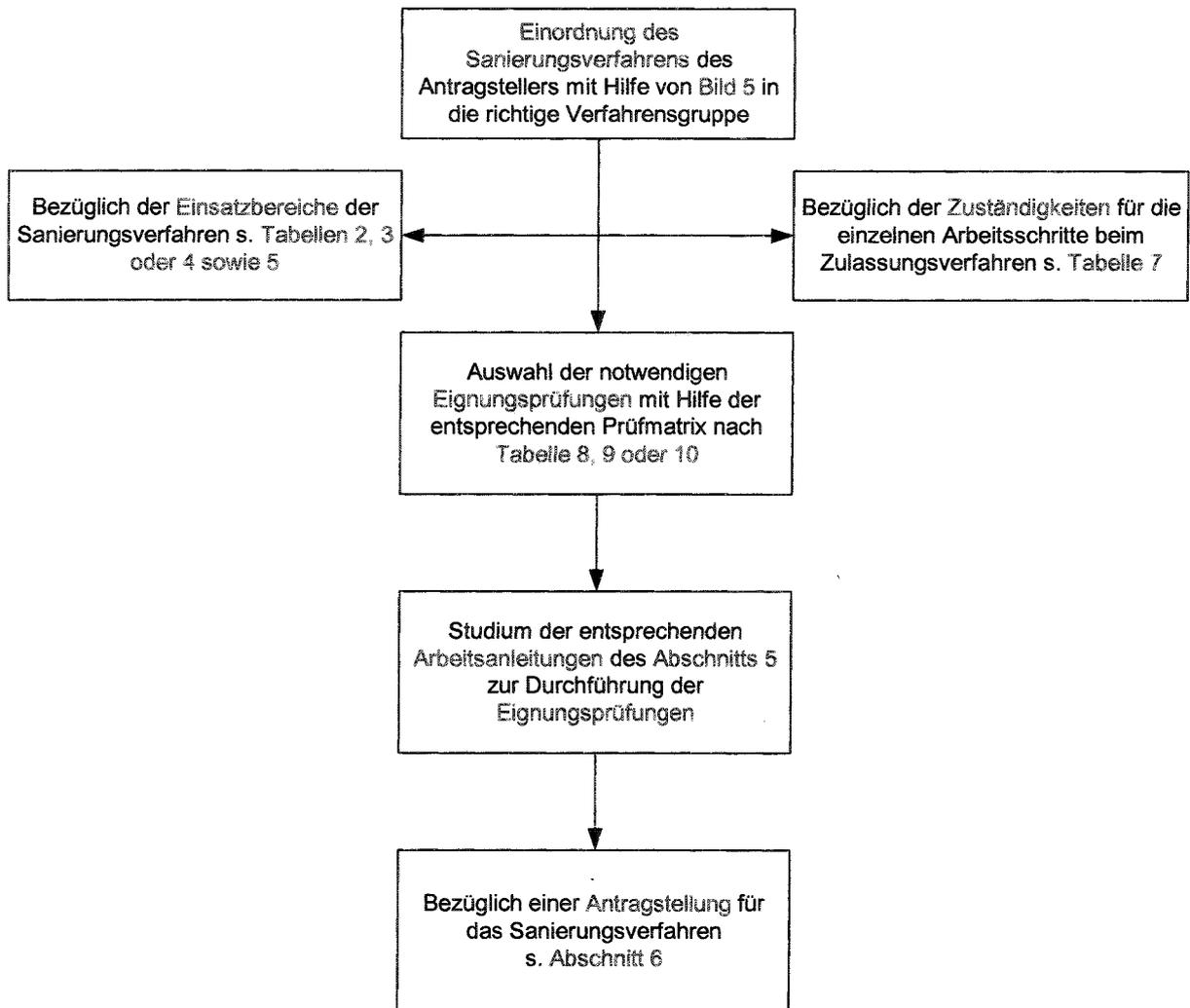


Bild 1 Anleitung zur Nutzung bzw. Vorgehensweise

3 Sanierungsverfahren

3.1 Generelle Anforderungen

Nach DIN EN 752-5 [4] muss der Sollzustand eines Bauteils, eines Kanalisationsabschnittes, einer Haltung, eines Netzbereiches oder Entwässerungssystems nach erfolgter Sanierung mindestens den gleichen Anforderungen genügen, die für eine neu herzustellende Kanalisation gelten (Tabelle 1). Dies trifft selbstverständlich auch auf die dabei eingesetzten Werkstoffe und Bauteile zu.

Tabelle 1 Bei der Sanierung allgemein zu beachtende Punkte, Anforderungen und Normen bzw. Regelwerke in Anlehnung an [5]

<p>Beachtung bei der Sanierung (DIN EN 752-2 [4])</p>	<ul style="list-style-type: none"> – hydraulische Leistungsfähigkeit, – Betrieb und Unterhalt, – Auswahl der Werkstoffe, – Einschränkungen bezüglich Zugänglichkeit und Einbaubedingungen, – Behandlung der Anschlüsse, – Werterhaltung.
<p>Anforderungen an den Betrieb der Kanalisationen (DIN EN 752-2 [4])</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Verstopfungsfreier Betrieb, – Begrenzung der Überflutungshäufigkeiten auf die vorgeschriebenen Werte, – Begrenzung der Überlastungshäufigkeiten auf die vorgeschriebenen Werte, – Schutz von Gesundheit und Leben der Öffentlichkeit, – Schutz von Gesundheit und Leben des Betriebspersonals, – Schutz der Vorfluter vor Verschmutzung im Rahmen festgelegter Grenzen, – Ausschluss der Gefährdung von bestehenden, angrenzenden Bauten und Versorgungseinrichtungen, – Erreichung der geforderten Nutzungsdauer und Erhaltung des baulichen Bestandes, – Wasserdichtheit gemäß den Prüfanforderungen, – Vermeidung von Geruchsbelästigungen und Giftigkeit sowie – Sicherstellung der geeigneten Zugänglichkeit für Unterhaltszwecke.
<p>Anforderungen in Normen und Regelwerken (Auszug)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 1: Allgemeines und Definitionen, Teil 2: Anforderungen, Teil 3: Planung, Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte [4] – Merkblatt ATV-M 143: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen [6] – DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) [7] – DIN EN 13380: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für die Renovierung und Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen außerhalb von Gebäuden [8] – DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme [9] – DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die bei grabenloser Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden [10] – DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserkanälen und -leitungen [11] – Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen [12] – DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen [13] – Arbeitsblatt ATV-A 125: Rohrvortrieb [14] – DIN 1986-30: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung [15] – Ferner: Diverse werkstoffbezogene Produkt- und Werknormen z.B. für Rohre und Formstücke.

Beispielhaft sind folgende verfahrens-, werkstoff- und bauteiltechnischen Eigenschaften genannt, die in Abhängigkeit des jeweiligen Sanierungsverfahrens nachzuweisen sind: [16]:

- Umweltverträglichkeit
- Mechanische Kennwerte
- Haftzugfestigkeit auf der zu sanierenden Kanalwandung
- Wasserdichtheit gegenüber innerem und äußerem Wasserdruck von 0,2 bar bis 0,5 bar
- Widerstand gegen betriebliche Beanspruchungen
 - Dichtheit (Innendruck)
 - Hochdruckspülfestigkeit
 - Mechanischer Verschleiß (Abrieb)
 - Aggressive Abwässer (Widerstand gegen chemische Angriffe im Bereich des häuslichen Abwassers von pH2 bis pH12)
- Temperaturverhalten (Ausdehnungskoeffizient, Erweichungspunkt)
- E-Modul (Kurzzeit- und Langzeitwert)
- Festigkeitswerte (Kurzzeit- und Langzeitwert)
- Schlagzähigkeitswerte
- Bruchdehnung bzw. Dehngrenze bzw. zulässige Randfaserdehnung (Kurzzeit- und Langzeitwert)
- Oberflächenbeschaffenheit (Wandrauheit, hydraulische Eigenschaften)
- Bearbeitbarkeit
- Nutzungs- bzw. Lebensdauer

Grundlage der Einhaltung der in den Eignungsprüfungen nachgewiesenen Eigenschaften sind qualitätssichernde Maßnahmen bei der Produktion (werkseigene Produktionskontrolle mit auf das Herstellwerk bezogener Fremdüberwachung durch eine bauaufsichtlich für diese Tätigkeit anerkannte Prüfstelle) der Ausgangskomponenten sowie beim Einsatz der Verfahren auf der Baustelle. Letztere sind unter anderem Gegenstand der Merkblätter ATV-DVWK-M 143-3 und –7 [6].

3.2 Übersicht

Zu den Verfahren der baulichen Sanierung von Entwässerungssystemen zählen:

- Reparatur
- Renovierung
- Erneuerung.

Sie beinhalten jeweils mehrere Verfahrenshauptgruppen mit einer Vielzahl von Spezialverfahren [5, 17]. Im weiteren Verlauf wird hier die geschlossene Bauweise im Nennweitenbereich \leq DN/ID 800 behandelt.

Die folgenden Abschnitte enthalten Erläuterungen der Verfahrenshauptgruppen. Die Angabe der jeweiligen Verfahrensvertreter erhebt keinen Anspruch auf Vollzähligkeit, zumal laufend neue oder weiter entwickelte Verfahren hinzukommen, sondern erfolgte mit dem Ziel, dem Anwender dieser Dokumentation die Einordnung (s.a. Bild 5) neuer Verfahren zu erleichtern.

3.2.1 Reparatur

Im folgenden werden von den im Bild 2 dargestellten Reparaturverfahren die Roboterverfahren sowie Abdichtungs- und Injektionsverfahren von innen behandelt.

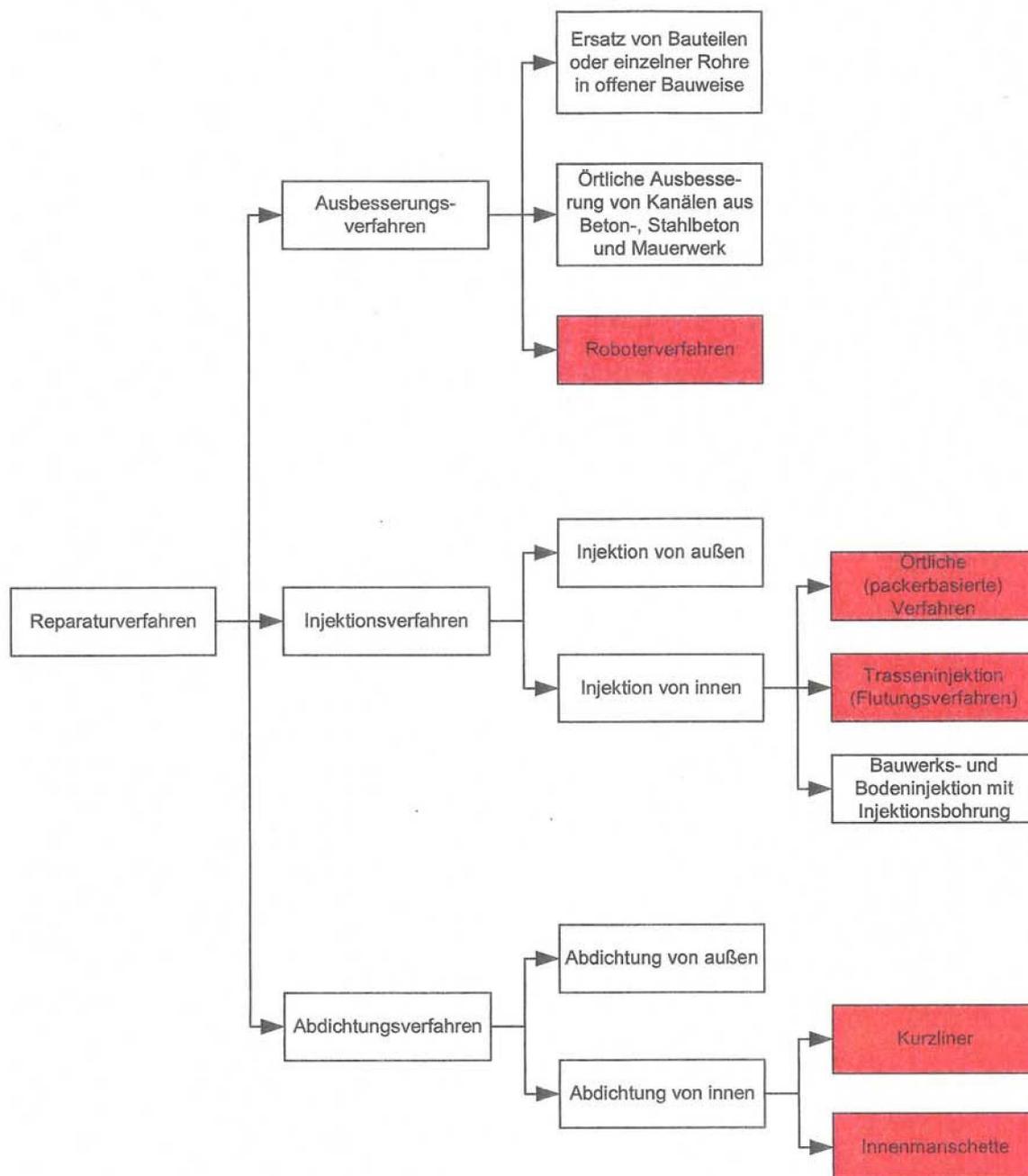
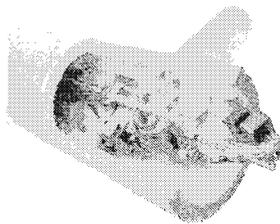
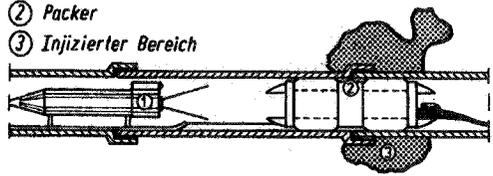
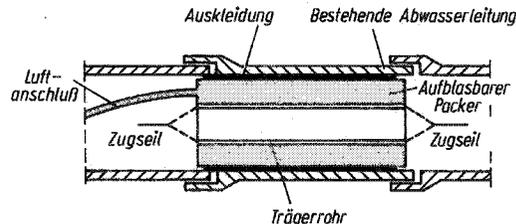


Bild 2 Übersicht über die Reparaturverfahren (nachfolgend behandelte Verfahren sind farblich markiert) (Quelle: Stein & Partner)

Tabelle 2 enthält eine Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Reparaturverfahren.

Tabelle 2 Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Reparaturverfahren

Verfahren	Reparatur Roboterverfahren	Reparatur Örtliche (packerbasierte) Injektionsverfahren	Reparatur Abdichtungsverfahren (Innenmanschetten, Kurzliner)	
Charakterisierung	Ausbesserung von Schäden durch ferngesteuerte Roboter-Systeme mit Fräs-, Bohr-, Injektions- und Spachtelvorrichtungen.	Abdichtung undichter Rohrverbindungen durch Injektion auf der Basis von Acrylharzen unter Verwendung eines Packers.	Kurzliner aus reaktionsharzgetränktem Glasfasergewebe oder Polyesternadelfilz bzw. Innenmanschetten aus Elastomeren oder Edelstahl werden mittels Einbaugerät wie z.B. Packern durch vorhandene Schächte zur Schadensstelle transportiert und dort positioniert. Kurzliner werden danach dauerhaft mit vor Ort aushärtenden Reaktionsharzen verklebt. Innenmanschetten werden kraft- und formschlüssig an die Kanalinnenwand durch systemzugehörige Spannringe o.ä. fixiert, die Abdichtung erfolgt durch Elastomere oder Verklebung mit Reaktionsharzen.	
Prinzipskizze		<ol style="list-style-type: none"> ① Fernsehkamera ② Packer ③ Injizierter Bereich 		
Einsatzbereiche, leitungsspezifische	Schadensart	Undichtigkeiten, Abflusshindernisse, Wurzeleinwuchs, Risse, Rohrbruch, einragende oder nichtfachgerecht eingebaute Stützen	Undichte Rohrverbindungen, örtlich begrenzte Undichtigkeiten und Querrisse	Undichte Rohrverbindungen, örtlich begrenzte Undichtigkeiten, Querrisse, begrenzte Längsrisse, Scherbenbildung, Wurzeleinwuchs
	Kanalwerkstoff	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Faserzement, Stahl, Guss	Unabhängig (Ausnahmen: Mauerwerk und Kanäle mit stark unebener Oberflächenstruktur)	Unabhängig
	Nennweite	DN 100 bis DN 800	DN 150 bis DN 4500, Eiquerschnitte ab 200/350	DN 150 bis DN 600

	Querschnittsform	Kreis- und Eiquerschnitt	Kreis- und Eiquerschnitt	Kreis- und Eiquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Lokal (Entfernung ≤ 125 m vom Standort der Kontroll- und Steuereinheit)	Lokal (Entfernung ≤ 150 m vom Standort der Kontroll- und Steuereinheit)	≤ 4,0 m, längere Abschnitte durch Anordnung mehrerer Manschetten möglich
	Grundwasser	Unabhängig	Unabhängig (Feuchtigkeit erforderlich)	Unabhängig (u.U. Vorabdichtung erforderlich)
	Anschlüsse	Unabhängig	Unabhängig	Nur außerhalb von Anschlüssen einsetzbar
Vorarbeiten	Außerbetriebsetzung	Erforderlich	Erforderlich (bei Packern mit Durchlass können bis zu 50 % der Vorflut aufrecht erhalten werden)	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen
	Prüfungen	Optische Inneninspektion	Optische Inneninspektion	Optische Inneninspektion, Kalibrierung
	Erdarbeiten	Entfallen	Entfallen	Entfallen
Abschlussarbeiten	Prüfungen	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Nachweis der Materialkennwerte	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Dokumentation der Injektion	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Verfahren bei stark deformierten Rohren nicht anwendbar - Vergleichbare Verfahren: - Weitere Ausbesserungsverfahren: <ul style="list-style-type: none"> • Ausbesserung von Schächten • Ersatz einzelner Rohre in offener Bauweise • Ausbesserung begehrbarer Kanäle aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton • Ausbesserung gemauerter Kanäle • Stabilisierung begehrbarer Kanäle mit Hilfe von Spannringen 		<ul style="list-style-type: none"> - Verfahren nur bedingt anwendbar bei Hohlräumen in der Leitungszone, größeren Lageabweichungen, Temperaturen unter 0 °C - Bei statischen Rohrschäden, Längsrissen und Rohrbruch nicht anwendbar - Umweltverträglichkeit der Injektionsmittel beachten - Vergleichbare Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> • Injektion auf der Basis von Acrylharz • Injektion auf der Basis von Polyurethanharz • Injektion auf der Basis von Epoxidharz - Weitere Verfahren zur Injektion von innen: <ul style="list-style-type: none"> • Injektion im Rohrschaft- oder Haltungsbereich • Injektion von Anschlusskanälen und Einbindungen • Flutungsverfahren 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Ausreichende Bettung des betreffenden Kanalbereiches Voraussetzung - Vergleichbare Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> • Kurzschläuche für Anschlusskanäle • Kurzschläuche für Anschlusskanaleinbindungen • Kurzschläuche auf der Basis von Zement als Bindemittel - Weitere Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> • Innenmanschette aus Stahl • Innenmanschette aus PVC • Elastomermanschette mit teilflächiger Verspannung 			

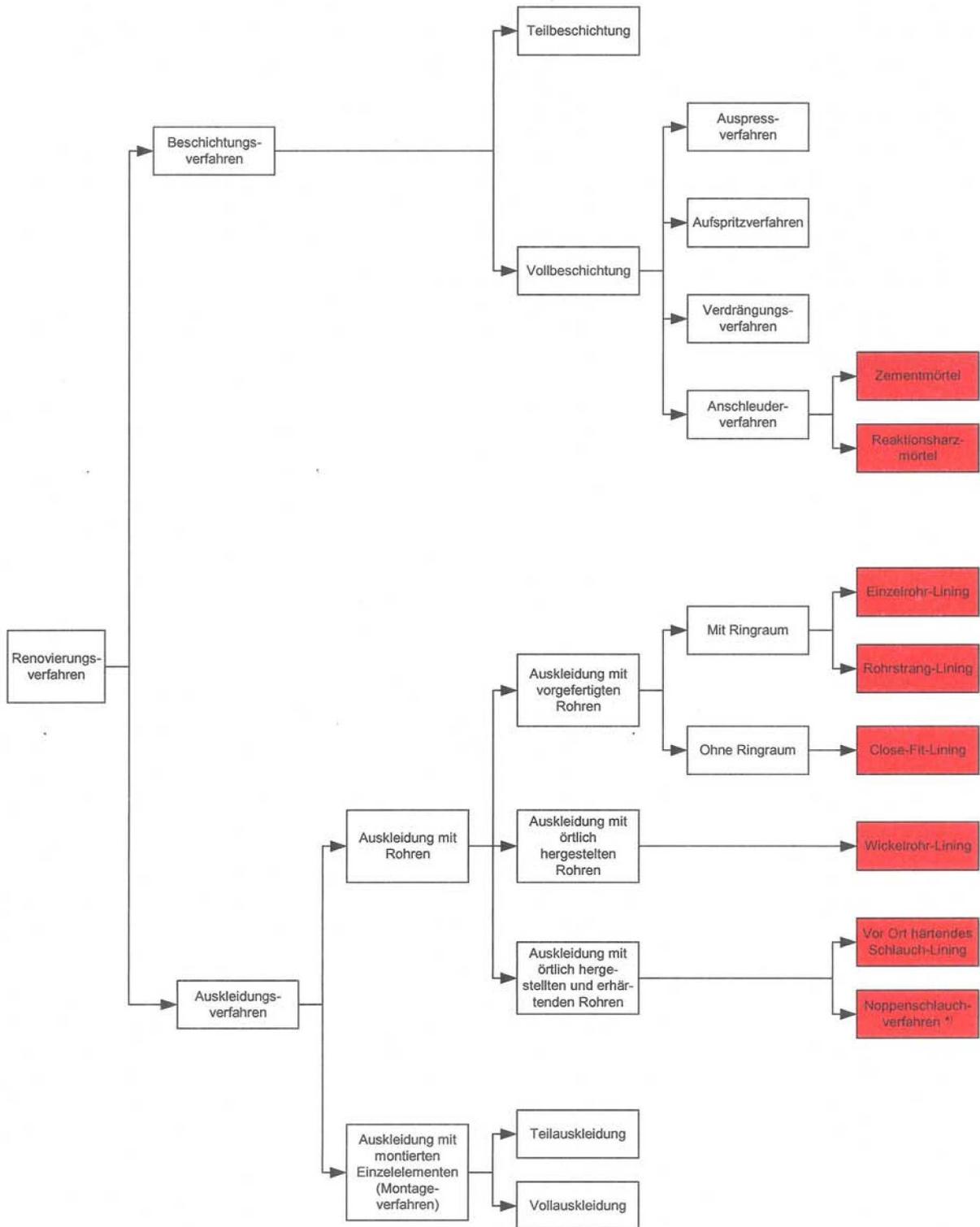
3.2.2 Renovierung

Bezüglich der Renovierungsverfahren (Bild 3) wird zwischen Beschichtungsverfahren und Auskleidungsverfahren unterschieden.

Beschichtungsverfahren (Verfahrensgruppen s. Bild 3) dienen beim Einsatz in Kanalisationen zur Aufbringung einer geschlossenen Schicht auf die Kanalinnenwandung zur Wiederherstellung oder Erhöhung des Widerstandsvermögens gegen physikalische, biologische, chemische und/oder biochemische Angriffe von innen, zur Verhinderung einer erneuten Bildung von Inkrustationen, zur Wiederherstellung und/oder Erhöhung der statischen Tragfähigkeit sowie der Wasserdichtheit.

Unter dem Sammelbegriff Auskleidungsverfahren werden nachfolgend entgegen der Begriffsdefinition im Merkblatt ATV-M 143-1 [6] (Verfahrensgruppen s. Bild 3) die Reliningverfahren (Einzelrohr-, Rohrstrang-, Close-Fit-, Wickelrohr- und Schlauch-Lining sowie das Noppenschlauchverfahren ¹) und die Montageverfahren (hier nicht behandelt) zusammengefasst.

¹ Der Begriff „Noppenschlauchverfahren“ ist im aktuellen Entwurf des Merkblattes ATV-DVWK-M 143-1 „Zustandserfassung und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Grundlagen“ vom 18.05.2004 enthalten und wird deshalb auch hier verwendet. In der entsprechenden DIBt-Zulassung [29] des Verfahrens wird auch der Begriff „Noppenbahnliningverfahren“ verwendet.



*) Der Begriff "Noppenschlauchverfahren" ist im aktuellen Entwurf des Merkblattes ATV-DVWK-M 143-1 "Zustandserfassung und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Grundlagen" vom 18.05.2004 enthalten. In der entsprechenden DIBt-Zulassung des Verfahrens wird auch der Begriff "Noppenbahnlinierverfahren" verwendet.

Bild 3 Übersicht über die Renovierungsverfahren (nachfolgend behandelte Verfahren sind farblich markiert) (Quelle: Stein & Partner)

Im folgenden werden bei den Beschichtungsverfahren die Verfahrensgruppe Anschleuderverfahren und bei den Auskleidungsverfahren die gesamte Verfahrenshauptgruppe Auskleidung mit Rohren behandelt.

Bezüglich der Auskleidungsverfahren mit montierten Einzelelementen für Voll- und Teilauskleidung, welche hier nicht weiter behandelt werden (Anwendung nur im begehbaren Rohrnennweitenbereich), siehe „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34].

Tabelle 3 Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Renovierungsverfahren

Verfahren		Renovierung Anschleuderverfahren
Charakterisierung		Anschleudern von Mörtel durch einen schnell rotierenden Schleuderkopf an die Kanalinnenwand.
Prinzipskizze		
Einsatz- bereiche, lei- tungs spezi- fische Rand- bedingungen	Schadensart	Undichtigkeiten, Risse, Korrosion
	Kanalwerkstoff	Guss, Stahl, Beton, Faserzement, Steinzeug, Klinkermauerwerk
	Nennweite	ab DN 80
	Querschnittsform	Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Nennweitenabhängig, ca. 120 m bis 600 m
	Grundwasser	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten
	Anschlüsse	Vorab verschließen und nachträglich Öffnen
Vorar- beiten	Außerbetriebsetzung	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung oder u.U. Spezialreinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen
	Prüfungen	Optische Inneninspektion
	Erdarbeiten	Entfallen
Ab- schluss- arbeiten	Prüfungen	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Nachweis der Materialkennwerte
	Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Querschnittsreduzierung (Schichtdicke bis 40 mm) - Einsatzbeschränkung bei Rohrversatz und Abwinkelungen - Fehlende, stark korrodierte oder abgetragene Rohrwandungsbereiche sind vorzuprofilieren - Mörtelrezeptur an die örtl. Randbedingungen (insb. Korrosionsgefahr) anpassbar

Fortsetzung von Tabelle 3 Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Renovierungsverfahren

Verfahren	Renovierung Rohrstrang-Lining	Renovierung Close-Fit-Lining	Renovierung Einzelrohr-Lining	
Charakterisierung	Einziehen eines Kunststoffrohrstranges mit Kreisquerschnitt in die zu sanierende Haltung. Der verbleibende Ringraum wird in der Regel verfüllt.	Einziehen eines durch werkseitige Vorverformung in seinen Querschnitts-abmessungen reduzierten Kunststoffrohrstranges in die zu sanierende Haltung und anschließendes Aufweiten desselben bis zum Anliegen an der Kanalinnenwand.	Einbringen selbsttragender Einzelrohre in die zu sanierende Haltung. Der verbleibende Ringraum wird in der Regel verfüllt.	
Prinzipskizze				
leitungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Undichtigkeiten, Korrosion, mechanischer Verschleiß, Risse, Rohrbruch (alle anderen Schadensarten müssen vorab ganz oder teilweise behoben werden)	Undichtigkeiten, Korrosion (bedingt), Lageabweichung in Axialrichtung, Risse	Undichtigkeiten, Korrosion, mechanischer Verschleiß, Risse, Rohrbruch (alle anderen Schadensarten müssen vorab ganz oder teilweise behoben werden)
	Kanalwerkstoff	Unabhängig	Unabhängig	Unabhängig
	Nennweite	DN 25 bis DN 1200	Verfahrensabhängig DN 100 bis DN 450	Unabhängig
	Querschnittsform	Unabhängig, vorzugsweise Kreisquerschnitt	Kreisquerschnitt	Unabhängig
	Arbeitsabschnitt	Haltungsweise (≤ 600 m)	Haltungsweise (≤ 500 m)	Haltungsweise
	Grundwasser	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten
Vorarbeiten	Anschlüsse	Vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen	Unabhängig	Verfahrensabhängig, in der Regel vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen
	Außerbetriebsetzung	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen
Prüfungen	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	

	Erdarbeiten	Einziehbaugrube und Baugruben in Anschlussbereichen	Verfahrensabhängig, u. U. Einziehbaugrube und Baugruben in Anschlussbereichen	Kurzrohrverfahren: U.u. Baugruben in Anschlussbereichen Langrohrverfahren: Startbaugrube und u. U. Baugruben in Anschlussbereichen
Abschlussarbeiten	Prüfungen	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Verformungsmessung des Liners, Werkstoffeigenschaften des Verfüllmörtels	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Verformungsmessung des Liners	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Verformungsmessung des Liners, Werkstoffeigenschaften des Verfüllmörtels
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Querschnittsreduzierung - Einsatzbeschränkung bei Krümmungen Rohrdurchmesser sowie Abwinkelungen - Beachtung des statischen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei Ringraumverfüllung erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Geringfügige Querschnittsreduzierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Querschnittsreduzierung - Verfahrensbedingt große Anzahl an Rohrverbindungen - Erschwerung der Arbeiten bei Lageabweichungen, Abwinkelungen und Deformationen - Beachtung des statischen Beuldrucks sowie des Auftriebs bei Ringraumverfüllung erforderlich

Fortsetzung von Tabelle 3 Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Renovierungsverfahren

Verfahren	Renovierung Wickelrohr-Lining	Renovierung Vor Ort härtendes Schlauch-Lining	Renovierung Noppenschlauchverfahren	
Charakterisierung	Einbringen eines örtlich aus einem Kunststoff-Stegprofil hergestellten Wickelrohres in die zu sanierende Haltung. Der verbleibende Ringraum wird in der Regel verfüllt.	Ein Schlauch aus Trägermaterial, der mit Folien beschichtet sein kann, wird mit Reaktionsharz getränkt und über einen Schacht in den Kanal eingebracht und unter Innendruck an die Kanalwand gepresst. Die Aushärtung erfolgt bei Normaltemperatur, durch Wärmezufuhr oder UV-Licht.	Ein PE-HD-Schlauch mit Noppen auf der Rückseite wird mit Hilfe einer Winde in den Kanal eingezogen und unter Innendruck an die Kanalwand bzw. einen zuvor eingebrachten Preliner gepresst. Der durch die Noppen vorgegebene Ringraum wird mit einem hydraulisch abbindenden Injektionsmörtel verfüllt.	
Prinzipskizze				
Einsatzbereiche, leitungsspezifische Randbedingungen	Schadensart	Undichtigkeiten, Korrosion, mechanischer Verschleiß, Risse, Rohrbruch (alle anderen Schadensarten müssen vorab ganz oder teilweise behoben bzw. deren Folgen hingenommen werden)	Undichtigkeiten, Korrosion, mechanischer Verschleiß, Risse, Rohrbruch (alle anderen Schadensarten müssen vorab ganz oder teilweise behoben bzw. deren Folgen hingenommen werden)	
	Kanalwerkstoff	Unabhängig	Unabhängig	Unabhängig
	Nennweite	Verfahrensabhängig, DN 225 bis DN 2600	Verfahrensabhängig, DN 75 bis DN 2600	DN 200 bis DN 1600
	Querschnittsform	Unabhängig, vorzugsweise Kreisquerschnitt	Vorzugsweise Kreisquerschnitt	Vorzugsweise Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Haltungsweise	≤ 600 m	≤ 120 m bei DN 200 bis DN 900 ≤ 70 m bei DN 1000 bis DN 1600
	Grundwasser	Stellen mit stärkerer Grundwasserinfiltration sind vorab abzudichten	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind, wenn kein Preliner eingebracht wird, vorab abzudichten	Stellen mit Grundwasserinfiltration sind, wenn kein Preliner eingebracht wird, vorab abzudichten
Anschlüsse	Vorab verschließen oder in offener Bauweise abtrennen	Unabhängig	Unabhängig bei Anwendung des Prelinersystems	

Vorarbeiten	Außerbetriebsetzung	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen	HD-Reinigung, Beseitigung von Inkrustationen und Abflusshindernissen
	Prüfungen	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	Optische Inneninspektion, Kalibrierung
	Erdarbeiten	Entfallen (bei Einbindung von Anschlusskanälen in offener Bauweise Baugrube erforderlich)	Entfallen (bei Einbindung von Anschlusskanälen in offener Bauweise Baugrube erforderlich)	Entfallen (bei Einbindung von Anschlusskanälen in offener Bauweise Baugrube erforderlich)
Abschlussarbeiten	Prüfungen	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610, Verformungsmessung des Liners, Werkstoffeigenschaften des Verfüllmörtels	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610; Verformungsmessung, Prüfung von Wanddicke, Biegefestigkeit und E-Modul an Proben aus dem Liner	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610; Verformungsmessung, Werkstoffeigenschaften des ausgehärteten Injektionsmörtels
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Querschnittsreduzierung - Beachten des kritischen Beuldruckes sowie des Auftriebes bei Ringraumverfüllung erforderlich - Relativ hohe Werkstoffvorbelastung in Abhängigkeit von Biegeradius und Temperatur beim Wickelvorgang 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Fehlende (Rohrbruch) oder stark korrodierte Wandbereiche sind vorab auszugleichen - Minimierung der Reduzierung des hydraulischen Abflussquerschnittes - Faltenbildung bei Krümmungen und Abwinkelungen - Abweichungen von der Kreisform führen zu statischen Einschränkungen - Kanal muss standsicher sein 	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsobjekt muss zumindest vorübergehend standfest sein (Altrohr-Boden-System muss eine Standsicherheit $\geq 1,3$ aufweisen) - Ausreichende Bettung des Kanals Voraussetzung - Querschnittsreduzierung - Abweichungen von der Kreisform führen zu statischen Einschränkungen

3.2.3 Erneuerung

Von den im Bild 4 dargestellten Erneuerungsverfahren werden im folgenden das Rohrberst-Verfahren und das Pipe-Eating mit Mikrotunnelbau behandelt.

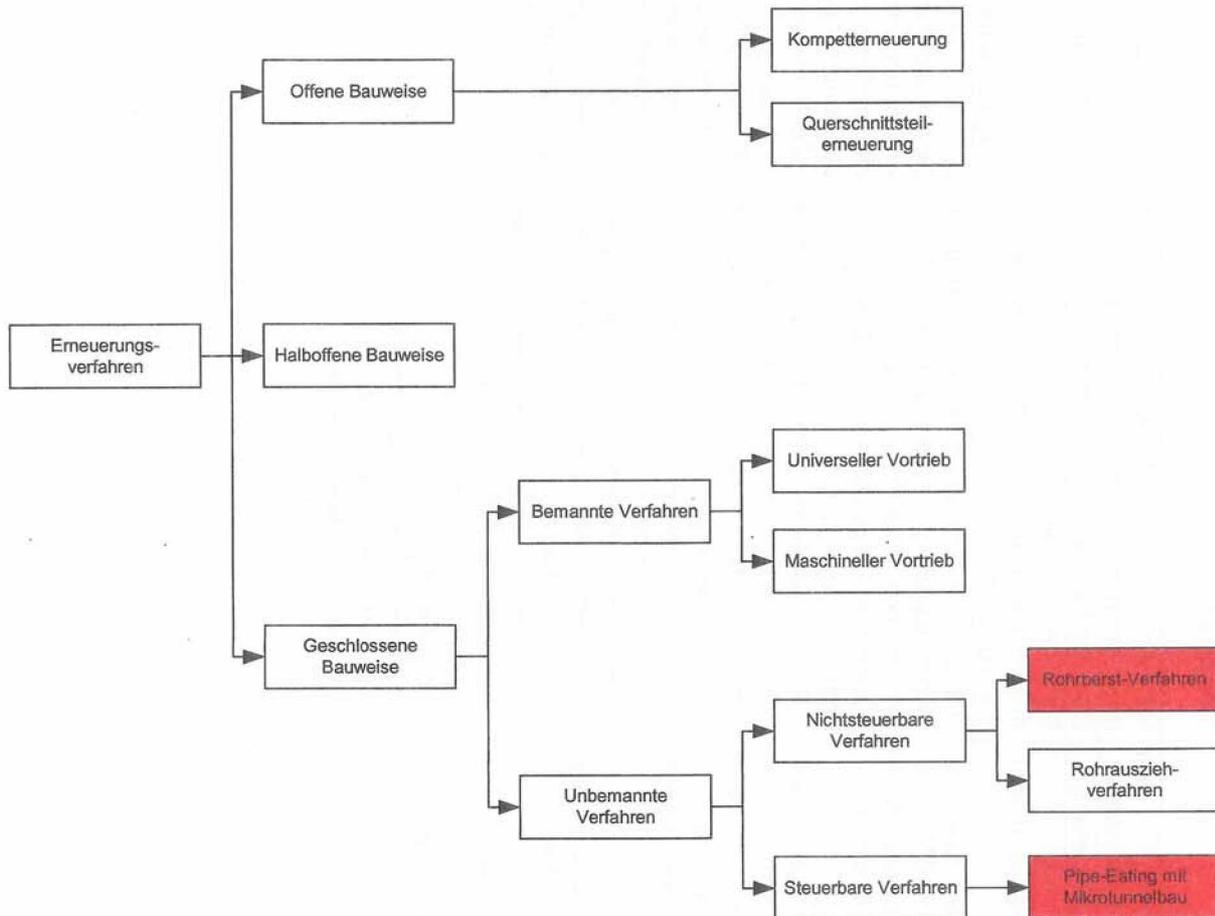


Bild 4 Übersicht über die Erneuerungsverfahren (nachfolgend behandelte Verfahren sind farblich markiert) (Quelle: Stein & Partner)

Die Hauptgruppen „Offene Bauweise“ und „Halboffene Bauweise“ werden bei der Erneuerung nicht berücksichtigt.

Tabelle 4 Kurzübersicht über die im Abschlussbericht behandelten Erneuerungsverfahren

Verfahren		Erneuerung Geschlossene Bauweise Pipe-Eating mit Mikrotunnelbau	Erneuerung Geschlossene Bauweise Rohrberstverfahren
Charakterisierung		Überfahren, Zerstören und Abfördern des zu erneuernden Kanals bei gleichzeitiger Erstellung des neuen Kanals mit gleicher oder größerer Nennweite mittels eines unbemannt arbeitenden, Verfahren des Mikrotunnelbaus mit Schnecken-, hydraulischen oder pneumatischen Förderung.	Durchziehen eines Berstkörpers durch die zu erneuernde Haltung unter Zerstörung der Rohrwandung durch statische oder dynamische Krafteinleitung und Verdrängen der Bruchstücke in den Boden. Einbau der neuen Leitung (Rohrstrang oder Kurzrohr) gleicher oder größerer Nennweite unmittelbar hinter dem Berstkörper.
Prinzipskizze			
Einsatzbereiche, leitungs spezifische Randbedingungen	Schadensart	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz (abhängig vom Maschinentyp)	Sämtliche Schadensarten mit Ausnahme von Einsturz und größeren Lageabweichungen
	Kanalwerkstoff	Beton, Stahlbeton, Steinzeug, Faserzement, GFK	Steinzeug, Beton (ohne Teil- oder Vollummantelung), Grauguss, Faserzement, Kunststoff
	Nennweite	Je nach Maschinentyp DN 150 bis DN 1200 und größer (Rohrvortrieb)	DN 75 bis DN 600 (DN 1200)
	Querschnittsform	Ei- und Kreisquerschnitt	Kreisquerschnitt
	Arbeitsabschnitt	Haltungswiese	Haltungswiese bis 150 m
	Grundwasser	Je nach Maschinentyp unabhängig oder absenken	Absenken unter Rohrsohle
Vorarbeiten	Anschlüsse	Vorab in offener Bauweise abtrennen	Vorab in offener Bauweise abtrennen
	Außerbetriebsetzung	Je nach Maschinentyp vollständig oder teilweise erforderlich	Erforderlich
	Reinigung	HD-Reinigung, je nach Maschinentyp Entfernen von Hindernissen	HD-Reinigung (u.U. Entfernen von Hindernissen erforderlich)
	Prüfungen	Optische Inneninspektion, Kalibrierung	Optische Inneninspektion
Erdarbeiten	Start- und Zielbaugrube, Baugruben in Anschlussbereichen	In Abhängigkeit vom gewählten Verfahren Erstellen einer Startbaugrube erforderlich (Rohrstrang), Baugruben in Anschlussbereichen	In Abhängigkeit vom gewählten Verfahren Erstellen einer Startbaugrube erforderlich (Rohrstrang), Baugruben in Anschlussbereichen
	Prüfungen	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610	Optische Inneninspektion (Sichtprüfung), Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610
Bemerkungen		<ul style="list-style-type: none"> - Intakte Bettung des Kanals Voraussetzung - Ein- oder zweiphasiger Vortrieb möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Auswirkungen der im Boden verbleibenden Alrohrbruchstücke sind zu beachten oder zu unterbinden - Sicherheitsabstände zu kreuzenden Leitungen oder parallel verlaufenden Leitungen sind einzuhalten

4 DIBt-Zulassungsprüfung

4.1 Allgemeines

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin werden für solche Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen erteilt, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik, insbesondere Normen des Deutschen Institutes für Normung, Berlin (DIN), nicht gibt oder die von diesen wesentlich abweichen [18]. Dies trifft auf nahezu alle Verfahren zur Reparatur, Renovierung und Erneuerung (Sanierungsverfahren) von Abwasserleitungen und –kanälen zu.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für alle Bundesländer durch das Deutsche Institut für Bautechnik erteilt. Sie stellen den Nachweis der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes – im vorliegenden Anwendungsfall ein Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen und -kanäle – im Hinblick auf die bauaufsichtlichen Anforderungen dar [18].

Grundlage für eine derartige Zulassung für Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen und –kanäle bilden Werkstoff- und Systemprüfungen im Labor (s. Abschnitt 4.5.1) sowie auf der Testbaustelle, mit denen die

- bautechnische Eignung,
- Umweltverträglichkeit und
- Qualitätssicherung

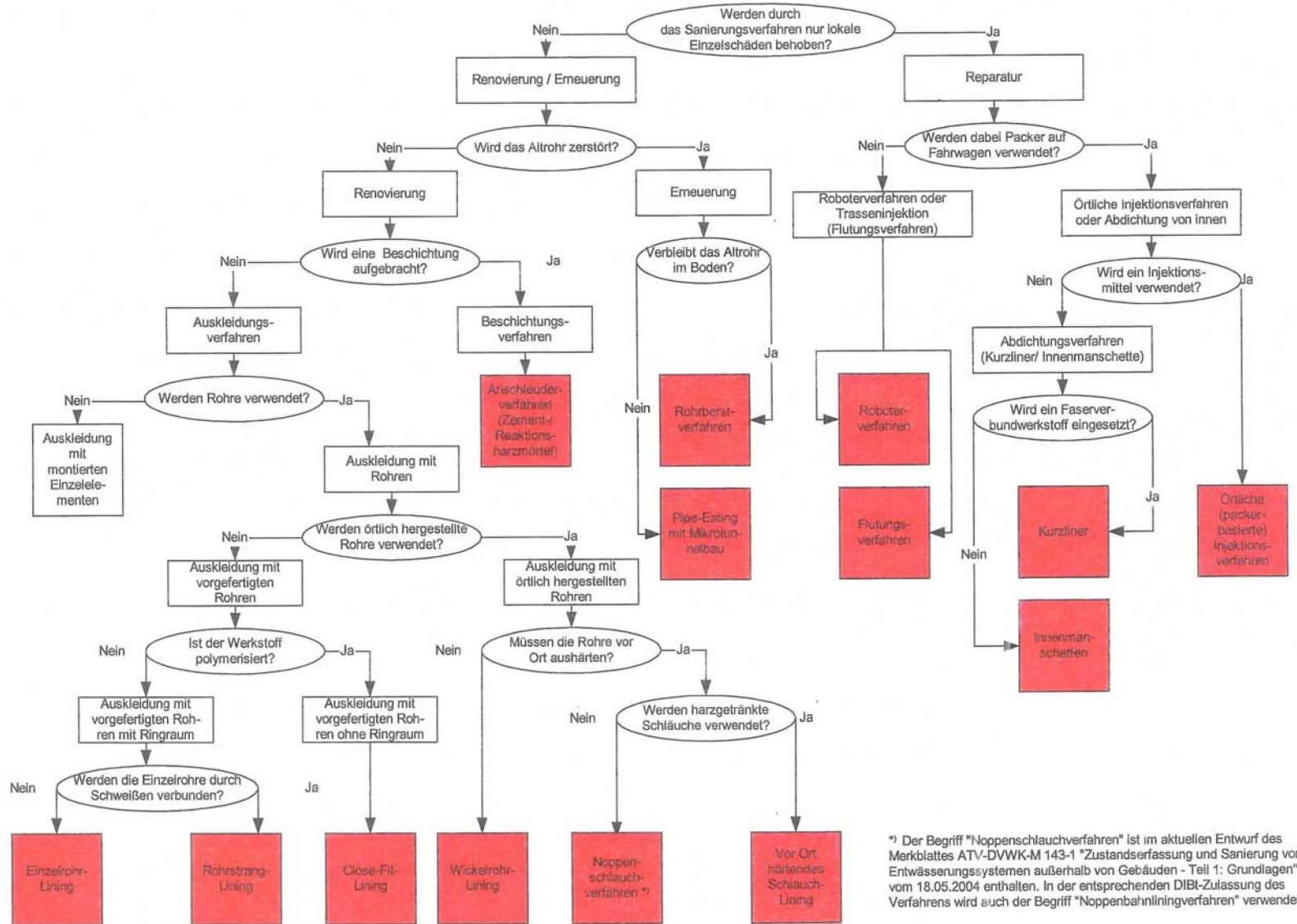
beurteilt und dokumentiert werden.

Um diese Aspekte bei der DIBt-Zulassung eines Sanierungsverfahren zu gewährleisten, müssen die jeweiligen Verfahren einschließlich der erforderlichen Nebenarbeiten (s. Abschnitt 2.2) im Rahmen des Zulassungsprozesses sowohl detailliert beschrieben als auch entsprechende Eignungsprüfungen vom Antragsteller (Verfahrensanbieter bzw. Unternehmer) erbracht werden.

4.2 Einordnung der Verfahren

Das folgende Bild 5 dient der Eingliederung bzw. Einordnung des jeweiligen Verfahrens des Antragstellers in die verschiedenen Verfahrensgruppen (s. Abschnitt 3). Diese Einordnung ermöglicht es, in den Matrizen der Tabelle 8 bis Tabelle 10 des Abschnitts 4 die für das jeweilige Sanierungsverfahren maßgeblichen Arbeitsanleitungen zu ermitteln.

Außer den genannten Kriterien und Anforderungen kann das DIBt ergänzende oder auch abweichende Nachweiskriterien für das einzelne Verfahren festlegen.



* Der Begriff "Noppenschlauchverfahren" ist im aktuellen Entwurf des Merkblattes ATV-DVWK-M 143-1 "Zustandserfassung und Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 1: Grundlagen" vom 18.05.2004 enthalten. In der entsprechenden DIBt-Zulassung des Verfahrens wird auch der Begriff "Noppenbahnliniungsverfahren" verwendet.

Bild 5 Einordnung eines Sanierungsverfahrens in die verschiedenen Verfahrensgruppen

4.3 Einsatzbereich der Verfahren

Tabelle 5 gibt bezüglich einer Auswahl von Schadensbildern eine Übersicht über den Einsatzbereich (Eignung) der verschiedenen Sanierungsverfahren.

Zusätzlich sind für die Beurteilung der Einsatzbereiche der jeweiligen Reparatur- und Renovierungsverfahren die Haft- und Klebeeigenschaften der eingesetzten Sanierungswerkstoffe (Klebstoffe) auf den entsprechenden Rohrwerkstoffen gemäß den jeweiligen Anwendungskriterien zu berücksichtigen, sofern dies verfahrensbedingt notwendig ist. Dies gilt insbesondere beim dichten Einbinden der seitlichen Anschlüsse mittels Roboter- und Verpressverfahren sowie mit Hut- bzw. Manschettentechniken. Tabelle 6 gibt einen allgemeinen Überblick über diese Eigenschaften auf den am häufigsten eingesetzten Rohrwerkstoffen.

Tabelle 6 Haft- und Klebeeigenschaften bei der Sanierung eingesetzter Werkstoffe (Klebstoffe) auf Rohrwerkstoffen in Anlehnung an QUIK [1]

Sanierungswerkstoff	Rohrwerkstoff			
	PVC	PP/PE	Beton/Faserzement	Steinzeug
Epoxidharz	+	-	+	+
Polyesterharz / Polyurethan (PU)	+	-	+	+
Polypropylen (PP) / Polyethylen (PE)	-	-	-	-
Acrylharz-Injektion	-	-	-	-
PU-Injektion	+	-	+	+
Injektionsmittel auf Wasserglasbasis	-	-	-	-
Zementgebundene Mörtel	-	-	+	+
Kunststoffmodifizierte Zementmörtel	+	-	+	+
+: Verklebung möglich, Haftzugprüfung nötig		-: Keine Verklebung möglich		

4.4 Zuständigkeiten

Tabelle 7 enthält eine Übersicht über die Zuständigkeiten im Rahmen eines Verfahrens zur Erlangung einer Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das DIBt.

Das Prüfinstitut ist im Auftrag des Antragstellers u.a. für die Durchführung der Prüfungen und für das Verfassen der Prüfberichte zuständig. Diese bilden die Grundlage für die Erteilung eines DIBt-Zulassungsbescheides.

Tabelle 7 Zusammenfassung der Zuständigkeiten in Anlehnung an QUIK [1]

Zuständigkeit/Tätigkeit (alphabetische Reihenfolge)	Verfahrens- anbieter bzw. Unternehmer	Werkstoff- lieferant	Prüf- institut	DIBt
Anmeldung Antragstellung	•			
Aufbewahrung und Lagerung Prüfmittel/Werkstoffe	•			
Auswahl Werkstofflieferant	•			
Bereitstellung technischer Unterlagen	•			
Beschaffung aller Werkstoffe und Produkte	•			
Beschreibung des Verfahrens	•			
Bestätigung Art und Umfang der Qualitätssicherung	•			
Einordnung des Verfahrens	•			
Dokumentation Verfahren / Werkstoffe	•			
Planung Kontrollen	•			
Überprüfung Gesamtkonzeption	•			
Angabe Kennwerte Werkstoffe	•	(•)		
Durchführung Eigenüberwachung	•	(•)		
Aufbau Prüf- und Messeinrichtungen			•	
Berücksichtigung Arbeits- und Prüfanweisungen			•	
Bezeichnung ungeeigneter Werkstoffe und Produkte			•	
Durchführung der Prüfung, ggf. Zwischenkontrolle (Abbruch der weiteren Prüfung)			•	
Erstellung Prüfberichte Werkstoffe und Produkte			•	
Kontrolle Wareneingang			•	
Wahl Prüfmittel			•	
Begleitung der Verfahrensprüfung auf der (Test-)Baustelle				•
Bezeichnung ungeeigneter Verfahren				•
Erstellung Zulassungsbescheid				•

4.5 Ablauf der Prüfungen

4.5.1 Prüfungen für die DIBt-Zulassung

Tabelle 8 enthält die notwendigen Prüfparameter und die Verweise auf die entsprechenden Arbeitsanleitungen für die einzelnen **Reparaturverfahren**.

Tabelle 8 Prüfmatrix für Reparaturverfahren in Anlehnung [1, 20, 21, 22, 23, 24]

Reparaturverfahren		+: Prüfung zwingend			-: Prüfung nicht erforderlich		
Nr.:	<u>Prüfparameter</u>	Ausbesserungsverfahren	Injektionsverfahren		Abdichtungsverfahren		Arbeitsanleitungen
		Roboterverfahren	Trasseninjektion (Flutungsverfahren)	Örtliche (packer-basierte) Injektion	Kurzliner	Innenmanschette (Edelstahl)	
Sanierungswerkstoffe und -verfahren							
1.1	Verfahrensbeschreibung	+	+	+	+	+	5.1.1
1.2	Ausfüllen des Stoffdatenblattes (Identitätsprüfung)	+	+	+	+	+	5.1.2
1.3	Haltbarkeit	+	+	+	+	+	5.1.3
1.4	Wand-/Schichtdicke	+	-	-	+	+	5.2.1
1.5	Mechanische Eigenschaften	+	+	+	+	+	5.3.1
1.6	Haftzugfestigkeit	+	-	-	+	+	5.3.2
1.7	Abriebverhalten	+	-	-	+	+	5.3.3
1.8	Hochdruckspülfestigkeit	+	+	+	+	+	5.3.4
1.9	Dichte	+	+	+	+	+	5.3.5
1.10	Wasseraufnahme bzw. Quellen	+	-	-	+	-	5.3.6
1.11	Wärmeformbeständigkeit	+	-	-	+	+	5.3.7

1.12	Viskosität	+	+	+	-	-	5.3.8
1.13	Schmelzindex, Viskositätszahl (k-Wert)	-	-	-	-	-	5.3.9
1.14	Wärmedehnung	+	-	-	+	+	5.3.10
1.15	Kriechen	-	-	-	-	-	5.4.1
1.16	Volumenschrumpfen und Schwinden	+	+	+	+	-	5.4.2
1.17	Porenstruktur, Wand- /Schichtaufbau	+	-	-	+	+	5.4.3
1.18	Barcol-Härte	-	-	-	+	-	5.4.4
1.19	Abbinde-, Aushärtungs-, Reaktionszeit	+	+	+	+	-	5.5.1
1.20	Verhalten gegenüber korrosiven Medien (Chemikalien- beständigkeit)	+	+	+	+	+	5.5.2
1.21	Umweltverträglichkeit	Siehe DIBt-Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ [25] sowie speziell „Bewertung der Auswirkung von Kanalrohrtanierungsmitteln auf Boden und Grundwasser“ [26] sowie Arbeitsanleitung 5.6.					

Tabelle 9 enthält die notwendigen Prüfparameter und die Verweise auf die entsprechenden Arbeitsanleitungen für die einzelnen **Renovierungsverfahren**.

Tabelle 9 Prüfmatrix für Renovierungsverfahren in Anlehnung an [1, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33]

Renovierungsverfahren					+: Prüfung zwingend			--: Prüfung nicht erforderlich				
Nr.	Prüfparameter	Beschichtungsverfahren			Auskleidungsverfahren						Arbeitsanleitung	
		Auspressverfahren	Anschleuderverfahren		Rohrstrang-Lining (mit genormten Rohren)	Einzelrohr-Lining	Close-Fit-Lining	Wickelrohr-Lining	Vor Ort härtendes Schlauch-Lining			Noppenschlauchverfahren
			Zementmörtel	Reaktionsharzmörtel					Mit Preliner	Ohne Preliner		
Sanierungswerkstoffe und -verfahren												
1.1	Verfahrensbeschreibung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5.1.1
1.2	Ausfüllen des Stoffdatenblattes (Identitätsprüfung)	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.1.2
1.3	Haltbarkeit	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.1.3
1.4	Wand-/Schichtdicke	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	5.2.1
1.5	Mechanische Eigenschaften	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5.3.1
1.6	Haftzugfestigkeit	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	5.3.2
1.7	Abriebverhalten	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5.3.3
1.8	Hochdruckspülfestigkeit	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	5.3.4
1.9	Dichte	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.3.5
1.10	Wasseraufnahme bzw. Quellen	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.3.6

1.11	Wärmeformbeständigkeit	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	5.3.7
1.12	Viskosität	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.3.8
1.13	Schmelzindex, Viskositätszahl (k-Wert)	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	5.3.9
1.14	Wärmedehnung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5.3.10
1.15	Kriechen	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	5.4.1
1.16	Volumenschrumpfen und Schwinden	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.4.2
1.17	Porenstruktur, Wand- /Schichtaufbau	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.4.3
1.18	Barcol-Härte	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	5.4.4
1.19	Abbinde-, Aushärtungs-, Reaktionszeit	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	5.5.1
1.20	Verhalten gegenüber korrosiven Medien (Chemikalienbeständigkeit)	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	5.5.2
1.21	Umweltverträglichkeit	Siehe DIBt-Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ [25] sowie speziell „Bewertung der Auswirkung von Kanalrohrsanierungsmitteln auf Boden und Grundwasser“ [26] sowie Arbeitsanleitung 5.6.										
*) Diese Verfahrensgruppe ist unter Verwendung von kunststoffbasierten Bauteilen in der DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] behandelt												

Tabelle 10 enthält die notwendigen Prüfparameter und die Verweise auf die entsprechenden Arbeitsanleitungen für die einzelnen **Erneuerungsverfahren**.

Tabelle 10 Prüfmatrix für Erneuerungsverfahren [35]

Erneuerungsverfahren		+: Prüfung zwingend		-: Prüfung nicht erforderlich
Nr.	<u>Prüfparameter</u>	Pipe-Eating mit Mikrotunnelbau (mit genormten Rohren)	Rohrberstverfahren	Arbeitsanleitung
Sanierungswerkstoffe und -verfahren				
1.1	Haltbarkeit	-	-	5.1.3
1.2	Ausfüllen des Stoffdatenblattes (Identitätsprüfung)	-	-	5.1.2
1.3	Viskosität	-	-	5.3.8
1.4	Abbinde-, Aushärtungs-, Reaktionszeit	-	-	5.5.1
1.5	Schmelzindex, Viskositätszahl (k-Wert)	-	-	5.3.9
1.6	Porenstruktur, Wand-/Schichtaufbau	-	-	5.4.3
1.7	Verhalten gegenüber korrosiven Medien (Chemikalienbeständigkeit)	-	-	5.5.2
1.8	Volumenschrumpfen und Schwinden	-	-	5.4.2
1.9	Wasseraufnahme bzw. Quellen	-	-	5.3.6
1.10	Abriebverhalten	-	-	5.3.3
1.11	Mechanische Eigenschaften	-	+ *)	5.3.1
1.12	Wärmeformbeständigkeit	-	-	5.3.7
1.13	Haftzugfestigkeit	-	-	5.3.2
1.14	Wärmedehnung	-	-	5.3.10
1.15	Barcol-Härte	-	-	5.4.4
1.16	Dichte	-	-	5.3.5
1.17	Wand-/Schichtdicke	+	+ *)	5.2.1
1.18	Hochdruckspülfestigkeit	-	-	5.3.4
1.19	Verfahrensbeschreibung	+	+	5.1.1
1.20	Kriechen	-	-	5.4.1
1.21	Umweltverträglichkeit	Siehe DIBt-Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ [25] sowie speziell „Bewertung der Auswirkung von Kanalrohrsanierungsmitteln auf Boden und Grundwasser“ [26] sowie Arbeitsanleitung 5.6.		
*) Unter Simulation von Riefen				

5 Arbeitsanleitungen für die einzelnen Eignungsprüfungen

Die in diesem Abschnitt behandelten Arbeitsanleitungen sind auf Grund einer besseren Übersichtlichkeit wegen wie folgt geordnet:

- Allgemeine Eignungsprüfungen
- Geometrische Eignungsprüfungen
- Physikalische Eignungsprüfungen
- Chemische, biologische und biochemische Eignungsprüfungen
- Sonstige Eignungsprüfungen
- Umweltverträglichkeitsprüfungen

Die im folgenden dargestellten Arbeitsanleitungen weisen aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Regel immer folgende Gliederungspunkte auf, die sich nicht in allen Fällen ausfüllen lassen:

- Zweck
- Durchführung
 - Methode und Prüfmittel
 - Prüfkörper und Prüfort
 - Zuständigkeit
 - Weitere Hinweise
- Anforderungen
- Normen und Literatur.

5.1 Allgemeine Eignungsprüfungen

5.1.1 Verfahrensbeschreibung

5.1.1.1 Zweck

Der Unternehmer soll die Eigenschaften seines Sanierungsverfahrens anhand einer Verfahrensbeschreibung im Rahmen der DIBt-Zulassung dokumentieren. Darin ist die Vorgehensweise und das systemeigene Qualitätssicherungssystem sowie die erforderlichen Nebenarbeiten klar zu beschreiben. Darüber hinaus erfolgt eine Zuordnung („Klassifizierung“) des Sanierungsverfahrens in die verschiedenen Verfahrensgruppen (s. Bild 5).

5.1.1.2 Durchführung

– entfällt –

5.1.1.3 Zuständigkeit

Antragsteller.

5.1.1.4 Weitere Hinweise

Die Verfahrensbeschreibung soll durch den Antragsteller fallweise mit den projektspezifischen Angaben ergänzt werden (z.B.: bei Angebotsabgaben).

5.1.1.5 Anforderungen

Die Verfahrensbeschreibung muss mindestens alle relevanten Informationen zu folgenden Punkten enthalten (ATV-M 143-1 [6], Abschnitt 9):

- Technische Beschreibung des angebotenen Sanierungsverfahrens
- Erforderliche Vorarbeiten

- Einsatzbereich (Durchmesser, Werkstoffe, Schadenarten usw.)
- Detailangaben über die Anschluss technik bei seitlichen Anschlüssen
- Angaben zur Qualitätssicherung, z.B. automatische Aufzeichnung des Temperaturverlaufes oder des Druckes beim Verpressen, etc.

5.1.1.6 Normen und Literatur

- ATV-(DVWK-)M 143: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und –leitungen (Abwasserleitungen und -kanälen) [6]
- DIN EN 752-5: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Sanierung [4]
- DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) [7]
- DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen [13]
- Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen [5].

5.1.2 Ausfüllen des Stoffdatenblattes (Identitätsprüfung)

5.1.2.1 Zweck

Zur genauen Beschreibung der Eigenschaften des bei der Sanierungsmaßnahme verwendeten Bauprodukts sind für dieses

- ein EG-Sicherheitsdatenblatt nach 91/155/EWG und
- ein technisches Merkblatt

vorzulegen, die hinreichend vollständige Angaben über die für den sicheren Umgang mit dem Produkt relevanten Eigenschaften enthalten. Neben den physikalisch-chemischen Kenndaten, wie z.B. Form, Dichte, Viskosität, Schmelz- und Siedepunkt oder –bereich, Flammpunkt, Zündtemperatur und Explosionsgrenzen, sind dies auch toxikologische und ökologische Angaben sowie die Kennzeichnungsvorschriften nach der Gefahrstoffverordnung [36] (mit R- u. S-Sätzen).

Die Zusammensetzung der einzelnen Sanierungswerkstoffe ist dem DIBt vor Beginn von Eignungsprüfungen unter Verwendung des DIBt-Stoffdatenblattes (s. Anhang) durch den Antragsteller oder Werkstoffhersteller mitzuteilen.

Die Angaben des Werkstofflieferanten zur chemischen Zusammensetzung und die damit verbundene Identitätsprüfung dienen dazu, sicherzustellen, dass immer die gleichen Sanierungswerkstoffe unter Beachtung der maßgebenden Verarbeitungsvorschriften verwendet werden und diese den gesetzlichen Anforderungen des Umweltschutzes (BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [37], ChemG – Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen [38]) genügen.

5.1.2.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

In das vom DIBt zur Verfügung gestellte Stoffdatenblatt (in Tabellenform) sind für das Bauprodukt schriftlich mit Datum einzutragen (s. Anhang):

- Lfd. Nr.
- Handelsname des Rohstoffes
- Hersteller (Anschrift u. Telefon-Nr.)
- Genaue chem. Bezeichnung (IUPAC/Trivialname) (bei Präparationen sind neben dem Wirkstoff auch Lösemittel sowie sonstige Bestandteile, wie Weichmacher, Emulgatoren, Restmonomere, Verunreinigungen usw. mit ihren jeweiligen Anteilen anzugeben)
- Wirkungsweise
- Kennzeichnung (z.B. nach GefStoffV) [36] R- u. S-Sätze
- Gew.-Anteile in %.

Prüfkörper und Prüfort

– entfällt –

Zuständigkeit

Werkstofflieferant bzw. Bauunternehmer (AN).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.1.2.3 Anforderungen

– entfällt –

5.1.2.4 Normen und Literatur

Stoffdatenblatt des DIBt (s. Anhang)

EG-Sicherheitsdatenblatt nach 91/155/EWG

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [36]

5.1.3 Haltbarkeit

5.1.3.1 Zweck

Die Angaben des Werkstofflieferanten zur Haltbarkeit dienen zur Festlegung der maximalen Verwendungsdauer von Werkstoffen und Produkten. Sie dienen ebenfalls zur Kontrolle der Einhaltung der vorgeschriebenen Lagerungsbedingungen.

5.1.3.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Kontrolle der Angaben zur Haltbarkeit und der Lagerungsbedingungen.

Prüfkörper und Prüfort

– entfällt –

Zuständigkeit

- Sofern der Antragsteller selbst Werkstoffhersteller ist, hat er Angaben zur Haltbarkeit und zu den Lagerungsbedingungen (z.B.: auf Gebinde) zu machen. Ist er nicht Werkstoffhersteller, dann hat er zu veranlassen, dass der Vorlieferant diese Angaben macht .
- Ausführende (AN):
Kontrolle vor jeder Verarbeitung. Notierung der Chargennummer im Baustellentagebuch (Identifikation / Rückverfolgbarkeit).
- Bauleitung:
Stichprobenweise Kontrollen.

Weitere Hinweise

Die Bauleitung stellt ferner sicher, dass die Werkstoffdeklaration mit den Angaben bzw. Anforderungen der Ausschreibung übereinstimmt.

5.1.3.3 Anforderungen

Werkstoffe und Produkte, welche die Anforderungen an die Haltbarkeit und die Lagerungsbedingungen nicht vollständig erfüllen, dürfen nicht eingesetzt werden.

5.1.3.4 Normen und Literatur

Technische Unterlagen und Deklarationen des Werkstofflieferanten.

5.2 Geometrische Eignungsprüfungen

5.2.1 Wand-/Schichtdicke

5.2.1.1 Zweck

Diese Prüfung dient der Bestimmung und somit der Gewährleistung einer minimalen Wand- bzw. Schichtdicke. Sie ist z.B. für die statische Berechnung von Linern bzw. Neurohren erforderlich, sofern Verbesserungen der statischen Eigenschaften der zu sanierenden Leitung angestrebt werden.

5.2.1.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Mikroskopische Messungen an Querschliffproben, Messungen mit Mikrometer oder Messschieber (Schieblehre) an Probestücken (Bohrkernen).

Prüfkörper und Prüfort

➤ Reparatur

Roboterverfahren (mit Fräs- und Spachtelvorrichtung): Bei diesem Verfahren ist keine direkte Überprüfung der Schichtdicke möglich. Mit einer Fräsnut von mind. 25 x 25 mm ist in der Regel eine ausreichende Schichtdicke gewährleistet. Die Beurteilung dieser Vorarbeiten erfolgt mittels Kanal-TV-Inspektion.

Kurzliner und Innenmanschetten: Messung der Schicht-/Wanddicke vor Einzug am Trägerwerkstoff und im ausgehärteten Zustand (nur Kurzliner am Rückstellmuster).

➤ Renovierung

Schlauch-Lining: Messung der Wanddicke vor Einzug am Trägerwerkstoff und im ausgehärteten Zustand am Rückstellmuster.

Close-Fit-Lining: Messung der Wanddicke am angelieferten Rohr und Messung der Fertigungsdicke am Rückstellmuster.

Einzelrohr- und Rohrstrang-Lining: Überprüfung der Wanddicke des Rohres bei Anlieferung.

➤ **Erneuerung**

Überprüfung der Wanddicke des Neurohres bei Anlieferung.

Prüfhäufigkeit

Nach Lieferung und stichprobenartig auf der Baustelle.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

Schlauch-Lining: Sinnvoll ist die direkte, werkseitige Angabe der Nennwanddicke auf dem Schlauch.

5.2.1.3 Anforderungen

Der Antragsteller muss die vom Planer geforderte bzw. im Tragsicherheitsnachweis ermittelte minimale Wand-/Schichtdicke sicherstellen. Definition der minimalen Schichtdicke bei Rückstellmustern: Mittelwert minus Standardabweichung von 10 Einzelmesswerten [1].

Die Mindestwanddicke von Kurzlinern aus Faserverbundwerkstoffen (PUR und EP) muss nach ATV-DVWK-M 143-7 [6] mindestens 3 mm betragen.

Bei Innenmanschetten sind die Wanddicken gemäß Hersteller zu wählen.

Die Mindestwanddicke der mit Schlauch-Liningverfahren eingebrachten Schläuche soll nach LGA-Merkblatt [39] mindestens 3 mm betragen (für Kreis- und Eiprofil).

Nach Merkblatt ATV-DVWK-M 143-3 „Schlauchlining für Abwasserkanäle“ (Entwurf Stand 22.09.2003) [6] ergibt sich die Wanddicke des Schlauch-Liners aus der statischen Berechnung nach ATV-M 127-2 [49]. Die Mindestwanddicken sind am ausgehärteten Liner zu bestimmen. Unabhängig davon gelten als Mindestwanddicken folgende Werte:

- $DN/ID \leq 200 \text{ mm}$, $s \geq 3,0 \text{ mm}$
- $DN/ID > 200 \text{ mm}$, $s \geq 3,5 \text{ mm}$.

Bei Messung nach DIN EN ISO 3126 [40] bei einer Temperatur von $23 \pm 2 \text{ °C}$ muss die Wanddicke des eingebauten und ausgehärteten Schlauches nach IN EN 13566-4 [7] mindestens 80 % der Konstruktionsdicke oder 3 mm betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist .

Bei Auskleidung mit vorgefertigten Rohren ohne Ringraum (Close-Fit-Lining) müssen die geometrischen Eigenschaften mindestens den Anforderungen der Tabelle 8 (PE-Liner) bzw. Tabelle 9 (PVC-Liner) der DIN EN 13566-3 [7], falls zutreffend, entsprechen.

Bei Auskleidung mit vorgefertigten Rohren mit Ringraum (Rohrstrang-Lining) müssen die geometrischen Eigenschaften von vollwandigen Rohren aus PE oder PP (Typ HW) nach DIN EN 13566-3 [7] den Anforderungen nach DIN EN 12666-1 [102] bzw. DIN EN 1852-1 [92] und Rohre aus PE mit profilierter Wandung (Typ SW) den Anforderungen nach Tabelle 3 bzw. Anhang B der DIN EN 13566-2 [7] gemäß Prüfung nach DIN EN ISO 3126 [40] entsprechen.

5.2.1.4 Normen und Literatur

- ATV-M 127-2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren [49]
- ATV-A 161: Statische Berechnung von Vortriebsrohren [41]
- ATV-DVWK-M 143-3, -7: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen [6]

- LGA-Merkblatt: Qualitätssicherung von Schlauchlinern [39]
- DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) [7]
- DIN EN ISO 3126 Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohrleitungsteile aus Kunststoffen – Ermittlung und Bestimmung der Maße [40].

5.3 Physikalische Eignungsprüfungen

5.3.1 Mechanische Eigenschaften

5.3.1.1 Zweck

Die hier beschriebenen, verschiedenen Untersuchungen dienen zur Bestimmung der mechanischen Festigkeitseigenschaften von Sanierungswerkstoffen bzw. -produkten. Sie bilden die Grundlagen für den Gebrauchs- und Standsicherheitsnachweis und dienen darüber hinaus als Vergleichswerte für die an Baustellenproben ermittelten Kennwerte im Rahmen der qualitätssichernden Prüfungen auf der Baustelle.

Diese Arbeitsanleitung gilt nicht für Beschichtungsverfahren (s. Bild 3).

5.3.1.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel sowie Prüfkörper und Prüfort

Im folgenden wird ausschließlich auf Prüfungen eingegangen bezüglich:

- Reparatur mit Kurzlinern und Innenmanschetten
- Renovierung mit Auskleidungsverfahren
 - Close-Fit-Lining
 - Schlauch-Lining

Standardisierte und genormte sowie werkseitig vorgefertigte Rohre verschiedener Werkstoffe, welche z.B. für Rohrstrang- und Einzelrohr-Lining bzw. für die Erneuerung eingesetzt werden, sind nicht Gegenstand dieser Arbeitsanleitung. Für letztgenannte gelten die in den entsprechenden, werkstoffspezifischen Produktnormen festgelegten Anforderungen.

In Abhängigkeit des jeweils zuständigen Normen-/Regelwerkes sind für die einzelnen Sanierungsverfahren jeweils verschiedene mechanische Kennwerte mit unterschiedlichen Prüfverfahren und -methoden zu ermitteln. Diese werden nachfolgend

zusammenfassend vorgestellt, um einen Überblick über die derzeit in der Praxis angewandten und geforderten Eignungsprüfungen für folgende Verfahrensgruppen zu ermöglichen:

– Schlauch-Lining:

- Nach DIN EN 13566-4 [7], siehe Tabelle 11
- Nach RSV 1 [42], siehe Tabelle 12
- Nach DIBt-Prüfprogramm [43], s. Abschnitt DIBt-Prüfprogramm für Schlauchliner
- Nach ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8 [44], s. Abschnitt Ermittlung der mechanischen Kennwerte für Schlauch- und Kurzliner (ATV-DVWK) (Ergänzend zu den in der o.g. DIN EN 13566-4 [7], Tabelle 6 aufgeführten Anforderungen und Prüfungen enthält das Merkblatt [44] Hinweise zur Ermittlung der Kurz- und Langzeitwerte für Elastizitätsmoduln und Biegezugfestigkeiten sowie die korrespondierenden Prüfverfahren Scheiteldruck- und 3-Punkt-Biegeversuch.)

– Noppenschlauchverfahren:

- Für dieses Sanierungsverfahren, bestehend aus PE-HD-Liner und Injektionsmörtel, existieren bislang keine Normen oder Regelwerke. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher auf die im Rahmen einer erteilten DIBt-Zulassung [29] durchgeführten Eignungsprüfungen (s. Abschnitt Ermittlung der mechanischen Kennwerte für Noppenschlauchverfahren).

– Für Close-Fit-Lining:

- Nach DIN EN 13566-3 [7], s. Tabelle 15 (Liner-Rohre aus PE) und Tabelle 16 (Liner-Rohre aus PVC-U)

– Für Rohrstrang-Lining nach DIN EN 13566-2 [7]:

- Nach DIN EN 13566-2 [7] für Liner-Rohre aus PE mit profilierter Wandung (Typ SW), s. Tabelle 17
- Nach DIN EN 13566-2 [7] gemäß DIN EN 12666-1 [102] und DIN EN 1852-1 [92] für vollwandige Rohre aus PE und PP.

Tabelle 11 Mechanische Eigenschaften von vor Ort härtendem Schlauch-Lining
nach DIN EN 13566-4 [7] *)

Eigenschaft / mech. Kennwert	Anforderung	Prüfparameter		Prüfverfahren
		Parameter	Wert	
Spezifische Kurzzeit- Ringsteifigkeit	Angegebener Wert, \geq der in DIN EN 13566-1 [7] festgelegte Mindestwert	Anzahl der Probekörper: Länge der Probekörper für: $d_n \leq 300$ mm $d_n > 300$ mm Temperatur: Erstverformung (für Verfahren B):	2 d_n mm \pm 5 % 300 mm, \pm 5 % 23 ± 2 °C $3 \pm 0,5$ %	Verfahren A oder B ¹⁾ nach DIN EN 1228 [45] (Scheitel- druckversuch, Kurzzeitversuch)
Kurzzeitbiege- modul (E_0)	Angegebener Wert, \geq 1500 MPa	Anzahl der Probekörper:	5	EN ISO 178 [58] wird durch Anhang C der DIN EN 13566-4 [7] modifiziert (Dreipunktbiege- versuch ³⁾ , Kurzzeitversuch)
Biegefestigkeit beim ersten Bruch (σ_{fb})	Angegebener Wert, \geq 25 MPa	Prüfge- schwindigkeit: Ausrichtung des Musters:	10 mm/min gemäß Abschnitt 7.8 der DIN EN 13566-4 [7]	
Biegedehnung beim ersten Bruch (ε_{fb})	Angegebener Wert, \geq 0,75 %	Temperatur:	23 ± 2 °C	
Langzeit- biegemodul unter feuchten Bedingungen (E_x)	Angegebener Wert, \geq 300 MPa bei 50 Jahren	Anzahl der Probekörper	3	Anhang D der DIN EN 13566-4 [7] (3-Punktbiege- versuch)
Kriechfaktor, trocken ($\alpha_{x,dry}$) ²⁾	Angegebener Wert, \geq 0,2	Anzahl der Probekörper Länge der Probekörper für: $d_n \leq 300$ mm $d_n > 300$ mm Prüfzeit: Zeit, auf die die Werte extrapoliert werden müssen: Temperatur: Relative Feuchtigkeit:	2 d_n mm \pm 5 % 300 mm, \pm 5 % 10.000 h 50 Jahre 23 ± 2 °C $50 \pm 0,5$ %	DIN EN 761 [97] (Scheiteldruck- versuch, Zeitstandsversuch)
Zugfestigkeit beim Bruch (σ)	Angegebener Wert, \geq 15 MPa	Anzahl der Probekörper:	5	Verfahren A oder B ¹⁾ nach DIN EN 1393 [46]
Bruchdehnung	Angegebener Wert, \geq 0,5 %	Prüfge- schwindigkeit: Temperatur:	5 mm/min 23 ± 2 °C	

1)	Im Schiedsfall gemäß DIN EN 13566-4 [7] ist Verfahren A zu wählen
2)	Der Kriechfaktor $\alpha_{x, dry}$ weicht vom 2-Jahres Kriechfaktor für thermoplastische Liner-Rohre ab, der in den Teilen 2, 3 und 6 der DIN EN 13566 [7] definiert ist. Um das Kriechen von CIPP (cured-in-place pipe) mit dem von thermoplastischen Liner-Rohr zu vergleichen, kann ein entsprechender 2-Jahres-Kriechfaktor für CIPP als $1/(\alpha_{x, dry})$ erhalten werden, wobei x = 2 Jahre bedeutet.
3)	<p>Anmerkung gemäß Protokoll der 5. Sitzung der Arbeitsgruppe ATV-ES 5.4, UA „Sanierung“ am 07.10.2003 in Nürnberg bezüglich Empfehlungen zur Durchführung von Materialprüfungen (für den Fall einer Übernahme von Teilen aus DIN EN 13566-4 in ATV-DWVK-M 143-13 [44]):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generell wären 4-Punkt-Biegeversuche vorzuziehen, da beim 3-Punkt-Biegeversuch unter der Druckfinne unrealistische mehraxiale Spannungszustände resultieren. • Für Vergleiche zwischen 3-Punkt-Biegeversuch und Scheiteldruckversuch muss die genaue Prüfgeometrie (vgl. DIN EN 13566-4, Bild C.1: Walzendurchmesser, Stützweite, Stichbegrenzung mit $\leq 0,07 L$), die Vorschrift zur Messung der Wanddicke (Bild C.2) und ihre Berücksichtigung in der Auswertung sowie der Krümmungseinfluss der Probe bekannt sein. • In DIN EN 13566-4, Bild C.2 ist für die Ermittlung der Grenzspannung ein Messpunkt M in der Mitte der Probe (Scheitel) maßgebend, nicht an den Auflagerpunkten wie in Bild C.2 dargestellt. Bei der Ermittlung des E-Moduls ist ein Mittelwert aus 3 bzw. 6 Messstellen zu verwenden. • Der Unterschied zwischen σ_{fb} (1. Bruch bzw. Knick im σ-ϵ-Diagramm nach DIN EN 13566-4, Bild C.4) und σ_{fm} (endgültiger Bruch) sollte durch unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte beim Spannungs-/Dehnungsnachweis berücksichtigt werden.

Tabelle 12 Eignungsnachweise zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften am ausgehärteten Rohr nach RSV 1 [42]

Prüfung gemäß Spezifikation	Prüfverfahren
Ring-Biegezugfestigkeit, Ringsteifigkeit, Umfangs-E-Modul ¹⁾	DIN EN 1228 [45] (Scheiteldruckversuch, Kurzzeitversuch) EN ISO 178 [58] (Dreipunktbiegeversuch, Kurzzeitversuch) DIN EN 761 [97] (Scheiteldruckversuch, Zeitstandsversuch) DIN 53769-3 [47] (Scheiteldruckversuch, Kurzzeit- und Langzeitversuch)
Innendruckversuch	Nach 53769-1 und -2 [47] (nur für Druckleitung)
Längszugfestigkeit	DIN EN ISO 527-4 [48]
¹⁾ Die Ergebnisse werden auf eine Mindestnutzungsdauer von 50 Jahren extrapoliert. Nur solche Werte finden Eingang in die statischen Berechnungen. Bei Rezepturänderungen genügt es, sofern ausreichende statistische Prüfwerte aus der Eigen- und Fremdüberwachung vorliegen, ein 1000 h test zur Tendenzbestimmung	

DIBt-Prüfprogramm für Schlauchliner

Gemäß DIBt-Prüfprogramm [43] sollen folgende mechanische Eigenschaften an Probestücken von harzgetränkten Schlauchlinern ermittelt werden:

- Prüfung der Ringsteifigkeit am Kreisring der größten Nennweite, die Antragsgegenstand ist:
 - Bestimmung der Kurzzeitwerte (1-Minutenwert, 1-h-Wert, 24-h-Wert)
 - Bestimmung der Langzeitwerte (Prüfung über einen Zeitraum von 10.000 h mit Tendenzabschätzung nach 2.000 h; einschließlich der Extrapolation des Ringsteifigkeitswertes auf 50 Jahre)
- Prüfung des Kurzzeit- und Langzeit-Biege-E-Moduls am Kreisring der größten Nennweite, die Antragsgegenstand ist (1-Minutenwert, 1-h-Wert, 24-Wert und 50-Jahreswert)
- Vergleichsprüfung des Kurz- und Langzeit-Biege-E-Moduls am Kreisausschnitt mittels Drei-Punkt-Biegeprüfung
- Prüfung der Kurz- und Langzeit- Biegezugspannungen am Kreisring
- Vergleichsprüfung der Kurz- und Langzeit-Biegezugspannung am Kreisausschnitt mittels Drei-Punkt-Biegeprüfung
- Bestimmung der Kriechneigung; ggf. differenziert nach Nennweiten

Ermittlung der mechanischen Kennwerte für Schlauch- und Kurzliner (ATV-DVWK)

Die folgenden Ausführungen sind u.a. Inhalt des Entwurfes für ein Merkblatt der ATV-DVWK-M 143-Reihe der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8 „Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen“ (Manuskriptstand: 02.2004) [44], welches zukünftig die Vorgehensweise für die Überprüfung von mittels Kurz- und Schlauchliner ausgeführten Sanierungsmaßnahmen angeben wird.

Die für die statische Berechnung maßgebenden mechanischen Kennwerte nach ATV-M 127-2 [49] werden bei der Eignungsprüfung im Scheiteldruckversuch

(Bauteilprüfung) ermittelt. Als Referenzwert für die Baustellenprüfungen werden im Rahmen der Eignungsprüfung zusätzlich 3-Punkt-Biegeversuche gemäß DIN ISO EN 178 [58], modifiziert durch DIN EN 13566-4 [7], Anhang C durchgeführt. Folgende mechanischen Kennwerte werden aus dem Scheiteldruckversuch (Bauteilprüfung) ermittelt:

Elastizitätsmodul:	$E_{\text{Kurzzeit}} = E_{01}$
	$E_{\text{Langzeit}} = E_{50a}$
Ringsteifigkeit:	$S_{R,\text{Kurzzeit}} = S_{R01}$
	$S_{R,\text{Langzeit}} = S_{R50a}$
Bruchspannungen:	$\sigma_{B,\text{Kurzzeit}} = \sigma_{01}$
	$\sigma_{B,\text{Langzeit}} = \sigma_{50a}$
Dehnungsgrenze:	$\varepsilon_{GR} = 0,75 \%$

Die Werte E_{01} , E_{50a} sowie σ_{01} , σ_{50a} sind charakteristische Werte und werden als untere 5 %-Quantilwerte bei 75 %-iger Aussagewahrscheinlichkeit bei der Eignungsprüfung definiert. Elastizitätsmoduln und Bruchspannungen werden im Rahmen des Eignungsnachweises aus Scheiteldruck- und Drei-Punkt-Biegeversuchen ermittelt. Es wird empfohlen, für die Auswertung von Versuchen die Lognormalverteilung zugrunde zu legen.

Im Rahmen der Eignungsprüfung sind gemäß DIN EN 13566-4 [7] folgende Nachweise zu erbringen

- Kurzzeit-Scheiteldruckversuch ($E_{01/i}$): 3 Versuche
- Kurzzeit-Scheiteldruckversuch Bruch ($\sigma_{01/i}$): 5 Versuche
- Langzeit-Scheiteldruckversuch ² ($E_{50/i}$, $\sigma_{50/i}$): 6 Versuche
- 24 h-Scheiteldruckversuch (Kriechneigung Kn_{24}) 3 Versuche

² Gemäß DIBt-Prüfprogramm [43] (s. Abschnitt DIBt-Prüfprogramm für Schlauchliner) erfolgt die Prüfung der Ringsteifigkeit am Kreisring der größten Nennweite, die Antragsgegenstand ist, u.a. einschließlich der Extrapolation des Ringsteifigkeitswertes auf 50 Jahre.

- 24 h-3-Punkt-Biegeversuch (Kriechneigung): 3 Versuche
- 3-Punkt-Biege-Versuch (Bruch) ($E_{01/i}$, $\sigma_{01/i}$): 10 Versuche
- Zugversuch (nicht Gegenstand des o.g. Merkblattes ³) (σ_R): 5 Versuche
- Druckversuch (nicht Gegenstand des o.g. Merkblattes ³) (σ_D): 5 Versuche.

Die Abminderungsbeiwerte A aus Zeiteinfluss sind wie folgt zu ermitteln

$$A_{1I} = \frac{E_{01}}{E_{50a}} \qquad A_{1B} = \frac{\sigma_{01}}{\sigma_{50a}}$$

Die an Baustellenproben (aus dem fertigen Sanierungsprodukt gewonnene Kreissegmente) durch 3-Punkt-Biegeversuche nach DIN EN ISO 178 [58] im Rahmen der baustellenbegleitenden Qualitätssicherungsmaßnahmen ermittelten Kurzzeitwerte $E_{01/i}$ und $\sigma_{01/i}$ sind mit den bei der Eignungsprüfung festgestellten Werten zu vergleichen bzw. zu kontrollieren.

Versuchsdurchführung

Elastizitätsmoduln, Ringsteifigkeiten und Bruchspannungen werden aus Scheiteldruckversuchen und 3-Punkt-Biegeversuchen ermittelt. Bei der Durchführung aller Versuche sind die Hinweise aus der Anwendungsnorm für Schlauchliner DIN EN 13566-4 [7], einschließlich der Anhänge A bis D mit den darin zitierten Prüfnormen DIN EN 761 [97], DIN EN 1228 [45] und DIN EN ISO 178 [58] (gem. Anhang C) zu beachten.

Scheiteldruckversuche

➤ Wand-/Schichtdicke

Die Bestimmung der Messwerte S_{R01} und S_{R50a} sowie der daraus abgeleiteten mechanischen Kennwerte $E_{01/i}$, $E_{50a/i}$, $\sigma_{01/i}$, erfolgt in Anlehnung an DIN EN 1228

³ Versuch in der Regel nicht erforderlich, da es sich um vorwiegend biegebeanspruchte Bauteile handelt.

[45] (entspricht DIN 53769-03:1988-11) an einzelnen Proben (Kurzzeit Scheiteldruckversuch), deren Probendicke an 16 Messpunkten für den statisch wirksamen Querschnitt ermittelt wird. Stellen, die systematisch eine höhere Probendicke aufweisen, wie z.B. Nahtbereiche, sind auszuschließen. Maßgebend ist der Mittelwert der gemessenen Werte.

➤ **Bestimmung von $E_{01/i}$ und S_{R01} im Kurzzeitversuch**

Für die Bestimmung von $E_{01/i}$ und S_{R01} im Kurzzeitversuch dienen als Grundlage DIN 53769-3 [47], DIN EN 761 [97], DIN EN 1228 [45] und EN 13566-4 Anhang B [7].

Es ist folgende **Versuchsdurchführung** vorgesehen: Es wird eine Vertikalverschiebung von $(3,0 \pm 0,5) \%$ innerhalb von 60 s eingestellt. Diese Verformung wird über 2 min konstant gehalten. Am Ende der Standzeit wird die Kraft F_i registriert. Es sind ca. 10 Versuche zur Sicherstellung einer ausreichenden statistischen Auswertung erforderlich.

Versuchsauswertung:
$$S_{01/i} = \frac{E \cdot I}{(d_m/2)^3 \cdot l} \quad \text{mit } F_i = \frac{S_R \cdot \Delta d_{vi} \cdot l}{\xi}$$

$$\Rightarrow E_{01/i} = \frac{3}{2} \cdot \xi \cdot \frac{F_i}{\Delta d_{vi} \cdot l} \cdot \left(\frac{d_m}{s} \right)^3$$

ausgewertet für
$$\frac{\Delta d_{vi}}{d_m} = 3\% \Rightarrow E_{01/i} = 7,74 \cdot \frac{F_i \cdot d_m^2}{l \cdot s^3}$$

Es bedeuten:

$$d_m = d_a - s$$

d_a = Außendurchmesser der Probe

Δd_{vi} = Vertikalverformung

s = Mittelwert der Probendicke

l = Probenlänge

i = Probennummer

ξ = Faktor nach Tabelle 13

Tabelle 13 Faktor ξ nach DIN 53769-3 [47] *)

$\frac{\Delta d_v}{d_m} \cdot 100\%$	ξ
1,5	0,1518
2,0	0,1528
2,5	0,1538
3,0	0,1548
3,5	0,1558
4,0	0,1568
5,0	0,1588
6,0	0,1608
7,0	0,1628
8,0	0,1648
9,0	0,1668
10,0	0,1688
11,0	0,1708
12,0	0,1728
13,0	0,1748
*) Zwischenwerte sind linear zu interpolieren	

➤ Bestimmung von $\sigma_{01/i}$ im Kurzzeitversuch

Für die Bestimmung von $\sigma_{01/i}$ im Kurzzeitversuch dient als Grundlage DIN EN 1228 [45] und DIN 53769-3 [47]. Es ist folgende **Versuchsdurchführung** vorgesehen:

Die Prüfgeschwindigkeit sollte 10 mm/min betragen. Es wird die Maximalkraft F_i gemessen. Es sind ca. 10 Versuche zur Sicherstellung einer ausreichenden statistischen Auswertung erforderlich.

Auswertung:
$$\sigma_{01/i} = 0,955 \frac{F_i \cdot d_m}{s^2 \cdot l}$$

Es bedeuten:

d_m $d_a - s$

d_a = Außendurchmesser der Probe

s = Mittelwert der Probendicke

l = Probenlänge

i = Probennummer.

➤ **Bestimmung von S_{R50a} und $E_{50a/i}$ im Langzeitversuch**

Für die Bestimmung von S_{R50a} und $E_{50a/i}$ im Langzeitversuch dienen als Grundlage DIN 53769-3 [47], DIN EN 761 [97], DIN EN 1228 [45] und EN 13566 [7].

Es ist folgende **Versuchsdurchführung** vorgesehen:

Der Scheiteldruckversuch wird über einen Zeitraum von 10.000 h durchgeführt. Bei geringfügigen Änderungen in der Zusammensetzung oder Rezeptur ist ein erneuter Nachweis über 1000 h ausreichend, wenn die Ergebnisse denen der Erstuntersuchung entsprechen. Es wird eine Vertikalverformung von $(1,75 \pm 0,25) \%$ mittels der Prüfkraft F_i innerhalb von 2 min eingestellt. Die Prüfkraft F_i folgt aus:

$$F_i = \frac{S_r \cdot \Delta d_{vi} \cdot l}{\xi}, \quad S_R = \frac{E \cdot I}{(d_m / 2)^3}$$

$$\Rightarrow F_i = 0,0766 \cdot \frac{s^3 \cdot l}{d_m^2} \cdot \bar{E}_{01}$$

Dabei bedeuten:

$$d_m = d_a - s$$

d_a = Außendurchmesser der Probe

s = Mittelwert der Probendicke

l = Probenlänge

\bar{E}_{01} = Mittelwert des Kurzzeit-Elastizitätsmoduls.

Der Vertikalverformungsbereich Δd_v wird in solchen Zeitabständen gemessen, dass in einem Diagramm mit doppellogarithmischer Einteilung in jeder Zeitdekade mindestens zwei Messwerte festgehalten werden. Aus den Messwerten wird unter der Voraussetzung geradlinigen Verlaufs der Zeit-Verformungs-Kurve ein 50 a – Wert Δd_{vi} extrapoliert. Es sind ca. 6 Versuche zur Sicherstellung einer ausreichenden statistischen Auswertung erforderlich.

Auswertung:

$$E_{50a/i} = \frac{3}{2} \cdot \xi \cdot \frac{F_i}{\Delta d_{vi} \cdot l} \left(\frac{d_m}{s} \right)^3$$

$$\text{für } \frac{\Delta d_{vi}}{d_m} = 1,75\% \quad \Rightarrow \quad E_{50a/i} = 0,018 \cdot \frac{d_m}{\Delta d_{vi}} \cdot \bar{E}_{01}$$

Dabei bedeuten:

$$d_m = d_a - s$$

d_a = Außendurchmesser der Probe

s = Mittelwert der Probendicke

l = Probenlänge

Δd_{vi} = Vertikalverformung

ξ : siehe Tabelle 13

Bestimmung der mechanischen Kennwerte im 3-Punkt-Biegeversuch

➤ Messung der Wanddicken

Die Bestimmung der mechanischen Kennwerte $E_{01/i}$, $E_{50a/i}$, $\sigma_{01/i}$ erfolgt an Proben, die in Umfangsrichtung aus dem Liner entnommen werden und demzufolge gekrümmt sind. Die Versuchsanordnung gemäß DIN EN 178 [58] und die geometrischen Beziehungen sind im Anhang 1 dargestellt (vgl. DIN EN 13566-4 Anhang C [7]). Die angegebenen Formeln berücksichtigen die Probenkrümmung und den Einfluss von Biegemoment, Normal- und Querkraft. Sie gelten für $\frac{d_m}{s} \geq 20$. Die Probendicke wird aus sechs Messpunkten im mittleren Probendrittel für den statisch wirksamen Querschnitt ermittelt. Maßgebend ist der Mittelwert. Für Proben mit stark schwankenden Wanddicken oder bei asymmetrisch gebogenen Proben folgt die Dickenmessung im Einflussbereich des Bruches bzw. des maximalen Biegemomentes. Nicht tragende Bestandteile der Wandung, wie z.B. Reinharzinnenschichten, Folien, Innenbeschichtungen sowie Außenbeschichtungen, werden nicht auf die statisch wirksame Wanddicke angerechnet.

➤ **Drei-Punkt-Biegeversuche für gekrümmte Probestücke**

Als Grundlage für Drei-Punkt-Biegeversuche für gekrümmte Probestücke dienen DIN EN ISO 178 [58] und EN 13566-4 Anhang C [7].

Es ist folgende **Versuchsdurchführung** vorgesehen:

Drei-Punkt-Biegeversuche werden gemäß DIN EN 13566-4 Anhang C [7] und entsprechend der Eignungsprüfung durchgeführt. Dabei ist an den Auflagerpunkten die Reibung so gering wie möglich zu halten. Als Ergebnis müssen die festgelegten unteren Grenzwerte aus dem Eignungsnachweis mindestens erreicht werden.

Es gilt zu beachten, dass bei der Bestimmung der Kurzzeitwerte $E_{01/i}$ und $\sigma_{01/i}$ der 3-Punkt-Biege- und der Scheiteldruckversuch auf Grund des Krümmungseinflusses unterschiedliche Ergebnisse liefern können. DIN 13566-4 [7] beschreibt diesbezüglich das „Problem“ der gekrümmten Proben nicht erschöpfend.

Alternative Vorgehensweise zur Ermittlung der mechanischen Kennwerte für Schlauch- und Kurzliner

Die folgenden Ausführungen sind Inhalt des Anhang 1 des Entwurfes für ein Merkblatt der ATV-DVWK-M 143-Reihe der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8 „Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfempfehlungen“ (Manuskriptstand: 02.2004) [44].

➤ **Bestimmung von $E_{01/i}$ und $\sigma_{01/i}$ im 3-Punkt-Biegeversuch (Kurzzeitversuch)**

Versuchsdurchführung:

Es wird ein Kraft-Durchbiegungs-Diagramm bis zum Bruch ermittelt. Die Auswertung erfolgt mit dem Größtwert der Bruchkraft F_i und den bei den Kräften $0,1 F_i$ und $0,3 F_i$ gemessenen Durchbiegungen $w_{0,1F_i}$ und $w_{0,3F_i}$.

Hilfsgrößen:

$$\zeta_1 = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{s}{R} \right) \quad \zeta_2 = \frac{1}{12} \cdot \left(\frac{s}{R} \right)^2$$

$$C_1 = \frac{\varphi}{\cos^2 \varphi} - \tan \varphi \quad C_2 = \frac{\varphi}{\cos^2 \varphi} + \tan \varphi$$

$$C_3 = \frac{(1 + \zeta_1) \cdot \tan \varphi}{C_1(1 + \zeta_2) + 2,4 \cdot C_2 \cdot \zeta_2}$$

Es gilt (s.a. Bild 6):

s = Mittelwert der Probendicke
 b = Probenbreite
 φ = Hälfte des Öffnungswinkels der Probe
 R = berechneter Radius des Probenausschnittes

Versuchsauswertung für $\sigma_{01/i}$:

$$\sigma_{01/i} = \frac{3 \cdot F_i \cdot R}{b \cdot s^2} (1 + \zeta_1) \cdot \tan \varphi$$

Versuchsauswertung für $E_{01/i}$:

$$E_{01/i} = \frac{0,6 \cdot F_i}{b \cdot (w_{0,3F_i} - w_{0,1F_i})} \cdot \left(\frac{R}{s} \right)^3 \cdot \frac{(1 + \zeta_1) \cdot \tan \varphi}{C_3}$$

➤ Bestimmung von $E_{50/i}$ im Langzeitversuch

Versuchsdurchführung:

Der Versuch wird über einen Zeitraum von 10.000 h durchgeführt. Mittels der Prüfkraft F_i wird innerhalb von 2 Minuten eine definierte Verformung eingestellt. Dieser Verformung entspricht eine Dehnung, die der Vertikalverformung von (1,75 ± 0,25) % im Scheiteldruckversuch zugeordnet ist.

Die Vertikalverformung Δd_v wird in solchen Zeitabständen gemessen, dass in einem Diagramm mit doppellogarithmischer Einteilung in jeder Zeitdekade mindestens zwei Messwerte festgehalten werden. Aus den Messwerten wird unter der Voraussetzung geradlinigen Verlaufs der Zeit-Verformungs-Kurve ein 50 a-Wert $w_{50a/i}$ extrapoliert.

Ermittlung der Prüfkraft F_i :

$$F_i = 0,1463 \cdot \frac{\zeta_2 \cdot b \cdot s}{(1 + \zeta_1) \cdot \tan \varphi} \cdot \bar{E}_{01}$$

Es gilt (s.a. Bild 6):

s = Mittelwert der Probendicke

b = Probenbreite

R = Radius der Probe

\bar{E}_{01} = Mittelwert des Kurzzeit-E-Moduls

$w_{50a/i}$ = extrapolierte Vertikalverformung

$\zeta_1, \zeta_2, C_3, \varphi$ s.o.

Versuchsauswertung für $E_{50/i}$:

$$E_{50/i} = \frac{3 \cdot F_i}{b \cdot w_{50a/i}} \cdot \left(\frac{R}{s}\right)^3 \cdot \frac{(1 + \zeta_1) \cdot \tan \varphi}{C_3}$$

- Zur Berechnung des halben Öffnungswinkels beim 3 Punkt-Biegeversuch an gekrümmten Probestücken

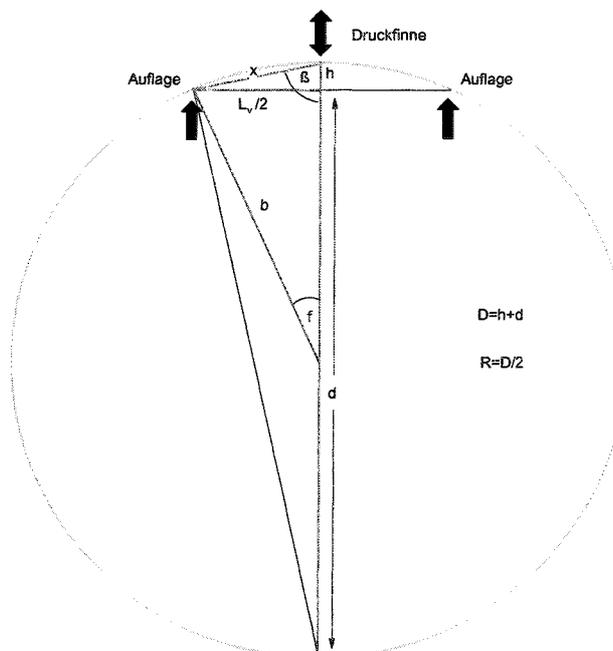


Bild 6 Schema zur Erläuterung der in den Formeln verwendeten Parameter

Zur Berechnung des halben Öffnungswinkels φ :

Bei einem theoretischen bekannten D kann der halbe Öffnungswinkel berechnet werden nach:

$$\sin \varphi = \frac{L_v * 2}{D * 2} = \frac{L_v}{D}$$

Dies gilt nur für ideale, perfekte Rohre!

D ist aber in der Praxis nicht bekannt, da:

- Imperfektes Rohr
- Probenkontraktion bei der Probennahme durch thermischen bzw. Reaktionsschrumpf

Wenn D nicht bekannt ist, muss der Öffnungswinkel bestimmt werden. Dazu müssen gemessen werden:

- L_v – Auflageabstand und
- x – Abstand (Auflager – Druckpunkt) oder
- h – Höhe über Auflager

Damit kann über den Satz des Pythagoras das Dreieck ($L_v/2 - x - h$) berechnet werden:

$$h = \sqrt{x^2 - \left(\frac{L_v}{2}\right)^2} \quad \text{oder} \quad x = \sqrt{h^2 + \left(\frac{L_v}{2}\right)^2}$$

und

$$\sin \beta = \frac{L_v}{2 * x}$$

Aus dem Höhensatz im rechtwinkligen Dreieck erhält man den Durchmesser D des imaginären Rohres (großes Dreieck) mit:

$$\left(\frac{L_v}{2}\right)^2 = h * d \Rightarrow d = \frac{L_v^2}{4 * h}$$

$$\text{als} \quad D = d + h$$

und damit den Radius R:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{(d+h)}{2} = \frac{(L_v^2 + h)}{8 * h}$$

Mit Hilfe des Radius R, dem Abstand (Auflager – Druckpunkt) x, und dem Winkel β kann der halbe Öffnungswinkel der Probe berechnet werden über den Cosinussatz

$$b = \sqrt{x^2 + R^2 - 2xR * \cos \beta}$$

und den Sinussatz

$$\sin \varphi = \frac{x * \sin \beta}{b} = \frac{x * \sin \beta}{\sqrt{x^2 + R^2 - 2xR * \cos \beta}}$$

als:

$$\sin \varphi = \frac{x * \frac{L_v}{2x}}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right)^2 - 2x\left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right) * \cos \beta}} \quad \text{mit} \quad \cos \beta = \frac{h}{x}$$

durch Einsetzen und Kürzen folgt

$$\sin \varphi = \frac{L_v}{2 * \sqrt{x^2 + \left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right)^2 - 2h\left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right)}}$$

Durch Ausmultiplizieren und Einsetzen von $x^2 = \frac{L_v^2}{4} + h^2$ ergibt sich

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{L_v}{2 * \sqrt{\left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right)^2}} \\ \sin \varphi &= \frac{L_v}{2 * \left(\frac{L_v^2 + h}{8h}\right)} \\ \sin \varphi &= \frac{L_v}{2 * R} = \frac{L_v}{D} \end{aligned}$$

Mit den so erhaltenen Werten für R und φ können gemäß des obigen Abschnitt „Bestimmung der mechanischen Kennwerte im Drei-Punkt-Biegeversuch“ Biegezugfestigkeit $\sigma_{01/i}$ und E-Modul $E_{01/i}$ berechnet werden. Zur Ermittlung des halben Öffnungswinkels war es notwendig zwei der folgenden Parameter zu wie folgt zu bestimmen:

- L_v = Auflagerabstand – messen mit Schieblehre
- x = Abstand (Auflager – Druckpunkt) – messen mit Schieblehre
- h = Höhe über Auflager – rechnergestützt.

Empfohlen wird die rechnergestützte Berechnung der Höhe über dem Auflager, die wie folgt durchgeführt wird:

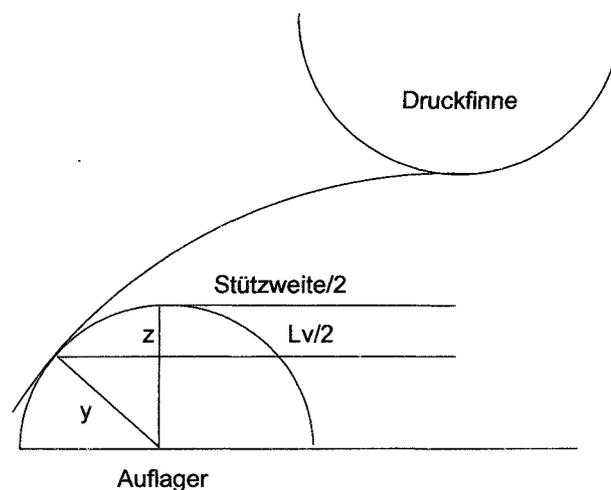


Bild 7 Schema zur Korrektur der Höhe (Druckfinne – Auflager)

- Anfahren des Anfangsdruckpunktes und Ermittlung des Abstandes Druckfinne – Auflager (s. Bild 7)
- Subtrahieren der mittleren Probendicke
- Addieren von $z = y - \sqrt{y^2 - \frac{(L_v - \text{Stützweite})^2}{4}}$ als Korrektur für erniedrigte Auflagerhöhe mit y = Radius der Auflagerfinne.

Ermittlung der mechanischen Kennwerte für Noppenschlauchverfahren

➤ Injektionsmörtel

Für die Verfüllung des Ringraumes (Raum zwischen Preliner und dem noppenbesetzten Liner) wird zementgebundener Injektionsmörtel verwendet. Die Prüfung der Druck- und Biegezugfestigkeit (ohne Kunststoffbauteile) erfolgt an Mörtelprismen nach DIN EN 1164 [113], Prüfverfahren nach DIN EN 196-1 [50]. Mittels dieser Versuche werden die charakteristischen Festigkeitswerte bestimmt (als 5%-Fraktile, d.h. in 95 % aller Fälle werden diese Festigkeiten erreicht oder überschritten).

➤ PE-HD-Liner

Der PE-HD-Liner muss über die PE-HD-Noppen mit dem erhärteten Injektionsmörtel mechanisch sicher verbunden sein, so dass ein Ausreißen ausgeschlossen ist (Verankerung). Hierfür wird eine Druckprüfung gefordert, mit der eine Beurteilung dieses Verbundes möglich ist. Der Nachweis ist an Prüfkörpern mit einer Größe von $300 \times 300 \text{ mm}^2$ und einer Mindestprüffläche von $250 \times 250 \text{ mm}^2$ unter den Bedingungen entsprechend Tabelle 14 Zeilen 1 oder 2 zu erbringen. Die Prüffläche muss mindestens zwei Verankerungselemente umfassen. Es gelten die folgenden Prüfbedingungen [34]:

- Die Prüfkörper müssen die vorstehend genannten Abmessungen und Werkstoffqualitäten haben, die Herstellung muss in Art und zeitlichem Ablauf der Bauteil- bzw. Bauwerksherstellung entsprechen.
- Die Prüfung erfolgt frühestens 28 Tage nach der Herstellung der Prüfkörper. Für Beton sind die Lagerungsbedingungen gemäß DIN 1048-1 [120] einzuhalten.
- Die Prüfkörper werden in eine Versuchseinrichtung eingelegt und mit Wasser von Raumtemperatur gefüllt. Auf sorgfältige Entlüftung ist zu achten. Dann wird der in der Tabelle 14 vorgeschriebene Prüfdruck (ggf. muss der Außendruck vom Hersteller angegeben werden) innerhalb von 30 Sekunden aufgebracht. Es wird festgestellt, ob die Prüfkörper in der vorgeschriebenen Prüfdauer diesen Anforderungen entsprechen. Als Versuchseinrichtung wird ein spezieller Prüfrahmen entsprechend Bild 8 verwendet. Maßgebend für die Beurteilung des Ergebnisses der Prüfung ist das Ausreißen des ersten Verankerungselementes.

Tabelle 14 Druckprüfung für nichtselbsttragende Auskleidungen – Prüfwerte [34]

Zeile	Prüf-temperatur °C	Prüfdauer (Mindest-standzeit) h	Prüfdruck		Aufwölbung durch Außendruck mm
			bei druckloser Anwendung bar	bei Außen- druck ¹⁾ bar	
1	20	1	$3 \cdot 0,5 = 1,5$ ²⁾³⁾	5 · Außendruck	–
2	20	1000	–	3 · Außendruck	$\leq 2 \text{ mm} + 1 \% \text{ DN/ID}$

¹⁾ Außendruck muss vom Hersteller angegeben werden
²⁾ Faktor 3 zur Berücksichtigung des Zeitstandverhaltens
³⁾ 0,5 bar für Verlegetiefe bis 5 m

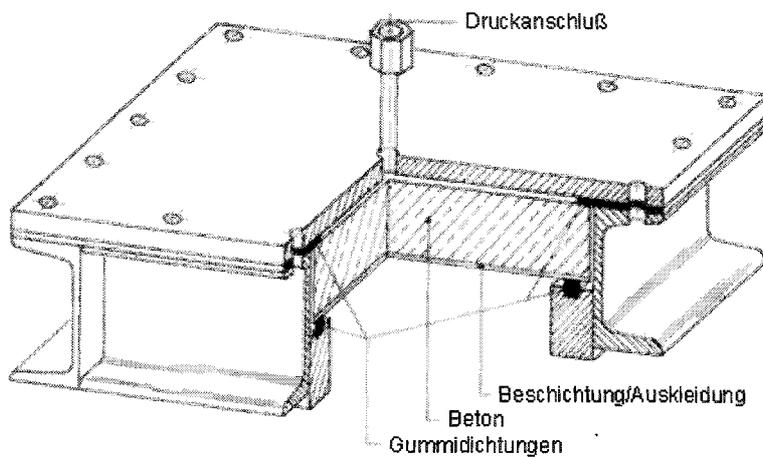


Bild 8 Prüfraumen zum Nachweis des Verbundes der Auskleidung mit dem Tragquerschnitt [51]

➤ **Gesamtsystem**

Am Gesamtsystem, d.h. am PE-HD-Liner mit ausgehärtetem Injektionsmörtel als Vollwandquerschnitt mit einer Dicke entsprechend der Noppenhöhe, werden Scheiteldruckversuche zur Ermittlung der Rechenwertes der Biegezugfestigkeit (als 5 %-Fraktile) durchgeführt. Die Angabe des Zeitpunktes dieser Prüfungen erfolgt durch den Antragstellers und legt fest, wann das System zur vollen Aufnahme der Lasten bereit ist.

Tabelle 15 Mechanische Eigenschaften für PE-Liner-Rohre beim Close-Fit-Lining nach DIN EN 13566-3 [7] (vgl. a. Tabelle 3: Werkstoffkennwerte des ATV-DVWK-A 127 [84])

Eigenschaft / mech. Kennwert	Anforderung	Prüfparameter		Prüfverfahren
		Parameter	Wert	
Längszugfestigkeit	≥ 15 MPa	Prüfgeschwindigkeit für : e < 12 mm e > 12 mm Form der Probe und erste Messlänge:	100 ± 10 mm/min 25 ± 2,5 mm/min muss Typ 1 B der DIN EN ISO 527-2 [48] entsprechen	DIN EN ISO 6259-1 [52]
Bruchdehnung	≥ 350 %			
Hydrostatische Innendruckfestigkeit (Langzeitverhalten) ¹⁾	Müssen DIN EN 12666-1 [102] entsprechen			
Zeitstandszugfestigkeit in Umfangsrichtung ²⁾	Kein Versagen während der Prüfdauer	Müssen Anhang B der DIN EN 13566-3 [7] entsprechen.		
Ringsteifigkeit ³⁾ Kurzzeit- und Langzeitwerte	Deklariertes Wert, aber nicht weniger als der in DIN EN 13566-1 [7] festgelegte Mindestwert	Müssen DIN EN 12666-1 [102] entsprechen	DIN EN ISO 9969 (Kurzzeit) [53] DIN 16961 (Langzeitwert) Dauer: 10000h mit Tendenzabschätzung nach min 2000h	
Kriechfaktor ³⁾	Deklariertes Wert, aber nicht größer als 5	Müssen DIN EN ISO 9967 [96] entsprechen.		

¹⁾ Gilt auch für eingebaute Rohre.
²⁾ Gilt nur für gefaltete Rohre, siehe Anhang B der DIN EN 13566-3 [7]
³⁾ Gilt nur für eingebaute Rohre.

Tabelle 16 Mechanische Eigenschaften für PVC-U-Liner-Rohre beim Close-Fit-Lining nach DIN EN 13566-3 [7] (vgl. a. Tabelle 3: Werkstoffkennwerte des ATV-DVWK-A 127 [84])

Eigenschaft / mech. Kennwert	Anforderung	Prüfparameter		Prüfverfahren
		Parameter	Wert	
Zug-E-Modul	Deklariertes Wert ¹⁾ ²⁾ , $\geq 1.200 \text{ MPa}$	Prüfgeschwindigkeit: Form der Probe und erste Messlänge:	$5 \pm 0,5 \text{ mm/min}$ Muster Typ 1B	DIN EN ISO 527-2 [48]
Längszugfestigkeit ³⁾	Deklarierte Werte ¹⁾ , $\geq 20 \text{ MPa}$	Prüfgeschwindigkeit	$5 \pm 0,5 \text{ mm/min}$ (Muster Typ 1B)	DIN EN ISO 6259-1 [52]
Bruchdehnung	Deklariertes Wert ¹⁾ , $\geq 70 \%$	Form der Probe und erste Messlänge:	Muss Muster Typ 1B nach DIN EN ISO 527-2 [48] entsprechen	
Schlagzähigkeit	Müssen DIN EN 1401 [103] entsprechen.			
Ringsteifigkeit ⁴⁾	Deklariertes Wert, \geq der in DIN EN 13566-1 [7] festgelegte Mindestwert	Prüftemperatur: Durchbiegung: Durchbiegungsgeschwindigkeit für: $100 < d_n \leq 200 \text{ mm}$ $200 < d_n \leq 400 \text{ mm}$ $d_n > 400 \text{ mm}$	$23 \pm 2 \text{ °C}$ 3% $5 \pm 1 \text{ mm/min}$ $10 \pm 2 \text{ mm/min}$ $20 \pm 2 \text{ mm/min}$	DIN EN ISO 9969 [53]
Kriechfaktor ⁴⁾	Deklariertes Wert ¹⁾ , ≤ 5	Müssen DIN EN ISO 9967 [96] entsprechen.		
¹⁾ Einige PVC-U-Close-Fit-Produkte haben deklarierte Werte, die erheblich höher sind als die festgelegten Mindestwerte ²⁾ Der deklarierte Wert des E-Moduls bestimmt die Beziehung zwischen der Ringsteifigkeit und SDR (Standard Dimension Ratio) ³⁾ Gilt auch für eingebaute Rohre. ⁴⁾ Gilt nur für eingebaute Rohre.				

Tabelle 17 Mechanische Eigenschaften für PE-Liner-Rohren mit profilierter Wandung (SW) beim Rohrstrang-Lining nach DIN EN 13566-2 [7] (vgl. a. Tabelle 3: Werkstoffkennwerte des ATV-DVWK-A 127 [84])

Eigenschaft / mech. Kennwert	Anforderung	Prüfparameter		Prüfverfahren
		Parameter	Wert	
Ringsteifigkeit (SN)	\geq ausgewählter Wert aus entweder 4 kN/m ² , 8 kN/m ² oder 16 kN/m ²	Muss DIN EN ISO 9969 [53] entsprechen		DIN EN ISO 9969 [53]
Kriechverhalten	≤ 5	Muss DIN EN ISO 9967 [96] entsprechen		DIN EN ISO 9967 [96]
Ringflexibilität	¹⁾	Durchbiegung: Länge des Probekörpers: Lage des Probekörpers:	30 % von d_{em} Müssen mindestens 5 Verstärkungsrippen enthalten Risslinie der Form bei 0 °, 45 ° und 90 ° von der oberen Platte	DIN EN 1446 [54]
Knickfestigkeit	Keine Knickzeichen	Druck	- 0,3 bar	Verfahren 3 nach DIN EN 1277 [55], Bedingung A
Schlagfestigkeit	TIR ≤ 10 %	Temperatur: Fallhöhe: Typ und Masse des Schlagkörpers:	0 °C 2,0 m muss Tabelle 5 der DIN EN 13566-2 [7] entsprechen	DIN EN 744 [56]
Längszugkraft	\geq angegebener Wert, nicht weniger als 1 kN	Temperatur	23 ± 2 °C	Anhang C der DIN EN 13566-2 [7]
Längsbiegeradius	\leq angegebener Wert	Temperatur	23 ± 2 °C	Anhang D der DIN EN 13566-2 [7]
Innendruckfestigkeit der Konstruktions-schicht (tragende Schicht)	Keine Versagen im Prüfzeitraum	Endkappen: Ausrichtung: Anzahl der Probekörper: Temperatur: Umfangsbeanspruchung: Dauer der Konditionierung: Prüftyp: Prüfdauer	Typ a oder b Frei 3 80 °C 3,9 MPa 1 h Wasser-in-Wasser 165 h	DIN EN 921 [57]
Innendruckfestigkeit der Konstruktions-schicht (tragende Schicht)	Keine Versagen im Prüfzeitraum	Endkappen: Ausrichtung: Anzahl der Probekörper: Temperatur: Umfangsbeanspruchung: Dauer der Konditionierung: Prüftyp: Prüfdauer	Typ a oder b Frei 3 80 °C 2,8 MPa 1 h Wasser-in-Wasser 1000 h	DIN EN 921 [57]

Bruchdehnung der nichttragenden Schicht	> 200 %, aber Verringerung < 50 %	Anzahl der Probekörper: Temperatur: Alterungsdauer:	5 80 °C 2000 h	DIN EN 6259-1 [52]
Längszugfestigkeit der nichttragenden Schicht	≥ 4 MPa	Geschwindigkeit: Anzahl der Probekörper:	10 mm/min 5	DIN EN 6259-1 [52]
Längszug-E-Modul der nichttragenden Schicht	≥ 20 MPa	Anzahl der Probekörper: Dehnung: Geschwindigkeit:	5 5 % 10 mm/min	DIN EN ISO 527-2 [48]
<p>¹⁾ Während der Prüfung müssen die Bedingungen a) und b) erfüllt werden. Nach der Prüfung muss Bedingung c) erfüllt sein. Bedingung a): Die Durchbiegekraft muss ständig zunehmen. Bedingung b): Der Querschnitt des Probekörpers muss eine glatte Krümmung beinhalten. Während Anflachen zulässig ist, darf es nicht zum Umkehren der Krümmung kommen. Bedingung c): Nach Prüfende darf es nicht zur Rissbildung kommen. Weißfärbung durch Mikrorisse (Weißfärbung durch Beanspruchung) darf nicht als Versagen angesehen werden.</p>				

Spaltbildung

Beim Close-Fit- und Schlauch-Lining sowie dem Noppenschlauchverfahren entsteht verfahrensbedingt (insbesondere durch Schwinderscheinungen) ein Ringspalt zwischen dem Altrohr und dem Liner, der einen Einfluss auf die statische Tragfähigkeit hat und gegen Infiltration und Exfiltration abgedichtet werden muss.

Die Größe des Ringspaltes ist für das jeweilige Verfahren zu ermitteln. Dieser Messwert ist gemäß ATV-M 127-2 [49] beim statischen Nachweis zu berücksichtigen und muss mindestens 0,5 % beim Schlauch-Lining und Noppenschlauchverfahren bzw. 2,0 % beim Close-Fit-Lining betragen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

Die jeweiligen Prüfbedingungen und Anzahl der durchzuführenden Versuche sowie die jeweiligen Abmessungen der Prüfkörper sind in den o.g. Normen, Regelwerken und Versuchsbeschreibungen sowie der vorliegenden Richtlinie enthalten.

5.3.1.3 Anforderungen

Für Schlauch- und Kurzliner müssen nach QUIK [1] die in Tabelle 18 aufgeführten Werte erfüllt werden.

Tabelle 18 Anforderungen Festigkeiten nach QUIK [1]

Werkstoff	Min. Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	Min. Druckfestigkeit [N/mm ²]	Min. E-Modul [N/mm ²]
Zementmörtel (inkl. Kunststoffmodifiziert)	5	40	25.000
Kunststoffmörtel	15	40	15.000
UP unverstärkt und verstärkt ¹⁾	50	–	2.500
EP unverstärkt und verstärkt, kaltgehärtet ¹⁾	30	–	1.500
EP unverstärkt und verstärkt, warmgehärtet ¹⁾	50	–	2.500

1) „verstärkt“ bedeutet mit Harzträgerwerkstoff Nadelfilz.

5.3.1.4 Normen und Literatur

DIN EN ISO 178: Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften [58]

DIN EN 12190: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Druckfestigkeit von Reparaturmörteln [59]

DIN EN 196-1: Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit [50]

DIN EN 1393: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Bestimmung der Anfangs-Zugeigenschaften in Längsrichtung [46]

DIN 53769: Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen [47]

DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen)

[7]

- DIN EN ISO 6259 Rohre aus Thermoplasten – Bestimmung der Eigenschaften im Zugversuch [60]
- DIN EN ISO 527: Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften [48]
- DIBt-Richtlinie: „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34]
- Merkblatt RSV 1: Renovierung von drucklosen Abwasserkanälen und Rohrleitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung [42]
- DIN 53769-3: Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Kurzzeit- und Langzeit-Scheiteldruckversuch an Rohren [61]
- DIN EN 1228 Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der spezifischen Anfangs-Ringsteifigkeit [45]
- ATV-M 127-2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren [49].
- ATV-DVWK-M 143-13: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen“ (Manuskriptstand: 02.2004) [44]

5.3.2 Haftzugfestigkeit

5.3.2.1 Zweck

Diese Prüfung dient zur Bestimmung der Verbundfestigkeit eines Sanierungswerkstoffes auf einer (Schicht-)Oberfläche bzw. von einzelnen Schichten untereinander. Sie wird durch Aufbringen einer Zugbeanspruchung senkrecht zur Verbundebene ermittelt.

Die Haftwirkung auf dem Untergrund ist Voraussetzung für die dauerhafte Funktionssicherheit und Dichtheit dieser Sanierungsverfahren. Sie beruht vornehmlich auf Adhäsion und ist daher von Art und Zustand der Rohrrinnenflächen abhängig [62].

5.3.2.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Für Kunststoffsysteme:

In Anlehnung an die ZTV-ING [63] sowie an die DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34].

Für zementgebundene Systeme (einschließlich kunststoffmodifizierte Systeme):

Gemäß DIN EN 1542 [64] (diese Norm gilt für die Messung der Haftzugfestigkeit bei Reparaturmörteln und Oberflächenschutzsystemen; sinngemäß ist sie auch bei der Prüfung anderer Werkstoffkombinationen anzuwenden). Darüber hinaus ist für die Beurteilung der Haftfestigkeit von Beschichtungen DIN EN ISO 4624 [65] zu beachten.

Prüfkörper und Prüfort

Die folgende Versuchsbeschreibung gilt für Kurzliner und in Ausnahmefällen auch bei Schlauchlinern, die an der Rohrrinnenwand verklebt werden. Sie ist Bestandteil

des Entwurfes für ein Merkblatt der ATV-DVWK M 143-Reihe der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8 „Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen“ (Manuskriptstand: 02.2004) [44].

Die Versuche werden in Anlehnung an die ZTV-ING [63] mit Prüfstempeln \varnothing 50 mm durchgeführt. Hierfür sind ebene Prüfkörper von ca. 60 cm \times 120 cm \times 10 cm erforderlich, auf welche die Beschichtungen/Auskleidungen aufgebracht werden.

Es sind folgende Randbedingungen zu untersuchen:

- Trockene Betonoberfläche
- Nasse Betonoberfläche
- Betonoberfläche mit Fettverunreinigung und verfahrenskonformer Reinigung
- Trockene Kanalklinker einschließlich einer Fuge
- Nasse Kanalklinker einschließlich einer Fuge
- Kanalklinker mit Fettverunreinigung und verfahrenskonformer Reinigung
- glasierte Steinzeugrohre.

Es sind je drei gleichartige Probekörper mit Beton- bzw. Klinkeroberfläche herzustellen.

Bezüglich der Verunreinigung des zu beschichtenden Untergrundes durch haftungsmindernde fetthaltige Substanzen wird sowohl für die gemauerten als auch die aus Betonfertigteilen hergestellten Rohre eine Präparierung der Probekörper mit Paraffin vorgeschlagen. Im Fall der Schachtbauteile aus Beton ist zusätzlich eine Verunreinigung durch Rückstände von Schalungsölen betrachtet werden. Diesbezüglich werden die folgenden beiden Schalöle vorgeschlagen:

- Primus VPN 65.3 (Anbieter: Carl Bechem GmbH, Weststr. 120, 58089 Hagen),
- Betontrennmittel UP-4 (Anbieter: Fuchs Lubritech, Hans-Reiner Str. 7-13, 67685 Weilerbach).

Mit den entsprechend vorbereiteten Prüfkörpern sind die folgenden Prüfungen durchgeführt werden:

- Prüfung nach 1 Tag
- Prüfung nach ≈ 3 Monaten zur Abschätzung des Einflusses von Schwindverformungen bzw. -spannungen der Beschichtung
- Prüfung nach ≈ 3 Monaten nach Erwärmung der Prüfkörper auf etwa 45°C zur Beurteilung des Temperatureinflusses auf die Haftung.

Insgesamt sind somit zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit für eine PUR-Rezeptur 24 Probekörper herzustellen. Bei 12 Haftzugwerten je Oberflächeneigenschaft sind somit insgesamt 216 Haftzugfestigkeitsversuche (Abreißversuche) durchzuführen.

Entsprechend der ZTV-ING [63] werden zur Vorbereitung der Prüfungen an den Probekörpern zunächst Kernbohrungen $\varnothing 50\text{mm}$ durch die Beschichtung in die jeweilige Trägerplatte vorgebohrt. Anschließend werden auf die vorgebohrten Bereiche Prüfstempel mit Epoxidharzkleber aufgeklebt.

Mit Hilfe eines speziellen Haftzugprüfgerätes wird über die Prüfstempel eine Zugkraft auf die Beschichtung aufgebracht und bis zum Erreichen des Versagenszustandes mit definierter Rate gesteigert. Der höchste gemessene Wert entspricht der Haftzugkraft, aus der sich die Haftzugspannung ergibt.

Um den Prüfaufwand zu begrenzen, wird vorgeschlagen, die Screening-Tests zunächst nur an trockenen und nassen Betonplatten bzw. -pflastersteinen gemäß DIN EN 1338 bzw. DIN EN 1339 [66, 67] durchzuführen.

Die Prüfkörper können für die DIBt-Zulassung sowie bei Kontrollen und Abnahmen aus eigens hergestellten Prüfplatten bestehen.

Für die DIBt-Zulassung (Prüfungen auf der Baustelle) sowie bei Verdacht auf Werkstoff- und Ausführungsmängel ist die Prüfung an Bohrkernen, welche eigens auf der Baustelle aus dem Objekt gewonnen wurden, auszuführen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme)..

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.2.3 Anforderungen

In Anlehnung an ZTV-ING [63] werden folgende Mindestanforderungen für die Kurzzeitfestigkeit definiert:

- Mittelwert aus 6 Einzelwerten $1,5 \text{ N/mm}^2$
- Kleinster Einzelwert einer Prüfserie $1,0 \text{ N/mm}^2$.

Zur Erfassung des Einflusses von möglichen Schrumpfvorgängen werden die Versuche nach 1 Tag und nach ca. 3 Monaten durchgeführt. Die beschichteten Proben sind in Wasser zu lagern. Darüber hinaus ist der Einfluss einer kurzzeitigen Erwärmung auf 45°C in Anlehnung an DIN 1986 Teil 4 [68] zu beurteilen. Bei der Überprüfung der Haftzugfestigkeit ist insbesondere der Medieneinfluss in Betrieb befindlicher Abwasserkanäle bzw. die Vorbehandlung der von der Sanierungsmaßnahme betroffenen Rohroberfläche zu berücksichtigen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Eignung der jeweiligen Untergrundvorbehandlung zu erfassen und zu bewerten. Grundsätzlich sollte die Arbeitsprozess der Untergrundvorbehandlung mit den im Kanalbetrieb üblichen Methoden möglich sein – hierbei handelt es sich insbesondere um die HD-Reinigung (s.a. Arbeitsanleitung im Abschnitt 5.3.4).

Alternative Methoden können für den Fall in Betracht kommen, wenn im Rahmen von Screening-Tests festgestellt wird, dass sich mit den üblichen Reinigungen keine ausreichenden, mit den Ergebnissen für absolut saubere Untergründe vergleichbaren Haftzugfestigkeiten erzielen lassen. Beispielsweise kommt dann auch das Abflammen mit einem weich eingestellten Gasbrenner zu Anoxidation hydrophober Verunreinigungen und Anhaftungen in Betracht.

5.3.2.4 Normen und Literatur

DIN EN ISO 4624: Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit [65].

DIN EN 1542: Produkte und Systeme Für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftzugfestigkeit im Abreißversuch [64].

DIBt-Richtlinie Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte [34]

ZTV-ING Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten [63].

ATV-DVWK-M 143-13: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen [44]

5.3.3 Abriebverhalten

5.3.3.1 Zweck

Diese Prüfung dient der Beurteilung des mechanischen Widerstandes von Werkstoffoberflächen (z.B. Kunststoff, Beton, Steinzeug) gegen Abrieb. Es muss verhindert werden, dass die eingesetzten Werkstoffe innerhalb der geforderten Nutzungsdauer durch Abrieb ihre Funktion bezüglich Dichtheit und/oder statischer Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit verlieren.

5.3.3.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Darmstädter Kipprinnenversuch nach DIN 19565-1 [69] für Kunststoff- und zementgebundene Systeme:

Der mechanische Verschleiß (Abrieb) wird an einer entsprechenden Rohrhalschale (z.B. DN/ID 300) von etwa 1000 mm Länge festgestellt, welche in den Versuchsstand eingebaut wird und anschließend über eine Exzenterwelle um jeweils 22,5° gegen die Horizontale hin und her gekippt wird. In der Halbschale befindet sich ein definiertes Gemisch (z.B. Kiesgeschiebe gemäß DIN EN 295-3 [70]) aus Wasser und verschiedenen Zuschlagstoffen, durch welches beim Kippen der mechanische Angriff entsteht. Der Versuch wird mit $2 \cdot 10^5$ Lastspielen gefahren (Dauer je Versuch ca. 7 Tage). Der Abrieb wird mittels mechanischer Messung, die über eine Messbrücke durchgeführt wird, an vorher festgelegten Stellen bestimmt (bei Schlauch- und Kurzlinern Messung des Abriebs z.B. nach 50.000, 100.000 und 200.000 Lastwechseln [44]) [69].

(Anmerkung: Die Bestimmung des Abriebs mit dem Reibradverfahren nach DIN 53754 [71] bzw. für zementgebundene Mörtel (inkl. kunststoffmodifizierte Mörtel) nach DIN 52108 [72] ist bei Abwasseranlagen nicht sinnvoll).

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.3.3 Anforderungen

Die Abriebwerte bei Prüfungen nach DIN 19565-1 [69] dürfen maximal 10 % der Schicht-/Wanddicke im Falle von Beschichtungen bzw. Auskleidungen betragen [34].

5.3.3.4 Normen und Literatur

DIN 19565-1: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen (03.1989) [69].

DIN EN 295-3: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren (02.1999) [70].

ATV-DVWK-M 143-13: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen [44]

5.3.4 Hochdruckspülfestigkeit

5.3.4.1 Zweck

Diese Prüfung dient zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit des Sanierungswerkstoffes gegenüber den im Betrieb während der betriebsüblichen Nutzungsdauern zu erwartenden Beanspruchungen durch Reinigung mit (Hochdruck-)Spülverfahren (HD-Verfahren).

5.3.4.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

➤ Prüfung nach Vorentwurf des CEN/TC 165 bzw. DIN V 19517

Der Vorentwurf der Europäischen Norm „European Standard for Determination of the Jetting Resistance of Drain and Sewer Pipes; Requirements and Test Methods“ des CEN/TC 165 [73] unterscheidet zwischen den üblichen betrieblichen Reinigungen im Rahmen des Unterhalts („Cleaning“ bzw. „Moving jet“) und Reinigungsmaßnahmen zur Beseitigung von Verstopfungen („Deblocking“ bzw. „Stationary jet“). Das letztgenannte Prüfverfahren stellt eine erheblich höhere Beanspruchung für die Rohre dar, da hierfür i.a. sehr hohe Spüldrücke erforderlich sind. Zur Zeit wird diesbezüglich im o.g. EN-Normenausschuss darüber nachgedacht, nur die Anforderungen an den praxisbezogenen „Moving jet test“ europaweit festzuschreiben.

In Deutschland wurde auf dieser Grundlage im Januar 2002 die Vornorm DIN V 19517 „Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen und -kanäle“ [74] veröffentlicht. Diese enthält für beide Prüfverfahren die gleichen Anforderungen wie der o.g. europäische Normentwurf (vgl. Tabelle 19).

Die jeweiligen, in DIN V 19517 [74] und voraussichtlich in dieser Europanorm zukünftig verankerten Prüfparameter sind in Tabelle 19 enthalten. Die Prüfungen der Hochdruckspülfestigkeit beziehen sich dabei nicht nur auf neue Rohre, sondern auch

auf die mittels Renovierungsverfahren eingebachten Rohre bzw. Liner.

Tabelle 19 Hochdruckspülung von Abwasserleitungen und –kanälen mit Hilfe des „Moving jet test“ und des „Stationary jet test“ nach [73] bzw. [74]

Prüfparameter	„Moving jet test“	„Stationary jet test“
Prüfdruck [bar]	120 ± 2	bis 340 ± 2 *)
Durchfluss [l/min]	44 bis 50 ± 0,1	6,15 bis 8,25
Öffnungsdurchmesser der Düse [mm]	2,75 - 0 + 0,05	1,0 - 0 + 0,05
C _d -Wert der Düse	0,8 - 0 + 0,05	0,55
Neigungswinkel der Düse [°]	30 ± 1	45 ± 1
Abstand zur Sohle des Prüfrohrs [mm]	8,5 ± 0,5	5 ± 0,5
Nennweite des Prüfrohrs	vorzugsweise DN/ID 300 als Halbschale	vorzugsweise DN/ID 300 als Halbschale
Länge der Prüfstrecke [m]	1,50	≥ 1,00 in 10 Segmente unterteilt
Vorschubgeschwindigkeit [m/min]	1 ± 0,1	–
Anzahl der Prüfzyklen	50 Durchläufe (jeweils hin und zurück)	–
Prüfzeit	–	3 Minuten je Prüfposition
Beurteilungskriterium	98 % der Prüfstrecke ohne Abtrag	keine Reduzierung der Wanddicke an den Prüfpositionen um mehr als 20 %
*) Produktnormen sollten für den jeweiligen Rohrwerkstoff maximal zulässige Prüfdrücke für die Prüfung mit stationärer Düse angeben [74]. Dies gilt sinngemäß auch für mittels Renovierungsverfahren eingebrachte Liner.		

➤ Systemprüfung nach dem Hamburger Modell

Die Systemprüfung nach dem Hamburger Modell zielt nicht auf eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch Prüfung einer einzigen Stelle ab. Es wird im Gegensatz zum Prüfungsansatz des CEN/TC 165 [73] ein komplettes, kleines System getestet. Die Versuchsbedingungen (Tabelle 20) sind sehr realitätsnah gehalten und sollen einen Zeitraum von ca. 30 Jahren mit jeweils einer HD-Reinigung

pro Jahr simulieren.

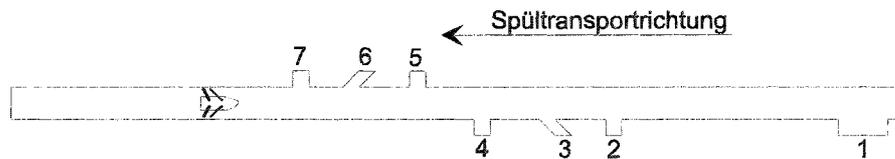
Tabelle 20 Durchführungparameter für den Spülversuch nach dem Hamburger Modell [44]

Wasserdruck an der Düse [bar]	120 (einjustieren); für Kurzliner 80
Strahlwinkel [°]	30
Anzahl der Düsen:	8 Stück
Düsendurchmesser [mm]	2,4
Anzahl der Prüfdurchläufe	n = 30 (Kurzschläuche n = 15)
Vorlaufgeschwindigkeit [m/s]	ca. 1
Rückzuggeschwindigkeit [m/s]	ca. 0,1
Spülwassermengen [l/min]	ca. 320
Geschiebe (Wintersplitt)	5 l/Durchgang (durch Öffnung im Scheitel am Rohrstrangende einfüllen) Korngröße 3 – 6 mm, gebrochenes Material
Schrittspülung: (nicht für Kurzliner)	An drei Stellen stationäre Belastung von jeweils 3 min, bei Stillstand der Düse aufbringen
Prüfstrecke [m]	Mindestens 20 zuzüglich Vor- und Nachlaufstrecken, falls erforderlich ≤
Längsneigung [‰]	≤ 3
Rohrverbindungen	≥ 3
Kreisförmige Anbohrungen:	4 (2 im Scheitel, 2 im Kämpfer), DN 150
Rohrdurchmesser	DN 300 (vorzugsweise)
Prüftemperatur [°C]	5 – 30

Die folgende Versuchsbeschreibung gilt für Kurzliner und Schlauchliner, die an der Rohrwand verklebt werden. Sie ist Bestandteil des Entwurfes für ein Merkblatt der ATV-DVWK M 143-Reihe der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8 „Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen“ (Manuskriptstand: 02.2004) [44].

Über die Leitungslänge verteilt werden von innen sechs Ausschnitte für Seitenzuläufe in die Rohrwandungen gefräst, bzw. entsprechende Formstücke für Seitenzuläufe in die verlegte Testleitung eingebaut. Der Aufbau der Versuchsstrecke

für das Hamburger Modell [44] ist im Bild 9 dargestellt.



- 1 = Zugabestelle für das Streugranulat, Pos. 12 Uhr
- 2 = 90° Abzweig, DN 150, Pos. 12 Uhr
- 3 = 45° Abzweig, DN 150, Pos. 3 Uhr
- 4 = 90° Abzweig, DN 150, Pos. 3 Uhr
- 5 = 90° Abzweig, DN 150, Pos. 9 Uhr
- 6 = 45° Abzweig, DN 150, Pos. 3 Uhr
- 7 = 90° Abzweig, DN 150, Pos. 12 Uhr

Bild 9 Aufbau der Versuchsstrecke [44]

Unter Verwendung eines nach dem Stand der Technik ausgerüsteten Spülfahrzeuges und einem nachfolgend näher beschriebenen Spülkopftyp wird der Schlauch- bzw. Kurzlinern den in Tabelle 20 aufgeführten Betriebsbedingungen ausgesetzt.

Der Wasserdruck am Spülkopf ist durch geeignete Maßnahmen vor Versuchsbeginn zu überprüfen .

Der Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) bezieht sich in QUIK [1] auf die Norm SN 592012 [75], welcher auf dem Hamburger Modell basiert und die Schlauch- und Kurzliner behandelt (Tabelle 21).

Tabelle 21 Durchführungparameter für den Hochdruckspülversuch an Schlauch- und Kurzliner gemäß QUIK [1]

	Schlauchliner	Kurzliner
Düsendruck [bar]	120	80
Düsenabstrahlwinkel	300	300
Anzahl Prüfdurchläufe	n = 20	n = 10
Vorlaufgeschwindigkeit [m/s]	0.5	0.5
Rückzugsgeschwindigkeit [m/s]	0.1	0.1
Spülwassermengen [l/s]	4 (Recyclingwasser)	4 (Recyclingwasser)
Schrittspülung	an 2 Stellen stationäre Belastung von jeweils 3 min bei Stillstand der Düse aufbringen.	–
Kreisförmige Anbohrungen	2 (1 im Scheitel, 1 im Kampfer)	–

ATV-DVWK-M 143-7 [6] gibt für Kurzliner aus Faserverbundwerkstoffen und Innenmanschetten aus Edelstahl bzw. Elastomeren eine Hochdruckspültauglichkeit mit einem Düsendruck von maximal 80 bar an.

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen, Regelwerken und Verfahren.

- Kurzschläuche:
Teststück oberirdisch eingebaut in einem „Betonrohr“ oder in Absprache im Testobjekt.
- Schlauch-Lining und Close-Fit-Lining:
Teststück von mind. 10 m Länge mit DN/ID 300 und mindestens zwei aufgefrästen Öffnungen für seitliche Anschlüsse. Die Rohre sind zu fixieren und einzubetten.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

Die endgültige Festlegung, welche der im Abschnitt 5.3.4.2 aufgeführten HD-Prüfverfahren im Rahmen der DIBt-Zulassung anzuwenden ist, wird noch vom DIBt erfolgen.

5.3.4.3 Anforderungen

Das Rohr bzw. der Liner darf keine visuellen Veränderungen bzw. Schäden (z.B. Abplatzungen, Durchlöcherungen) aufweisen und muss dicht sein.

Zur Beurteilung des Langzeitverhaltens gegen HD-Reinigungsmaßnahmen nach dem Hamburger Modell (s.o.) werden unter simulierten Baustellenbedingungen hergestellte Schlauchliner bzw. Kurzschläuche mit einer HD-Reinigungsdüse unter Betriebsbedingungen mit 30 Zyklen durchfahren. Zudem werden jedem Reinigungszyklus Winterstreugranulat hinzugegeben, um das Beseitigen von Ablagerungen nachzuempfinden. Es dürfen dabei keine qualitätsmindernden oder betriebsbeeinflussenden Schädigungen an dem Träger- oder Verstärkungsmaterial auftreten [44].

5.3.4.4 Normen und Literatur

- DIN V 19517: Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen und –kanäle [74]
- prEN XXX (Vorentwurf): European Standard for Determination of the Jetting Resistance of Drain and Sewer Pipes; Requirements and Test Methods [73]
- ATV-DVWK-M 143-7: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen, Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner und Innenmanschetten [6])
- ATV-DVWK-M 143-13: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfempfehlungen“ [44]

5.3.5 Dichte

5.3.5.1 Zweck

Die Prüfung dient zur Bestimmung der Dichte von Sanierungswerkstoffen und Produkten, die bei einer Reparatur-, Renovierungs- bzw. Erneuerungsmaßnahme verwendet werden. Sie wird durch Messung des Volumens und der Masse ermittelt. Über die Dichte erhält man auch Informationen über den Poren- bzw. Hohlraumgehalt und somit über die Qualität der Verarbeitung der Produkte.

5.3.5.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Volumenbestimmung durch Ausmessen oder mit Auftriebverfahren nach DIN 53479 [76].

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Norm.

Zuständigkeit

Der Antragsteller hat dafür zu sorgen, dass die Angaben zu Dichten der Sanierungswerkstoffe vor Beginn der Prüfungen dem vom DIBt akzeptierten Prüfinstitut vorgelegt werden.

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.5.3 Anforderungen

Gemäß Angaben des Werkstofflieferanten.

5.3.5.4 Normen und Literatur

DIN 53479: Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren; Bestimmung der Dichte [76]

5.3.6 Wasseraufnahme bzw. Quellen

5.3.6.1 Zweck

Eine zu große Volumenveränderung durch Wasseraufnahme kann zu Spannungen bei Reparaturmörteln führen.

Bei den Epoxid(EP)- und ungesättigten Polyester(UP)-Harzmassen ist die Wasseraufnahme ein Indiz für die Beständigkeit bzw. für die gute chemische Vernetzung.

5.3.6.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

DIN EN ISO 62 für Kunststoffe und Reaktionsharzmassen [77]

DIN 52450 für zementgebundene, ggf. kunststoffmodifizierte Mörtel [101]

Speziell zur Prüfung der Wasseraufnahme bei Reaktionsharzmörtelbeschichtungen wird nach [5] eine zuvor wassergesättigte Betonplatte mit dem Reaktionsharzmörtel 20 mm dick beschichtet und in Wasser gelagert. Nach 28 und 70 Tagen wird an diesen Platten die Haftzugfestigkeit der Beschichtung bestimmt.

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.6.3 Anforderungen

Die Wasseraufnahme von Reaktionsharzen muss $< 1 \%$ [1], die von Kunststoffen (PVC-U, PE-HD, PP, PU und GFK bzw. UP-GF) $\leq 1 \%$ [34] betragen.

Die Quellverformung $\varepsilon_{q,90}$ muss bei Mörteln $\leq 0.3 \text{ ‰}$ sein [1].

Nach DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] muss die Wasseraufnahme für Auskleidungsverfahren (Voll-/Teilauskleidung mit Kunststoffbauteilen aus PVC-U, PE-HD, PP, PU, GF-UP) $\leq 0,1 \%$ sein.

Bei Reaktionsharzmörtelbeschichtungen darf der Haftzugfestigkeitsabfall nicht größer als 20% sein [5]. Der Mindestwert der Haftzugfestigkeit beträgt in jedem Fall $1,0 \text{ N/mm}^2$ [78]. Die für diese Untersuchungen verwendete Betonplatte sollte möglichst die gleichen Eigenschaften (z.B. Festigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und -vorbereitung) wie das zu beschichtende Rohr besitzen oder aus diesem mit Hilfe von Bohrkernen entnommen werden [5].

5.3.6.4 Normen und Literatur

DIN EN ISO 62: Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme [77]

DIN 52450: Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern [101]

DIBt-Richtlinie: „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34].

Arbeitshilfen Abwasser [79]

Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen [5]

5.3.7 Wärmeformbeständigkeit

5.3.7.1 Zweck

Bei der Prüfung der Wärmeformbeständigkeit wird die Verformungszunahme der Sanierungswerkstoffe und Produkte aus Kunststoff bei erhöhter Temperatur ermittelt. In einem sanierten Rohr dürfen bei den auftretenden Abwassertemperaturen in der Kanalisation insbesondere die Tragfähigkeit sowie alle übrigen mechanischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden.

5.3.7.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Bestimmung der Wärmeformbeständigkeitstemperatur für Kunststoffe nach DIN EN ISO 75 [80] (Anmerkung: In QUIK [1] wird diesbezüglich Methode A empfohlen).

Für Auskleidungsverfahren mit vorgefertigten Rohren mit Ringraum (Rohrstrang-Lining) unter Verwendung von Rohren aus PE mit profilierter Wandung nach DIN EN 13566-2 [7] gemäß Prüfung nach DIN EN 728 [81] („Thermische Stabilität“).

Für Montageverfahren (Voll-/Teilauskleidung mit PVC-U, PE-HD, PP, PU, GF-UP) gemäß DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] nach DIN EN ISO 306 [82] (Verfahren VST/B/50).

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

5.3.7.4 Normen und Literatur

- DIN EN ISO 75: Kunststoffe – Bestimmung der Wärmeformbeständigkeits-temperatur, [80]
- DIN EN ISO 306: Kunststoffe – Thermoplaste – Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur (VST) [82]
- DIN EN 728: Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre und Formstücke aus Polyolefinen – Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit [81]
- DIBt-Richtlinie: Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte [34]

5.3.8 Viskosität

5.3.8.1 Zweck

Die Messung der Viskosität dient zur Kennzeichnung des Fließverhaltens von Sanierungswerkstoffen sowie der Verarbeitbarkeit unter Berücksichtigung der Temperatur.

5.3.8.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

- Kugelfall-Viskosimeter, DIN 53015 [85]
- Pendelgerät, DIN 4127 [86] bzw. DIN V 4126-100 [87]
- Kugelharfengerät, DIN V 4126-100 [87]
- Marsh-Trichter, DIN V 4126-100 [87]
- Rotationsviskosimeter, DIN V 4126-100 [87] bzw. DIN 53018 [88]
- Kapillarviskosimeter (nicht genormt)
- Online-Viskosimeter (nicht genormt).

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen bzw. Verfahren.

Zuständigkeit

Die Bestimmung der in Abhängigkeit von der Temperatur vorhandenen Viskosität muss durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme) durchgeführt werden. Der Anwender muss bei der Verarbeitung sicherstellen, dass diese Werte eingehalten werden und muss entsprechende Protokolle mit der bei der Ausführung herrschenden Temperatur erstellen.

Weitere Hinweise

5.3.8.3 Anforderungen

Die Viskosität von niedrigviskosen Werkstoffen und Produkten (Viskosität < 5000 mPa) darf nicht mehr als $\pm 10\%$ von der vom Werkstofflieferant angegebenen Werten abweichen.

5.3.8.4 Normen und Literatur

- DIN 53015: Messung der Viskosität mit dem Kugelfall-Viskosimeter [85]
- DIN 1342: Viskosität [89]
- DIN 53018: Viskosimetrie [88]
- DIN 4127: Erd- und Grundbau; Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten; Anforderungen, Prüfverfahren, Lieferung, Güteüberwachung [86]
- DIN V 4126-100: Schlitzwände – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten [87].

5.3.9 Schmelzindex, Viskositätszahl (k-Wert)

5.3.9.1 Zweck

Der Schmelzindex ist ein Wert, der die Viskosität des geschmolzenen Werkstoffes bei einer festgelegten Temperatur und Schergeschwindigkeit angibt. Die Messung der Viskosität von Schmelzen thermoplastischer Kunststoffe dient zur Kontrolle des Fließverhaltens sowie der Schweißbarkeit der Endprodukte.

5.3.9.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

DIN EN ISO 1133 für Polyethylen (PE) [90]

DIN EN ISO 1628-2 für Polyvinylchlorid (PVC) [91]

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.9.3 Anforderungen

Bei Polyethylen muss der Wert für den Schmelzindex zwischen 0,7 bis 1,5 g/10 min bei den Bedingungen 190/5 liegen, bei PVC der k-Wert zwischen 60 und 70 [1].

Bei PE-Rohren mit profilierter Wandung (Typ SW) nach DIN EN 13566-2 [7] bei

≤ 1,6 g/10 min.

PE- und PP-Rohre (Liner) nach DIN EN DIN EN 13566-2 [7] müssen den Anforderungen nach DIN EN 12666-1 [102] und DIN EN 1852-1 [92] entsprechen.

Nach DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] für Auskleidungsverfahren (Voll-/Teilauskleidung mit Kunststoffbauteilen) aus

- PE-HD: (0,3 bis 0,8) g/10 min
- PP: ≤ 5,0 g/10 min.

5.3.9.4 Normen und Literatur

DIN EN ISO 1133:	Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten [90]
DIN EN ISO 1628-2:	Bestimmung der Viskosität von Polymeren in verdünnter Lösung unter Verwendung von Kapillarviskosimetern [91]
DIN EN 1852-1:	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polypropylen (PP) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem
DIN EN 12666-1:	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem
DIBt-Richtlinie	Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte [34]

5.3.10 Wärmedehnung

5.3.10.1 Zweck

Diese Prüfung dient der Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten bei der Verwendung von Kunststoffbauteilen. Eine zu große Wärmedehnung infolge Temperaturunterschieden bei den Reparatur-, Renovierungs- und Erneuerungsmaßnahme kann die Dichtheit einer Leitung beeinträchtigen.

5.3.10.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Nach DIN 53752 [93].

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß Norm. Es ist bei anisotropen Werkstoffen und Sanierungsprodukten zu beachten, dass die Probekörper parallel und senkrecht zur Leitungsrichtung zu entnehmen bzw. herzustellen sind (Faserausrichtung).

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.3.10.3 Anforderungen

Die Längenänderungen, welche durch den Unterschied zwischen Einbau- bzw. Aushärtungstemperatur und Betriebstemperatur entstehen, dürfen zu keinen Schaden bezüglich Verbund und Dichtheit führen.

Der Werkstofflieferant hat den Längenausdehnungskoeffizienten mit einem Prüfbericht zu deklarieren.

Gemäß DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] müssen für Montageverfahren (Voll-/Teilauskleidung mit Kunststoffbauteilen) folgende Grenzwerte für die Wärmedehnung („Dimensionsänderung nach Warmlagerung) eingehalten werden:

- PVC-U, PU, UP-GF nach DIN 8061 [125]: $\leq 5,0 \%$
- PE-HD nach DIN 8075 [94]: $\leq 5,0 \%$
- PP (Typ 1) nach DIN 8078 [95]: $\leq 2,0 \%$

5.3.10.4 Normen und Literatur

DIN 53752:	Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten [93]
DIBt-Richtlinie	Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte [34]
DIN 8061:	Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid – Allgemeine Qualitätsanforderungen [125]
DIN 8075:	Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen [94]
DIN 8078:	Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H (Typ 1), PP-B (Typ 2), PP-R (Typ 3) – Allgemeine Güteanforderungen [95].

5.4 Sonstige Eignungsprüfungen

5.4.1 Kriechen

Unter Kriechen versteht man den zeitabhängigen Deformationsverlauf bei einer angelegten konstanten Spannung. Durch das viskoelastische Verhalten der Kunststoffe hat die Höhe der Spannung ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf das Kriechen, ebenso die Temperatur. Ein kleiner Kriechfaktor beeinflusst die Vermeidung von auftretenden übermäßigen Längenänderungen.

(Anmerkung: Diese Anweisung gilt nur für Kunststoffe!)

5.4.1.1 Zweck

Messung der Längenänderung bei Kraftbeanspruchung und Temperatureinwirkung.

5.4.1.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Für Close-Fit-Lining nach DIN EN 13566-3 [7] sowie Auskleidungsverfahren mit Ringraum (Rohrstrang-Lining) nach DIN EN 13566-2 [7] gemäß Prüfung nach DIN EN ISO 9967 [96].

Für Schlauchliningverfahren nach DIN EN 13566-4 [7] gemäß Prüfung nach DIN EN 761 [97].

Nach DIN EN ISO 899 [98] durch Zeitstand-Zugversuch oder Zeitstand-Biegeversuch bei Dreipunktbelastung.

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des

Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

5.4.1.3 Anforderungen

Für Close-Fit-Lining nach DIN EN 13566-3 [7] sowie Auskleidungsverfahren mit Ringraum (Rohrstrang-Lining) nach DIN EN 13566-2 [7] muss der Kriechfaktor ≤ 5 sein.

Für Schlauchliningverfahren muss der Kriechfaktor (trocken, $\alpha_{x,dry}$) nach DIN EN 13566-4 [7] den in DIN EN 761 [97] angegebenen Wert aufweisen, darf aber nicht weniger als 0,2 betragen.

5.4.1.4 Normen und Literatur

DIN EN 761: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Bestimmung des Kriechfaktors im trockenen Zustand [97]

DIN EN 1225: Ausgabe: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung des Kriechfaktors unter Feuchteinfluss und Berechnung der spezifischen Langzeit-Ringsteifigkeit [99]

DIN EN ISO 899-1: Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens [98]

DIN EN ISO 9967: Thermoplastische Rohre – Bestimmung des Kriechverhaltens [96].

DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) [7].

5.4.2 Volumenschrumpfen und Schwinden

5.4.2.1 Zweck

Diese Prüfung dient dem Nachweis, welche Volumenveränderungen bei der Erhärtung bzw. durch Wasserabgabe auftreten.

Bei zementgebundenen Werkstoffen (z.B. Mörteln) führen große Schwindverformungen zu erheblichen Spannungen und evtl. Rissen.

Bei Reaktionsharzen können durch Volumenschrumpfen während des Härtens der Reaktionsharzmasse und während des Abkühlens des gehärteten Reaktionsharzformstoffes Spannungen innerhalb der Beschichtung sowie zwischen Beschichtung und Untergrund auftreten. Diese können zu Rissen innerhalb der Beschichtung bzw. zu Ablösungen vom Untergrund führen, welche sich z.B. bei Schlauchliningverfahren negativ auf das Beulverhalten auswirken. Ziel dieser Prüfung ist die Ermittlung der Volumenschwindung (Anmerkung: Die Auswirkungen der Schwindung auf die Hafteigenschaften der Beschichtung werden im Rahmen der Haftzugfestigkeitsprüfung (s. Abschnitt 5.3.2) untersucht.)

5.4.2.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Folgende Prüfungen sind durchzuführen:

- DIN 16945 für Reaktionsharze [100]
- DIN 52450 für zementgebundene (inkl. kunststoffmodifizierte Mörtel) Mörtel (Methode B) [101]

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des

Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt–

5.4.2.3 Anforderungen

Die Spannungen, welche aus den Schwind- bzw. Schrumpfverformungen entstehen, dürfen nicht zu einer Beeinträchtigung der Tragfähigkeit bzw. der Dichtheit führen.

Bei Mörteln müssen nach [1] die Schwindverformungen nach 90 Tagen $\varepsilon_{s,90 Tg} \leq 1 ‰$ betragen.

PE-Rohre (Liner) nach DIN EN 13566-3 [7] dürfen einen Längsschrumpf von max. 3,5 % aufweisen und müssen DIN EN 12666-1 [102] entsprechen.

PVC-U-Rohre nach DIN EN 13566-3 [7] müssen u.a. bezüglich des Längsschrumpfes DIN EN 1401-1 [103] entsprechen.

5.4.2.4 Normen und Literatur

DIN 16945	Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen; Prüfverfahren [100]
DIN 52450	Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern [101]
DIN EN 13566-3	DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) [7]
DIN EN 12666-1:	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem [102]

DIN EN 1401-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem [103].

5.4.3 Porenstruktur, Wand-/Schichtaufbau

5.4.3.1 Zweck

Durch die Ermittlung der Porenstruktur und des Wand-/Schichtaufbaus wird nachgewiesen, ob die eingesetzten Produkte eine geschlossene Porosität aufweisen. Dadurch soll die Dichtheit des Systems sichergestellt werden.

Diese Prüfung ist immer dann erforderlich, wenn örtlich hergestellte Beschichtungen/Auskleidungen eingebaut werden.

Bei Verwendung genormter und eigen- bzw. fremdüberwacht produzierter Rohre kann diese Prüfung entfallen.

5.4.3.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Mikroskopische Untersuchung an Anschliffen von mindestens drei Querschnittsproben (Fotodokumentation des Werkstoff- oder Wandaufbaus und Beschreibung der Menge, Form und Verteilung der Poren).

Alternativ können moderne Bildanalyseverfahren zur Anwendung gelangen, um die Porenstruktur quantitativ zu erfassen. Ein Beispiel hierfür ist das Bildanalyseverfahren der Staatlichen MPA Darmstadt, welches vorzugsweise für entsprechende Untersuchungen des Aufbaus von Thermoplasten (z.B. Porenstruktur von geschäumten PVC) eingesetzt wird, prinzipiell jedoch auch für andere Werkstoffe geeignet ist.

Prüfkörper und Prüfort

An verschiedenen Stellen werden Querschnittsproben (z.B. Bohrkern, Proben aus dem Bereich der Zwischenschächte bei Linern) entnommen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des

Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.4.3.3 Anforderungen

Es muss eine gleichmassige, geschlossene Porosität und ein homogener Aufbau nachgewiesen werden. Bei Verfahren mit DIBt-Zulassung darf in Anlehnung an [1] der Porengehalt zudem bei der Prüfung auf der Baustelle denjenigen bei der Prüfung für die DIBt-Zulassung höchstens um 20 % überschreiten.

5.4.3.4 Normen und Literatur

– entfällt –

5.4.4 Barcol-Härte

5.4.4.1 Zweck

Durch die Bestimmung der Barcol-Härte erhält man Angaben über den Aushärtungsgrad von Reaktionsharzen. Ein Eindringkörper aus Stahl wird mit einer definierten Kraft in die Kunststoffoberfläche gedrückt.

5.4.4.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Nach DIN EN 59 [104].

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß Norm.

Die Anforderungen an die thermischen und mechanischen Formstoffeigenschaften der ausgehärteten Reaktionsharze sind in DIN 16946-2 [105] definiert. Für die Herstellung von Schlauch- und Kurzlinern werden die in Tabelle 22 dargestellten Harzsysteme vorzugsweise eingesetzt.

Tabelle 22 Üblicherweise für die Herstellung von Schlauch- und Kurzlinern verwendete Harzsysteme [44]

Harzsystem	Klassifizierung
UP – Harze VE – Harze	DIN 16946-2 [105], mind. Typ 1130
EP – Harze	DIN 16946-2 [105], mind. Typ 1120-0, Typ 1021-0, Typ 1040
PUR – Harze Acrylat-Harze	Für PUR- und Acrylat-Harzsysteme liegen noch keine Normen oder Regelwerke vor, die in den o.a. gestellte Anforderungen gelten sinngemäß.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung) bzw. durch den Ausführenden (bei Kontrolle und Abnahme).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.4.4.3 Anforderungen

Die Abweichung der Werte an Rückstellmuster oder am Objekt vom Härtewert des optimal ausgehärteten Werkstoffes nach unten darf nicht mehr als 20 % betragen.

5.4.4.4 Normen und Literatur

DIN EN 59: Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung der Härte mit dem Barcol-Härteprüfgerät [104].

5.5 Chemische, biologische und biochemische Eignungsprüfungen

5.5.1 Abbinde-, Aushärtungs-, Reaktionszeit

5.5.1.1 Zweck

Die Angaben zur Abbinde-, Aushärtungs- und Reaktionszeit sind neben der Viskosität (s. Arbeitsanleitung 5.3.8) notwendig, damit eine einwandfreie Verarbeitung der Werkstoffen und Produkte (z.B. zementgebundene bzw. harzgetränkte Systeme) auf der Baustelle gewährleistet werden kann.

5.5.1.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Gemäß den jeweiligen für Kunststofflösungen oder zementbasierte Suspensionen gültigen Normen. Falls entsprechende fehlen, werden Methode und Prüfmittel nach Abstimmung mit dem Antragsteller und mit vertrauenswürdigen Prüfinstituten vom DIBt festgelegt.

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß Norm (falls vorhanden), anderenfalls vom Werkstofflieferanten / Prüfinstitut festzulegen.

Zuständigkeit

Die folgenden Parameter werden vom Werkstofflieferanten aufgrund von Prüfungen festgelegt:

- Verarbeitungsparameter (z.B. Mischzeiten, Mischanteile, Umgebungstemperatur, rel. Luftfeuchtigkeit).
- Verarbeitungszeit in Abhängigkeit der Temperatur (Topfzeit, Gelzeit, Abbindebeginn).
- Reaktions- und Aushärtungszeit in Abhängigkeit der Temperatur.

Der Unternehmer ist dafür verantwortlich, dass die vom Werkstofflieferanten vorgeschriebenen Werte bei der Renovierung, Reparatur bzw. Erneuerung kontrolliert und eingehalten werden.

Weitere Hinweise

Bei Prüfungen zur Erlangung der DIBt-Zulassung ist die Angabe der maßgebenden Parameter und deren Werte sowie die Überprüfung der Werte auf der Testbaustelle erforderlich.

Bei Eingangs- und Zwischenkontrollen: Überprüfung der maßgebenden Parameter. Jeder wesentliche Arbeitsschritt muss protokolliert werden, damit eine Rückverfolgung möglich ist.

5.5.1.3 Anforderungen

Die Vorgaben des Werkstofflieferanten zu den einzelnen Parametern müssen eingehalten werden.

5.5.1.4 Normen und Literatur

- DIN 16945: Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen Prüfverfahren [106]
- DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton [107]
- DIN EN 196-3: Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit [108].

5.5.2 Verhalten gegenüber korrosiven Medien (Chemikalienbeständigkeit)

5.5.2.1 Zweck

Diese Prüfung dient dem Nachweis, dass die eingesetzten Werkstoffe gegenüber den üblichen Abwässern bzw. Abwasserinhaltsstoffen sowie der Kanalatmosphäre eine ausreichende Beständigkeit aufweisen. Die chemische Beanspruchung ist insbesondere abhängig vom pH-Wert des Abwassers bzw. der aus dem Abwasser entstehenden Reaktionsprodukte.

Nach Lagerung von Werkstoffproben in standardisierten Medien werden die veränderten Eigenschaftswerte wie Masse, Oberflächenzustand und mechanische Kurzzeiteigenschaften beurteilt.

5.5.2.2 Durchführung

Methode und Prüfmittel

Es werden folgende, werkstoffspezifische Prüfungen unterschieden:

- Kunststoffsysteme: Verhalten gegen flüssige Chemikalien nach DIN EN ISO 175 [109], zusätzlich speziell für:
 - Auskleidungsverfahren (mit Kunststoffbauteilen aus PVC-U, PE-HD, PP, PU und GF-UP) gemäß chemischen Beständigkeitsprüfungen nach DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34]
 - Beschichtungsverfahren (flüssige Anstrichstoffe und ähnliche Beschichtungsstoffe) gemäß Prüfungen nach DIN 53230 [110]
 - Schlauchlining (Harzsysteme): Beständigkeit gegen chemische Angriffe unter konstanter Verformung (Dehnungskorrosionsbeständigkeit) nach DIN EN 13566-4 [7] gemäß Prüfung nach DIN EN 1120 [111].
- Zementgebundene Systeme: Es existiert keine genormtes Verfahren zur

Prüfung der Korrosionsbeständigkeit von Mörtelbeschichtungen unter Berücksichtigung der kanalspezifischen Anforderungen. Aus diesem Grund findet das in [5] vorgestellte und nachfolgend beschriebene Prüfverfahren Anwendung.

➤ **Prüfung der Korrosionsbeständigkeit von Mörtelbeschichtungen**

Mit der nachfolgend beschriebenen Prüfung der Korrosionsbeständigkeit von Mörtelbeschichtungen für Abwasserleitungen und -kanäle ist es möglich, den jeweiligen Beschichtungsstoff unter realitätsnahen Beanspruchungen für konkrete Anwendungsfälle zu bewerten. Die Praktikabilität des Prüfprogramms wurde bereits an zahlreichen, auf dem Markt befindlichen Beschichtungsmörteln und -betonen nachgewiesen [112]. Im Rahmen des Programms werden Mörtelprismen nach DIN 1164 [113] mit den Abmessungen 40 x 40 x 160 mm³ hergestellt und bis zur Prüfung 28 Tage in Wasser gelagert. Anschließend erfolgt die Einlagerung der Proben in jeweils 1,4 Liter des aggressiven Mediums, so dass diese bis in eine Höhe von 130 mm benetzt sind (Bild 10). Zur Erzielung einer Ergebnisstreuung von 10 % bei einer Trefferwahrscheinlichkeit von 95 % sind je Prüfmedium 3 Einzelversuche erforderlich. Um eine zuverlässige Aussage zu bekommen, sollte bei jeder Prüfserie ein Referenzmörtel bekannter Zusammensetzung mit geprüft werden.

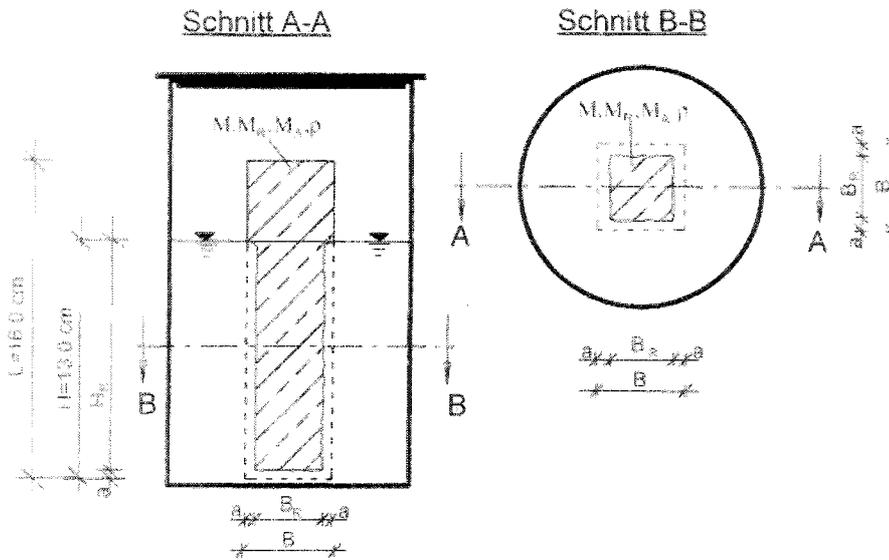


Bild 10 Einlagerungsversuche – Versuchsaufbau [5]

Das erforderliche Erneuerungsintervall beträgt für Säuren 7 Tage und für Ammoniumsulfat 21 Tage. Tabelle 23 gibt einen Überblick über die Versuchsparmeter.

Tabelle 23 Versuchsparmeter bei Einlagerungsversuchen nach [112]

Korrosive Medien	Konzentration [Gew.-%]	Einlagerungsdauer [Tage]	Erneuerungsintervall der korrosiven Medien
Salpetersäure	2,0	70	7
Salzsäure	2,0	70	7
Schwefelsäure	2,0	70	7
Ammoniumsulfat	2,0	70	21

Im Rahmen der Erneuerung der Medien werden die Proben jeweils zur Simulation des Abwasserabflusses und der Kanalreinigung abgebürstet und gewogen. Der gemessene Gewichtsverlust der Proben wird in einen gleichmäßigen Materialabtrag umgerechnet.

Nach Beendigung der Einlagerungsversuche erfolgt durch den Vergleich der ermittelten Materialabträge der unterschiedlichen Mörtelzusammensetzungen und die Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit an den korrodierten Probekörpern sowie an den wassergelagerten Vergleichsproben die Auswertung.

Während die Biegezugfestigkeit gemäß DIN EN 196-1 [114] bestimmt werden kann, muss bei der Druckfestigkeitsprüfung die Druckkraft, nicht wie in DIN EN 196 [114] angegeben, über die Seitenflächen der Mörtelbruchstücke, sondern über die zuvor plan zu schleifenden Stirnflächen eingeleitet werden, da über die korrodierten Seitenflächen eine gleichmäßige Kraffteinleitung nicht möglich ist.

Da die exakte Bestimmung der Querschnittsfläche der korrodierten Proben nur mit erheblichem Aufwand möglich ist, wird bei der Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeiten jeweils die Ausgangsfläche von $40 \times 40 \text{ mm}^2$ zu Grunde gelegt. Es handelt sich hierbei folglich nicht um Materialkennwerte, sondern um reine Vergleichsgrößen. Bild 11 zeigt die unterschiedlichen Querschnittsverhältnisse korrodierter Mörtelprismen.

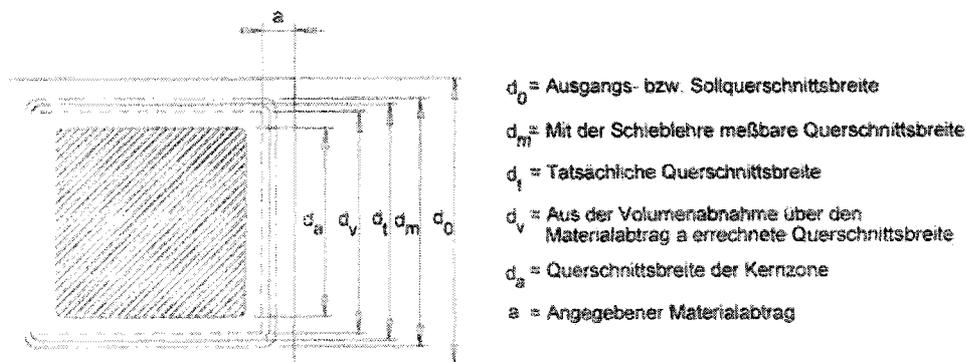


Bild 11 Querschnittsverhältnisse korrodierter Mörtelprismen [115]

Für eine Beurteilung der Mörtel bzgl. Salpetersäureangriff sollte die visuelle Schädigungstiefe an den Bruchflächen nach erfolgter Biegezugprüfung ermittelt werden. Im Rahmen einer Versuchsreihe an Mörtelprismen wurde festgestellt, dass in **Salpetersäure** eingelagerte Proben nur sehr geringe, von außen sichtbare Materialabträge zeigen. Nach Durchführung der Biegezugprüfungen konnte jedoch

an allen in Salpetersäure eingelagerten Proben eine dem von außen sichtbaren Materialabtrag vorauseilende Schädigung der äußeren Schicht festgestellt werden. Diese Schädigung war bis zu einem deutlich sichtbaren Kern fortgeschritten. Die geschädigte äußere Schicht war porös und besaß eine deutlich geringere Festigkeit als der Kern.

Im Fall des Salpetersäureangriffs stellt der angegebene Materialabtrag somit eine äquivalente Schichtdicke für den Materialverlust dar, der in der äußeren Schicht einer Probe aufgrund der vorauseilenden Schädigung auftritt.

Nach neueren Erkenntnissen [116] ist der Einlagerungsversuch mit Schwefelsäure nicht zur Vorhersage des Verhaltens gegenüber Biogener Schwefelsäure-Korrosion geeignet. Ebenso wenig ist ein Rückschluss vom Verhalten eines Mörtels gegenüber Biogener Schwefelsäure-Korrosion auf seine Beständigkeit bei einem direkten Angriff durch Schwefelsäure (z.B. Sohlenkorrosion in Kanälen aufgrund eingeleiteter aggressiver Medien) möglich [5].

Zur **Simulierung der Biogenen Schwefelsäure-Korrosion** wird eine entsprechende Kanalatmosphäre in einem klimatisierten H₂S-Schadgasschrank erzeugt. Dieser kann mit 32 verschiedenen, präparierten Betonprüfkörpern von bekannter Zusammensetzung mit jeweils 60 cm Höhe, 11 cm Länge und 7 cm Breite bestückt werden [117].

Im Schadgasschrank beträgt die Temperatur 30 °C, bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von $\geq 95\%$. Als Schwefelsäurevorstufe, die im Überschuss vorhanden ist, dienen etwa 10 ppm gasförmiger Schwefelwasserstoff (H₂S). H₂S liefert durch Autooxidation mit Luftsauerstoff elementaren Schwefel, der sich auf der Betonoberfläche niederschlägt und als Substrat für Thiobazillen, die für das Auftreten der Biogenen Schwefelsäure-Korrosion verantwortlich sind, dient. Durch Beimpfung der Probekörper mit diesen schwefelsäurebildenden Bakterien (Thiobazillen), die aus dem Hamburger Kanalisationssystem isoliert wurden, wird die Voraussetzung für die Biogene Schwefelsäure-Korrosion geschaffen. Das Besondere an diesem Verfahren ist, dass die Schwefelsäure auf den Probekörpern erst durch die Bakterien gebildet werden muss und somit die Angriffsstärke u.a. von der Anzahl der sich auf den Prüfflächen ansiedelnden Bakterien abhängig ist.

An den Prüfkörpern werden im Versuchsverlauf die pH-Werte im Oberflächenfilm, die Zellenzahlen von Thiobazillen sowie der Substanzverlust gemessen. Anhand dieser Parameter erfolgt eine Bewertung der Proben. Die erforderliche Versuchsdauer beträgt 1 Jahr. Neuere Versuchstechniken lassen eine Reduktion der Versuchsdauer bei gleicher Aussagekraft der Versuchsergebnisse zu [118].

Prüfkörper und Prüfort

Gemäß o.g. Normen, Richtlinien, Regelwerke und Beschreibungen.

Zuständigkeit

Durchführung durch ein vom DIBt anerkanntes Prüfinstitut im Auftrag des Antragstellers (bei DIBt-Zulassung).

Weitere Hinweise

– entfällt –

5.5.2.3 Anforderungen

Rohre, Verbindungen müssen widerstandsfähig gegen Angriffe durch Abwasser und Einwirkungen von Böden und Grundwasser sein, auch unter Berücksichtigung des Einbau- bzw. Verlegeverfahrens.

Tabelle 24 enthält einzuhaltende Grenzwerte für Korrosionsbeanspruchungen durch kommunales Abwasser, innerhalb dessen keine Korrosionsschutzmaßnahmen erforderlich werden.

Tabelle 24 Art und Grenzwerte für Korrosionsbeanspruchungen durch kommunales Abwasser bei zementgebundenen Werkstoffen in Abwasseranlagen nach ATV-M 168 [119]

Angriffsart	Angriff z.B. durch	Beanspruchung durch übliche kommunale Abwasser pH: 6,5 bis 10	Ausreichender Betonwiderstand gegeben bei: Grenzwerte im Abwasser Beanspruchung			Vorhandener Betoneigen schaft
			Dauernd	Zeitweilig ¹⁾	Kurzzeitig ²⁾	
Lösend durch Auslaugung	Weiches Wasser	Nicht gegeben	-	-	-	w/z ≤ 0,50 ³⁾ und Wassereindringtiefe
Lösend durch Säureangriff	Anorganische Säure z.B. Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure	≤	pH ≥ 6,5	pH ≥ 5,5	pH ≥ 4,0	von ≤ 3cm nach DIN 1048 [120]
	Organische Säure		pH ≥ 6,5	pH ≥ 6,0	pH ≥ 4,0	
	Kalklösende Kohlensäure	CO ₂ < 10 mg/l ⁴⁾	≤ 15 mg/l	≤ 25 mg/l	≤ 100 mg/l	
Lösend durch Austauschreaktion	Magnesium Ammonium	Mg ²⁺ < 100 mg/l NH ₄ -N < 100 mg/l	≤ 1000 mg/l ≤ 300 mg/l	≤ 3000 mg/l ≤ 1000 mg/l		
Treibend	Sulfat-Ion	SO ₄ ²⁻ < 250 mg/l	≤ 600 mg/l	≤ 1000 mg/l		Ohne HS-Zement
			< 3000 mg/l	≤ 5000 mg/l	-	Mit HS-Zement

- 1) Zeitdauer bis zu maximal einem Jahr pro zehn Jahre.
- 2) Unplanmäßige Betriebszustände; Zeitdauer bis zu maximal einer Stunde pro Woche.
- 3) Durch niedrige w/z-Werte und durch die Verwendung von Beton mit besonderer Zusammensetzung wird der chemische Widerstand des Betons erheblich begünstigt.
- 4) Im üblichen kommunalen Abwasser wird dieser Wert nicht erreicht. Allenfalls bei der Ableitung großer Mengen kohlenstoffhaltigen Grundwassers (z.B. Dränagewasser) ist in Einzelfällen ein Wert in der angegebenen Größenordnung denkbar.

Die eingesetzten Sanierungswerkstoffe bzw. -produkte müssen mindestens gegenüber den zulässigen Einleitungen in die öffentliche Kanalisation gemäß Wasserhaushaltsgesetz [121] beständig sein. Die Bewertung hat nach DIN 53230 [110] zu erfolgen (Bewertungszahl „0: nicht verändert“).

Bezüglich der Zusammensetzung der Abwässer bzw. des Vorhandenseins von Abwasserinhaltsstoffen muss nach DIN 1986-3 [122] eine Beständigkeit unterschieden werden gegen

- häusliches Abwasser,
- nichthäusliches Abwasser, d.h.
 - gewerbliches Schmutzwasser (soweit dies nicht mit häuslichem Schmutzwasser vereinbar ist),
 - industrielles Schmutzwasser.

Bezüglich der Zusammensetzung von nichthäuslichem Abwasser enthält Arbeitsblatt ATV-A 115 [123] als Anlage II eine umfangreiche Zusammenstellung von Industriegruppen und Gewerbebranchen, von denen auf Grund des Anfalls von schädlichen Stoffen (Auflistung s. DIN 1986-3 [122]) im Abwasser, mit einer möglichen Beeinträchtigung bzw. Gefährdung der Kanalisation, der Kläranlage oder des Vorfluters (trotz biologischer Reinigung) zu rechnen ist.

Soll ein Sanierungsverfahren für den Bereich des nichthäuslichen Abwassers, d.h. in einer nichtöffentlichen Kanalisation zur Anwendung kommen (Ausweitung der DIBt-Zulassung), ist die Beständigkeit der eingesetzten Sanierungswerkstoffe gegenüber den entsprechenden Abwasserinhaltsstoffen (s. Auflistung in DIN 1986-3 [122] sowie diesbezügliche Zusammenstellung in ATV-A 115 [123]) zusätzlich nachzuweisen, um den Anforderungen des WHG [121] zum Schutz von Grundwasser und Boden gerecht zu werden.

Hinweise und Anforderungen an die Beständigkeit von in Kanalisationen eingesetzten Werkstoffen gegenüber Korrosion enthält das Merkblatt ATV-M 168 [119].

Im Prüfbericht sind unter anderem die verwendeten Prüfmedien (Konzentration der Prüflösung zugesetzten Chemikalien), Prüfdauern sowie der pH-Bereich für die langzeitige Beständigkeit anzugeben.

Die mechanischen Eigenschaften nach Einwirkung der chemischen Substanzen dürfen diejenigen ohne chemischen Einfluss an denselben Werkstoffen nach [1] um nicht mehr als 10% unterschreiten.

Speziell für Auskleidungsverfahren sind nach DIBt-Richtlinie „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34] die in Tabelle 25 aufgeführten

Grenzwerte für die dort aufgeführten mechanischen Eigenschaften (s.a. Arbeitsanleitung 5.3.1) einzuhalten.

Tabelle 25 Mindestanforderungen an Auskleidungsverfahren bezüglich der chemischen Beständigkeit nach [34]

Chemische Beständigkeit (oder vergleichbare Beurteilung *)	PVC-U	PE-HD	PP Typ 1	PU	GF-UP Laminat
Gewichtsänderung [%]	≤ 2			≤ 2	≤ 2
Zugfestigkeit [%]	≤ 10	≤ 2	≤ 2	≤ 10	≤ 10
Reißdehnung [%]	≤ 20	≤ 10	≤ 10	≤ 20	≤ 20
Schlagzähigkeit [%]	≤ 10	≤ 20	≤ 20	≤ 10	≤ 10

*) Zulässige Änderung bezogen auf den Anlieferungszustand (100 %) nach 28-tägiger Einwirkung H₂O, NaOH 5%ig, H₂SO₄ 5%ig, handelsüblicher Sanitärreiniger in 5 %ig wässriger Lösung (peroxidhaltig), bei 23 °C

5.5.2.4 Normen und Literatur

DIBt-Richtlinie: „Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte“ [34]

DIN 53230: Prüfung von Anstrichstoffen und ähnlichen Beschichtungsstoffen; Bewertungssystem für die Auswertung von Prüfungen [110]

DIN EN 1120: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien-einwirkung von der Innenseite eines Abschnittes im verformten Zustand [111]

ATV-A 115: Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage [123]

DIN EN ISO 175: Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien [109]

DIN 53393: Prüfung von glasfaserverstärkten Kunststoffen; Verhalten bei Einwirkung von Chemikalien [124]

- DIN 8061: Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid – Allgemeine Qualitätsanforderungen [125]
- DIN EN 1401-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem
- DIN EN 12666-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem [102]
- DIN EN 1852-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polypropylen (PP) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem [92]
- ATV-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitung [119]
- Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen [5]
- WHG – Wasserhaushaltsgesetz [121]

Weiterhin gelten die entsprechenden Verordnungen und Gesetze der jeweiligen Bundesländer.

5.6 Umweltverträglichkeitsprüfungen

Bezüglich der Umweltverträglichkeit der Sanierungsmaßnahme bzw. der einzelnen Sanierungswerkstoffe gilt das DIBt-Merkblatt „Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Teil I“ [25] sowie die speziellen Kapitel von Teil II [26] (aktuell durch die DIBt-Projektgruppe „Kanalrohrsanierungsmittel“ in Bearbeitung befindlich).

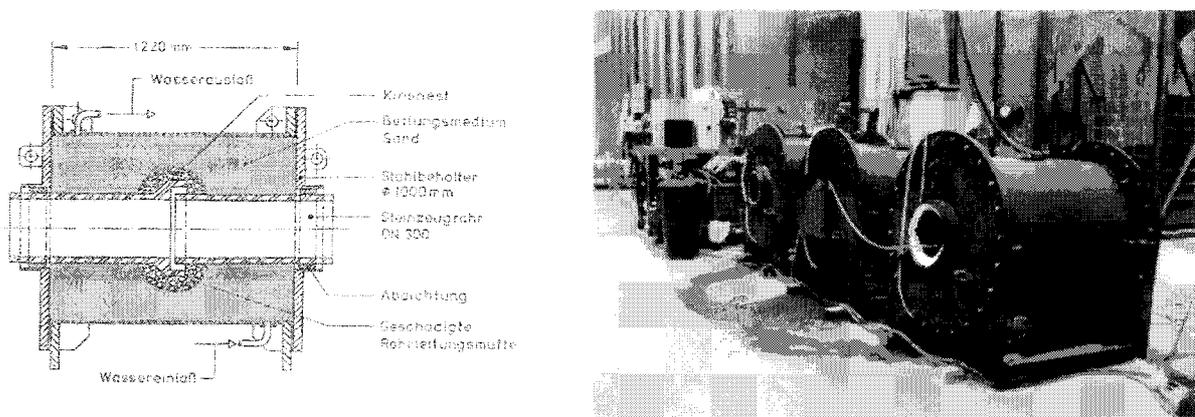
In Abhängigkeit des Sanierungswerkstoffes können nach Offenlegung der jeweiligen Zusammensetzung bzw. Rezepturen besondere Prüfungen zur Umweltverträglichkeit notwendig werden.

Nachfolgend wird beispielhaft eine Prüfmethode zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Sanierungswerkstoffen für Abwasserkanäle und –leitungen vorgestellt und ausführlich beschrieben.

Bei den hier betrachteten Sanierungsverfahren entsteht das Endprodukt vor Ort. Es besteht somit grundsätzlich die Möglichkeit, dass die nicht ausreagierten Harze bzw. Harzkomponenten mit dem das Rohr umgebenden Boden und dem Grundwasser in Kontakt kommen und eine mögliche Umweltbeeinträchtigung von den noch nicht ausgehärteten bzw. ausreagierten Substanzen ausgeht. Die Integration dieser für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit entscheidenden Phase in das Prüfprogramm erfordert eine Prüfeinrichtung, die eine quasi in situ ähnliche Sanierung unter definierten Bedingungen erlaubt. Diese Prüfung ist unbedingt bei Kurzlinern und Linern ohne Außenfolie oder ohne Verwendung eines Pre-Liners erforderlich. Es handelt sich hierbei um eine Stahlzylinderkonstruktion mit einer Länge von 1,0 m und einem Durchmesser von 1,0 m mit folgenden Versuchsrandbedingungen:

Rohr:	Stz, DN300
Schaden:	Simulation einer undichten Rohrverbindung durch Entfernen des Dichtmittels Fugenspalt 20mm
Umgebender Boden:	Sand (Mittel-/Grobsand) enggestuft Porenzahl $(0,35 \pm 5) \%$ Eigenfeuchte 6 % Einbau in vier Lagen, senkrecht zur Behälterachse

Im Bereich der Rohrverbindung durch ein Kiesnest angeordnet.



a) Prinzipskizze

b) Ansicht

Bild 12 Prüfeinrichtung zur Simulation der Sanierung einer undichten Rohrverbindung [5]

Es sind drei identische Versuchsaufbauten vorzusehen und das Versuchsprogramm ist entsprechend 3-mal zu absolvieren.

Nach der Durchführung der simulierten Sanierung der Schadstelle erfolgt die Befüllung des Porenraumes des Sandes mit Wasser. In Anpassung an reale Fließgeschwindigkeiten des Grundwasser wird die Strömungsgeschwindigkeit im Rahmen des Prüfprogramms über den gesamten Prüfzeitraum auf 0,75 m/Tag eingestellt. Als Durchströmungswasser dient Leitungswasser. Zur Applikation der Verfahren sind ggf. Veränderungen und Anpassungsarbeiten an der Einrichtung erforderlich.

Die Durchströmung des das Rohr umgebenden Sandes (kein Strömungskreislauf) erfolgt permanent während des gesamten Prüfzeitraumes von 12 Tagen. Die Prüfungen auf Umweltbeeinträchtigungen werden am Durchströmungswasser vorgenommen, wobei die Beprobungsintervalle mit zunehmendem zeitlichen Abstand zum Injektionszeitpunkt größer werden. Die Probenentnahmehäufigkeit kann Tabelle 26 entnommen werden. Es ist jeweils etwa 1 l zu entnehmen.

Tabelle 26 Probeentnahmen (Toleranzzeit ± 60 min) [5]

Probe	Zeit nach Platzierung des Kurz- bzw. Schlauchliners [min]
1	360
2	660
3	780
4	900
5	1.140
6	1.380
7	1.680
8	2.760
9	3.120
10	4.380
11	8.700
12	14.460 (10d)

Die Proben sind unmittelbar nach der Entnahme zu kühlen und möglichst kurzfristig zu analysieren.

6 Zulassungsanträge

Der Antragsteller (Verfahrensanbieter bzw. Unternehmer) ist für die Auswahl der Werkstofflieferanten und für die Beschaffung aller Werkstoffe und Produkte verantwortlich, die in die Anwendung des Sanierungsverfahrens einfließen.

Vor der Erteilung von Prüfaufträgen zur Nachweisführung der Eignung des jeweiligen Sanierungsverfahrens sollte der Antragsteller Kontakt zum DIBt aufnehmen und daraufhin einen formellen Antrag auf Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung an das DIBt richten.

Anträge für die Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bzw. zur Erlangung eines Zulassungsbescheides sind bei folgender Adresse voranzumelden:

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

Kolonnenstraße 30 L

10829 Berlin

E-Mail-Adresse: dibt@dibt.de

7 Literaturverzeichnis

- [1] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) (Hrsg.): Qualitätssicherung bei Instandsetzungs- und Sanierungsarbeiten an nichtbegehbaren Kanalisationen (QUIK). Zürich, Ausgabe 02.2002.
- [2] Kersten, R.: Bericht über die 1. Sitzung der Betreuergruppe vom 24. Februar 2004 zum Forschungsvorhaben „Entwicklung von prüf- und Beurteilungskriterien für Sanierungsverfahren für Abwasserleitungen zur Erteilung bauaufsichtlicher Zulassungen. Berlin, 25.02.2004.
- [3] DIN EN ISO17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (02.2004).
- [4] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden.
Teil 1: Allgemeines und Definitionen (01.1996).
Teil 2: Anforderungen (09.1996).
Teil 3: Planung (09.1996).
Teil 4: Hydraulische Berechnung und Umweltschutzaspekte (11.1997).
Teil 5: Sanierung (11.1997).
Teil 6: Pumpanlagen (06.1998).
Teil 7: Betrieb und Unterhalt (06.1998).
- [5] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [6] Merkblatt ATV-(D)WK-M 143:
Teil 1: Inspektion, Sanierung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und -leitungen – Grundlagen (12.1989).
Teil 2: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Optische Inspektion (04.1999).
Teil 3: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 3: Relining (04.1993).

Teil 4: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen – Teil 4: Montageverfahren (Entwurf 04.1993).

Teil 5: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 5: Allgemeine Anforderungen an Leistungsverzeichnisse für Reliningverfahren (05.1998).

Teil 6: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 6: Dichtheitsprüfungen bestehender, erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle und Schächte mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck (06.1998).

Teil 7: Teil 7: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner und Innenmanschetten (04.2003).

Weitere Teile 8 bis 13 in aktueller Bearbeitung.

- [7] DIN EN 13566: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen)
Teil 1: Allgemeines (04.2003).
Teil 2: Rohrstrang-Lining (Entwurf 04.2002).
Teil 3: Close-Fit-Lining (04.2003).
Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining (04.2003).
- [8] DIN EN 13380: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für die Renovierung und Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen außerhalb von Gebäuden (10.2001)
- [9] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.1997).
- [10] DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die bei grabenloser Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (Entwurf 06.2002)
- [11] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen (10.1997).

-
- [12] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (06.2001)
- [13] DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (03.2000).
- [14] Arbeitsblatt ATV-A 125: Rohrvortrieb (09.1006).
- [15] DIN 1986-30: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung (02.2003).
- [16] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin: Zulassungsgrundsätze für die Sanierung erdverlegter Abwasserleitungen der Grundstücksentwässerung (Entwurf November 1994).
- [17] Stein, D. und Stein, R.: Fachinformationssystem Instandhaltung von Kanalisationen (CD-ROM). Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2000.
- [18] Internet: www.dibt.de (Stand: 13.09.2003).
- [19] Computergestütztes Entscheidungshilfesystem zur Sanierungsplanung für Abwasserkanäle und Rohrleitungen (CESAR) – Firmeninformation Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum.
- [20] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Verfahren mit der Bezeichnung „RATHOSAN“ zur temporären Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 500. Zulassungsnummer Z-42.3-278. Erteilt am 13.07.1998, gültig bis 31.07.2003.
- [21] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: SANIPOR-Verfahren zur temporären Sanierung von Abwasserleitungen mit Nennweiten DN 100 bis DN 500. Zulassungsnummer Z-42.3-11. Erteilt am 01.02.1999, gültig bis 31.01.2004.
- [22] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Zwei-Komponenten-Verfahren mit der Bezeichnung

- „TUBOGEL“ zur temporären Sanierung von erdverlegten Abwasserkanälen und –leitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 500. Zulassungsnummer Z-42.3-280. Erteilt am 01.09.1998, gültig bis 31.08.2003.
- [23] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Injektionsverfahren für die Sanierung von Abwasserleitungen unter Verwendung des Injektionsmittels „PLEX 6803-0“. Zulassungsnummer Z-42.3-289. Erteilt am 15.02.1999, gültig bis 28.02.2004.
- [24] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Verfahren mit der Bezeichnung „3P-Plus-Kurzliner“ zur Sanierung schadhafter Abwasserleitungen. Zulassungsnummer Z-42.3-326. Erteilt am 13.12.2000, gültig bis 31.12.2005.
- [25] DIBt-Merkblatt: Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (11.2000).
- [26] DIBt-Merkblatt: Bewertung der Auswirkung von Kanalrohrsanierungsmitteln auf Boden und Grundwasser (aktuell in Bearbeitung).
- [27] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Schlauchreliningverfahren mit der Bezeichnung „Insituform“ zur Sanierung von Abwasserleitungen. Zulassungsnummer Z-42.3-305. Erteilt am 23.11.1999, gültig bis 30.11.2004.
- [28] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: „Berolina Liner“ zur Sanierung von erdverlegten schadhaften Abwasserleitungen in den Nennweiten DN 150 bis DN 800. Zulassungsnummer Z-42.3-336. Erteilt am 15.01.2002, gültig bis 31.01.2007.
- [29] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Noppenbahnreliningverfahren mit der Bezeichnung „Trolining-Preliner-System“ zur Sanierung von Abwasserleitungen. Zulassungsnummer Z-42.3-329. Erteilt am 30.01.2001, gültig bis 01.03.2006.
- [30] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für

-
- Bautechnik, Berlin: Schlauchreliningverfahren mit der Bezeichnung „Brandenburger Liner“ zur Sanierung von erdverlegten schadhafte Abwasserleitungen in den Nennweiten DN 150 bis DN 800. Zulassungsnummer Z-42.3-330. Erteilt am 10.04.2001, gültig bis 30.04.2006.
- [31] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Sanierungsverfahren mit der Bezeichnung „Uponor Omega-Liner“ in den Nennweiten DN 150 bis DN 400 aus PVC-U für erdverlegte Abwasserleitungen. Zulassungsnummer Z-42.3-325. Erteilt am 06.02.2001, gültig bis 31.01.2006.
- [32] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Verfahren mit der Bezeichnung „KM Inliner“ zur Sanierung von erdverlegten Abwasserleitungen. Zulassungsnummer Z-42.3-335. Erteilt am 15.01.2002, gültig bis 31.01.2007.
- [33] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Schlauchliningverfahren mit der Bezeichnung „SAERTEX-Liner“ zur Sanierung schadhafter Abwasserkanäle und -leitungen in den Nennweiten DN 100 bis DN 1200. Zulassungsnummer Z-42.3-350. Erteilt am 04.09.2002, gültig bis 30.09.2007.
- [34] DIBt-Richtlinie: Zulassungsgrundsätze für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen aus Kunststoff für erdverlegte Abwasserleitungen und Schächte (10.1996).
- [35] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik, Berlin: Abwasserrohre aus PVC-U mit der Bezeichnung „RAULINE“ in den Außendurchmessern da 140 bis da 450 für die Sanierung von erdverlegten Abwasserleitungen im Berstliningverfahren. Zulassungsnummer Z-42.3-202. Erteilt am 02.03.2001, gültig bis 01.03.2006.
- [36] GefStoffV – Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung) in der Neufassung vom 15. November 1999.

-
- [37] BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten) in der Fassung vom 12. Juli 1999.
- [38] ChemG – Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen in der Fassung vom 20. Juni 2002.
- [39] LGA-Merkblatt: Qualitätssicherung von Schlauchlinern (Entwurf 06.11.1998).
- [40] DIN EN ISO 3126: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohrleitungsteile aus Kunststoffen – Ermittlung und Bestimmung der Maße (Entwurf 09.1999).
- [41] Arbeitsblatt ATV-A 161: Statische Berechnung von Vortriebsrohren (01.1990).
- [42] Merkblatt RSV 1: Renovierung von drucklosen Abwasserkanälen und Rohrleitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung (02.2000).
- [43] Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt), Berlin: Vorläufiges Prüfprogramm für harzgetränkte vor Ort härtende Schlauchliner zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen (Entwurf November 2003).
- [44] Merkblatt ATV-DVWK M 143-13: Prüfung und Beurteilung von Sanierungsverfahren für den Einsatz in Abwasserkanälen und -leitungen – Anforderungen, Prüfkriterien und Prüfeempfehlungen. Entwurf der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES 8.8, Manuskriptstand: 02.2004.
- [45] DIN EN 1228: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der spezifischen Anfangs-Ringsteifigkeit (08.1996).
- [46] DIN EN 1393: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Bestimmung der Anfangs-Zugeigenschaften in Längsrichtung (12.1996).
- [47] DIN 53769: Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten

Kunststoffen.

Teil 1: Bestimmung der Haft-Scherfestigkeit von Rohrleitungsteilen entsprechend Rohrtyp B (11.1988).

Teil 2: Zeitstand-Innendruckversuch an Rohren (12.1986)

Teil 3: Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Kurzzeit- und Langzeit-Scheiteldruckversuch an Rohren (11.1988).

Teil 6: Innendruck-Schwellversuche an Rohren und Rohrleitungsteilen (04.1989).

- [48] DIN EN ISO 527-2: Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften
Teil 1: Teil 1: Allgemeine Grundsätze (04.1996)
Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen (07.1996).
Teil 4: Prüfbedingungen für isotrop und anisotrop faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe (07.1997).
Teil 5: Prüfbedingungen für unidirektional faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe (07.1997).
- [49] Merkblatt ATV-M 127 – Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren – Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV-A 127 (01.2000).
- [50] DIN EN 196-1: Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit (05.1995).
- [51] DIBt-Richtlinie: Richtlinie für die Auswahl und Anwendung von Innenauskleidungen mit Kunststoffbauteilen für Misch- und Schmutzwasserkanäle: Anforderungen und Prüfungen (07.1982) (Anmerkung: durch Fassung 10.1996 ersetzt, s. [34]).
- [52] DIN EN ISO 6259-1: Rohre aus Thermoplasten - Bestimmung der Eigenschaften im Zugversuch.
Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren (02.2002).
Teil 2: Thermoplastische Rohre – Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), chloriertes Polyvinylchlorid (PVC-C), hochschlagzähes Polyvinylchlorid (PVC-HI) (12.1997).

Teil 3: Thermoplastische Rohre – Polyolefin-Rohre (12.1997).

- [53] DIN EN ISO 9969: Thermoplastische Rohre – Bestimmung der Ringsteifigkeit (08.1995).
- [54] DIN EN 1446: Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre aus Thermoplasten – Bestimmung der Ringflexibilität (03.1996).
- [55] DIN EN 1277: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Erdverlegte Rohrleitungssysteme aus Thermoplasten für drucklose Anwendungen – Prüfverfahren für die Dichtheit von elastomeren Dichtringverbindungen (Entwurf 08.2002).
- [56] DIN EN 744: Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre aus Thermoplasten – Prüfverfahren für die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Schlagbeanspruchung im Umfangsverfahren (08.1995).
- [57] DIN EN 921: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre aus Thermoplasten – Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens bei konstanter Temperatur (01.1995).
- [58] DIN EN ISO 178: Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (06.2003).
- [59] DIN EN 12190: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Bestimmung der Druckfestigkeit von Reparaturmörteln (12.1998).
- [60] DIN EN 6259-1.
Teil 1: Rohre aus Thermoplasten - Bestimmung der Eigenschaften im Zugversuch –Allgemeines Prüfverfahren (02.2002).
Teil 2: Thermoplastische Rohre – Bestimmung der Eigenschaften im Zugversuch – Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), chloriertes Polyvinylchlorid (PVC-C), hochschlagzähes Polyvinylchlorid (PVC-HI) (12.1997).
Teil 3: Thermoplastische Rohre - Bestimmung der Eigenschaften im

Zugversuch – Polyolefin-Rohre (12.1997).

- [61] DIN 53769-3: Prüfung von Rohrleitungen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen; Kurzzeit- und Langzeit-Scheiteldruckversuch an Rohren (11.1988).
- [62] Kammerer, R.: Sanierung von Kanalschäden mit Kurzschläuchen. Korrespondenz Abwasser 49 (2002), H. 1, S. 27-38.
- [63] ZTV-ING: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING). Verkehrsblatt Verlag, Dortmund, Stand Dezember 2002.
- [64] DIN EN 1542: Produkte und Systeme Für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftzugfestigkeit im Abreißversuch (07.1999).
- [65] DIN EN ISO 4624: Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit (08.2003).
- [66] DIN EN 1338: Pflastersteine aus Beton – Anforderungen und Prüfungen (08.03).
- [67] DIN EN 1339: Platten aus Beton – Anforderungen und Prüfungen (08.03).
- [68] DIN 1986, Teil 4: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Verwendungsbereich von Abwasserrohren und –formstücken verschiedener Werkstoffe (2002).
- [69] DIN 19565:
Teil 1: Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen (03.1989).
Teil 2: Rohre, Formstücke und Schächte aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; Fertigschächte; Maße, Technische Lieferbedingungen (11.1990).

-
- [70] DIN EN 295-3: Steinzeugrohre und Formstücke sowie Rohrverbindungen für Abwasserleitungen und -kanäle – Teil 3: Prüfverfahren (02.1999).
- [71] DIN 53754: Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des Abriebs nach dem Reibradverfahren (06.1977).
- [72] DIN 52108: Prüfung anorganischer nichtmetallischer Werkstoffe – Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme – Schleifscheiben-Verfahren (07.2002).
- [73] prEN XXXXX: European Standard for determination of the jetting resistance of drains and sewer pipes – Requirements and test methods (Draft March 1999).
- [74] DIN V 19517: Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen und -kanäle (01.2002)
- [75] SN 592012: Qualitätssicherung in der Liegenschaftsentwässerung – Schmutz- und Regenwasser-Rohrleitungssysteme – Bau-, Funktions- und Prüfnorm (11.2003).
- [76] DIN 53479: Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren; Bestimmung der Dichte (07.1976)
- [77] DIN EN ISO 62 Kunststoffe - Bestimmung der Wasseraufnahme (08.1999)
- [78] Franke, L., Oly, M., Pinsler, F.: Prüfrichtlinien für Mörtel im Sielbau. Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau (1997), H. 4, S.19-23.
- [79] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Referat BS 23), Berlin und Bundesministerium der Verteidigung (Referat WV II 7), Berlin (Hrsg.): Arbeitshilfen Abwasser. 2. Auflage, Stand 01.05.2004.
- [80] DIN EN ISO 75: Kunststoffe - Bestimmung der Wärmeformbeständigkeits-temperatur.
Teil 1: Allgemeine Prüfverfahren (Entwurf 05.2001)
Teil 2: Kunststoffe und Hartgummi (Entwurf 05.2001)

Teil 3: Hochbeständige härtbare Schichtstoffe und langfaserverstärkte Kunststoffe (Entwurf 05.2001).

- [81] DIN EN 728: Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme – Rohre und Formstücke aus Polyolefinen – Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit (03.1997).
- [82] DIN EN ISO 306: Kunststoffe – Thermoplaste – Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur (VST) (Entwurf 07.2002).
- [83] DIN 1986-3: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Regeln für Betrieb und Wartung (07.1982).
- [84] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und –leitungen (08.2000).
- [85] DIN 53015: Viskosimetrie – Messung der Viskosität mit dem Kugelfallviskosimeter nach Höppler (02.2001).
- [86] DIN 4127: Erd- und Grundbau; Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten; Anforderungen, Prüfverfahren, Lieferung, Güteüberwachung (08.1986).
- [87] DIN V 4126-100: Schlitzwände - Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten (04.1996)
- [88] DIN 53018: Viskosimetrie.
Teil 1: Messung der dynamischen Viskosität newtonscher Flüssigkeiten mit Rotationsviskosimetern, Grundlagen (03.1976).
Teil 2: Messung der dynamischen Viskosität newtonscher Flüssigkeiten mit Rotationsviskosimetern, Fehlerquellen und Korrekturen bei Zylinder-Rotationsviskosimetern (03.1976).
Teil 3: Viskosimetrie; Messung von Viskositäten und Fließkurven mit Rotationsviskosimetern mit Standardgeometrie, Normalausführung (05.1980).
- [89] DIN 1342: Viskosität.

Teil 1: Rheologische Begriffe (12.1999)

Teil 2: Newtonische Flüssigkeit (12.1999)

Teil 3: Nicht newtonische Flüssigkeit (12.1999).

- [90] DIN EN ISO 1133: Kunststoffe – Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten (Entwurf 09.2002).
- [91] DIN EN ISO 1628-2: Kunststoffe – Bestimmung der Viskosität von Polymeren in verdünnter Lösung unter Verwendung von Kapillarviskosimetern – Teil 2: Vinylchlorid-Polymere (11.1999).
- [92] DIN EN 1852-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen – Polypropylen (PP) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem (04.2003).
- [93] DIN 53752: Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten (12.1980)
- [94] DIN 8075: Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen (08.1999).
DIN 8075 Beiblatt 1: Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE); Chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen (02.1984).
- [95] DIN 8078: Rohre aus Polypropylen (PP) – PP-H (Typ 1), PP-B (Typ 2), PP-R (Typ 3) – Allgemeine Güteanforderungen (04.1996).
DIN 8078 Beiblatt 1: Rohre aus Polypropylen (PP); Chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen (02.1982).
- [96] DIN EN ISO 9967: Thermoplastische Rohre – Bestimmung des Kriechverhaltens (08.1995).
- [97] DIN EN 761: Kunststoff-Rohrleitungssysteme - Rohre aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) - Bestimmung des Kriechfaktors im trockenen Zustand (08.1994)

-
- [98] DIN EN ISO 899: Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens.
Teil 1: Zeitstand-Zugversuch (06.2003).
Teil 2: Zeitstand-Biegeversuch bei Dreipunktbelastung (06.2003).
- [99] DIN EN 1225: Kunststoff-Rohrleitungssysteme - Rohre aus glasfaser-
verstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) - Ermittlung des
Kriechfaktors unter Feuchteinfluß und Berechnung der spezifischen
Langzeit-Ringsteifigkeit (08.1996)
- [100] DIN 16945: Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen;
Prüfverfahren (03.1989).
- [101] DIN 52450: Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung
des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern (08.1985).
- [102] DIN EN 12666-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte Abwasser-
kanäle und -leitungen – Polyethylen (PE) – Teil 1: Anforderungen an Rohre,
Formstücke und das Rohrleitungssystem (Entwurf 02.1997).
- [103] DIN EN 1401-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose
Abwasserkanäle und -leitungen – Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-
U) – Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungs-
system (12.1998)
- [104] DIN EN 59: Glasfaserverstärkte Kunststoffe; Bestimmung der Härte mit dem
Barcol-Härteprüfgerät (11.1977).
- [105] DIN 16946-2: Reaktionsharzformstoffe; Gießharzformstoffe; Typen (03.1989)
- [106] DIN 16945: Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen,
Prüfverfahren (03.1989)
- [107] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton.
Teil 1: Bemessung und Konstruktion (07.2001); Berichtigungen zu DIN 1045-
1 (07.2002).
Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

- (07.2001); Berichtigungen zu DIN 1045-2 (06.2002).
- [108] DIN EN 196-3: Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit (05.1995).
- [109] DIN EN ISO 175: Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien (10.2000).
- [110] DIN 53230: Prüfung von Anstrichstoffen und ähnlichen Beschichtungsstoffen; Bewertungssystem für die Auswertung von Prüfungen (04.1983).
- [111] DIN EN 1120: Kunststoff-Rohrleitungssysteme – Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärkten duroplastischen Kunststoffen (GFK) – Ermittlung der Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalieneinwirkung von der Innenseite eines Abschnittes im verformten Zustand (07.1996).
- [112] Stein, D., Homann, D.: Low Cost Durable Cement based Repair and Rehabilitation Systems (DUREP); Final Technical Report Task 3.8: Assessment of chemical resistance. Brite Euram II Forschungsvorhaben im Auftrag der EU, 1997.
- [113] DIN 1164: Zement mit besonderen Eigenschaften – Zusammensetzung, Anforderungen, Übereinstimmungsnachweis (11.2000).
- [114] DIN EN 196: Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit (05.1995).
- [115] Efes, Y., Wesche, K.: Beurteilung des lösenden Angriffs auf Mörtel und Beton. Beton (1981), H. 7.
- [116] Sand, W., Dumas, T., Marcdargent, S.: Accelerated Biogenic Sulfuric-Acid Corrosion Test for Evaluating the Performance of Calcium-Aluminate Based Concrete in Sewage Applications. ASTM STP 1232, Microbiologically Influenced Corrosion Testing, Philadelphia, 1994.
- [117] Bielecki, R., Schremmer, H.: Biogene Schwefelsäure-Korrosion in teilgefüllten Abwasserkanälen. Sonderdruck auf Heft 94/ (1987) der

Mitteilungen des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der TU Braunschweig.

- [118] Schmidt, M., Hormann, K., Hofmann, F. J., Wagner, E.: Beton mit erhöhtem Widerstand gegen Säure und Biogener Schwefelsäure-Korrosion. Beton+Fertigteil-Technik (1997), H. 4, S. 64–70.
- [119] Merkblatt ATV-M 168: Korrosion von Abwasseranlagen (07.1998)
- [120] DIN 1048: Prüfverfahren für Beton.
Teil 1: Frischbeton (01.1996).
Teil 2: Festbeton in Bauwerken und Bauteilen (01.1996).
Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit von Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Anwendung von Bezugsgeraden und Auswertung mit besonderen Verfahren (01.1996).
Teil 5: Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper (01.1996).
- [121] WHG – Wasserhaushaltsgesetz (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts) in der Fassung vom 19. August 2002.
- [122] DIN 1986-3: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Regeln für Betrieb und Wartung (07.1982 bzw. Entwurf 05.2003).
- [123] Arbeitsblatt ATV-A 115: Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage (10.1994).
- [124] DIN 53393: Prüfung von glasfaserverstärkten Kunststoffen; Verhalten bei Einwirkung von Chemikalien (03.1976).
- [125] DIN 8061: Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid – Allgemeine Qualitätsanforderungen (08.1994)
Beiblatt 1: Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid; Chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PVC-U (02.1984).