

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 143-16

**Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16:
Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren**

September 2019



DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 143-16

Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16:
Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren

September 2019



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2019

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-877-5 (Print)

978-3-88721-878-2 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Schadhafte Abwasserleitungen und -kanäle sind ein Gefährdungspotenzial für die Umwelt, insbesondere für das Grundwasser und den Boden. Zur Behebung von örtlich begrenzten Schäden durch Reparatur liegen für den Einsatz von Roboterverfahren vielfältige Erfahrungen vor. Mit diesem Teil 16 der Arbeits- und Merkblattrihe DWA-A/M 143 wird für diese Verfahren eine standardisierte Beschreibung vorgelegt.

Im Dezember 2006 erschien erstmals das Merkblatt DWA-M 143-16 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren“. Mit der Überarbeitung des Arbeitsblatts DWA-A 143-7 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 7: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner, T-Stücke und Hutprofile (Anschlusspassstücke)“ im November 2017 wurden die Hutprofile aus dem Teil 16 herausgelöst und in den Teil 7 überführt. Das vorliegende Merkblatt DWA-M 143-16 befasst sich ausschließlich mit den Reparaturtechniken mittels Roboterverfahren. Für die Bauausführung gilt zudem das Merkblatt DWA-M 144-16 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16: Spachtel- und Verpressverfahren“.

Änderungen

Gegenüber dem Merkblatt DWA-M 143-16 (12/2006) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an zwischenzeitlich eingetretene Veränderungen in Hinsicht auf Gesetze und Verordnungen, DIN-Normen, das DWA-Regelwerk und die Unfallverhütungsvorschriften;
- b) entfallen sind die Angaben zum Hutprofil;
- c) neu aufgenommen sind Anschlusskanalroboter, Höchstdruck-Wasserstrahlroboter und Satellitensysteme;
- d) die Verfahren Fräsroboter, Spachtelroboter und Verpressroboter sind vertiefend beschrieben;
- e) die verschiedenen Systeme und deren Einsetzbarkeit sind mittels Skizzen dargestellt;
- f) neue Gliederung nach der für alle zukünftig zu bearbeitenden Arbeits-/Merkblätter der Reihe DWA-A/M 143 entwickelten einheitlichen Struktur;
- g) neu aufgenommen wurden vertiefte Anforderungen an die Qualität sowie ein Abschnitt zu den Kosten- und Umweltauswirkungen;
- h) Neuformulierung von nahezu allen Textpassagen;
- i) neue Tabellen;
- j) neue Skizzen.

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich, wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Merkblatt DWA-M 143-16 (12/2006)

Folgende Arbeits- und Merkblätter befassen sich mit der Zustandserfassung und -beurteilung sowie Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden:

Nr.	Titel	Ausgabedatum
Arbeits- und Merkblattreihe „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“		
Gemeinschafts- publikation DIN EN 14654-2/ DWA-A 143-1	DIN EN 14654-2 „Management und Überwachung von betrieblichen Maßnahmen in Abwasserleitungen und -kanälen – Teil 2: Sanierung“/DWA-A 143-1 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen“	Februar 2015
DWA-A 143-1	– Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen	Februar 2015
DWA-A 143-2	– Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren	Juli 2015
DWA-A 143-3	– Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner	Mai 2014
DWA-M 143-4	– Teil 4: Montageverfahren (Rohrsegment-Lining) für begehbare Abwasserleitungen, -kanäle und Bauwerke	November 2018
DWA-M 143-5	– Teil 5: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Innenmanschetten	Februar 2014
DWA-A 143-7	– Teil 7: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner, T-Stücke und Hutprofile (Anschlusspassstücke)	November 2017
DWA-M 143-8	– Teil 8: Injektionsverfahren zur Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen	November 2017
DWA-M 143-9	– Teil 9: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Wickelrohrverfahren	November 2019
DWA-M 143-10	– Teil 10: Noppenschlauchverfahren für Abwasserleitungen und -kanäle	Dezember 2006 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-11	– Teil 11: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren ohne Ringraum als Verformungs- und Reduktionsverfahren (Close-Fit-Lining)	November 2017
DWA-M 143-12	– Teil 12: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraumverfüllung – Einzelrohrverfahren	August 2008
DWA-M 143-13	– Teil 13: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraumverfüllung – Rohrstrangverfahren	November 2011
DWA-A 143-14	– Teil 14: Entwicklung einer Sanierungsstrategie	August 2017
DWA-A 143-15	– Teil 15: Erneuerung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Berstverfahren	Juni 2019
DWA-M 143-16	– Teil 16: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren	September 2019

Nr.	Titel	Ausgabedatum
DWA-M 143-17	– Teil 17: Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen, Schächten und Abwasserbauwerken	September 2018
DWA-M 143-18	– Teil 18: Sanierung durch Systemwechsel zur Druck- oder Unterdruckentwässerung	April 2015
DWA-M 143-19	– Teil 19: Statische Berechnung von sanierten Bauwerken	In Bearbeitung
DWA-M 143-20 Entwurf	– Teil 20: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Flutungsverfahren	September 2018
DWA-A 143-21	– Teil 21: Bauliche Sanierungsplanung	November 2019
Merkblattreihe „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“		
DWA-M 144-1	– Teil 1: Allgemeine Anforderungen	In Bearbeitung
DWA-M 144-2 Entwurf	– Teil 2: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Reparaturverfahren	März 2019
DWA-M 144-3	– Teil 3: Renovierung mit Schlauchliningverfahren (vor Ort härtendes Schlauchlining) für Abwasserkanäle	November 2012 ergänzte Fassung: Dezember 2018
DWA-M 144-7 Entwurf	– Teil 7: Kurzliner, T-Stücke und Hutprofile (Anschlusspassstücke)	März 2019
DWA-M 144-8 Entwurf	– Teil 8: Injektionsverfahren	März 2019
DWA-M 144-16 Entwurf	– Teil 16: Spachtel- und Verpressverfahren	März 2019
Merkblattreihe „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“		
Gemeinschaftspublikation DIN EN 13508-1/ DWA-M 149-1	DIN EN 13508-1 „Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ / DWA-M 149-1 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Grundlagen“	Mai 2018
DWA-M 149-1	– Teil 1: Grundlagen	Mai 2018
Gemeinschaftspublikation DIN EN 13508-2/ DWA-M 149-2	DIN EN 13508-2 „Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“ / DWA-M 149-2 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“	Juli 2014
DWA-M 149-2	– Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion	Dezember 2013
DWA-M 149-3	– Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion	April 2015
DWA-M 149-4	– Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen mittels geophysikalischer Verfahren	Juli 2008
DWA-M 149-5	– Teil 5: Optische Inspektion	Dezember 2010

Nr.	Titel	Ausgabedatum
DWA-M 149-6	- Teil 6: Druckprüfungen in Betrieb befindlicher Entwässerungssysteme mit Wasser oder Luft	August 2016
DWA-M 149-7	- Teil 7: Beurteilung der Umweltrelevanz des baulichen/ betrieblichen Zustands	Januar 2016
DWA-M 149-8	- Teil 8: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) – Optische Inspektion	September 2014

Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe ES-8.12 „Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Entwässerungssysteme“ (HA ES) im DWA-Fachausschuss ES-8 „Zustandserfassung und Sanierung“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe ES-8.12 „Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren“ gehören folgende Mitglieder an:

GAUGELE, Wilfried	Dipl.-Ing., Stuttgart (Sprecher)
SHADANPOUR, Saeed	Dipl.-Ing., Hamburg (stellv. Sprecher)
BALTRUSCHAT, Manfred	Dipl.-Ing., Frankfurt
BECKER, Eckhard	Dipl.-Ing., Kassel
BERKENBRINK, Lutz	Meerbusch
BERMICH, Tino	Coswig
DEBES, Roman	Dipl.-Ing., Karlstein am Main
DECKER, Joachim	Dr.-Ing., Böblingen
HARTMANN, Alexander	Dipl.-Ing., Esslingen
HECKER, Hans-Peter	Dipl.-Ing., Baierbrunn
HERMES, Tim	Schwerte
HEUSER, Mirko	Dipl.-Ing., Rülzheim
HOUY, Wolfgang	Dipl.-Ing., Illingen
JANSEN, Karl	Dipl.-Ing., Kleinblittersdorf-Bliensransbach
KÄDING, Ralf	Dipl.-Ing., Berlin
KAST, Matthias	Röthenbach a. d. Pegnitz
KORCZAK, Marius	Dipl.-Ing., Köln
LOHBECK, Christoph	Bottrop
PETERS, Rolf	Hage (bis 2015)
SCHÖßLER, Jörg	Dipl.-Ing., Rockenhausen
SEBASTIAN, Jörg	Dr. rer. nat., Dipl. Chem., St. Wendel
STRACHE, Jens	Kiel
STUCKERT, Lars	Dipl.-Ing., Bensheim

Als Gäste haben mitgewirkt:

BIESALSKI, Mark	Wettingen (CH)
BRAUCHLE, Franz	Dipl.-Ing., Meerbusch
KLEIMANN, Jochen	Coswig
KÖRKEMEYER, Karsten	Prof. Dr.-Ing., Kaiserslautern
MEßMANN, Sven	Dipl.-Ing., Bottrop
SCHOLZ, Jürgen	Illingen
TSCHAPKE, Eckehard	Dipl.-Ing., Berlin

Dem DWA-Fachausschuss ES-8 „Zustandserfassung und Sanierung“ gehören folgende Mitglieder an:

FALK, Christian	Dr.-Ing., Dortmund (Obmann)
WAGNER, Volker	Prof. Dr.-Ing., Berlin (stellv. Obmann)
BECKER, Eckhard	Dipl.-Ing., Kassel
BECKER, Hans-Peter	Dipl.-Ing., Duisburg
DREWNIOK, Peter	Dr.-Ing., Leipzig
FALTER, Bernhard	Prof. Dr.-Ing., Münster
FISCHER, Bernhard	Dr. rer. nat., Bonn
GAUGELE, Wilfried	Dipl.-Ing. (FH), Stuttgart
HARTMANN, Andreas	Dipl.-Ing., Braunschweig
HEINLEIN, Mario	Dipl.-Ing. (FH), Nürnberg
HERMES, Rainer	Dipl.-Ing., Schwerte
HIPPE, Michael	Dipl.-Ing., Erfurt
HOPPE, Franz	Dipl.-Ing., Klinkrade
KEDING, Martin	Dr.-Ing., Rheinbach
KÖNIG, Hans-Jürgen	Dipl.-Wjur., Kalletal
KÜNSTER, Marco	Dr.-Ing., Bad Honnef
VOGEL, Marcus	Dipl.-Ing. (FH), Kappelrodeck
ZECH, Horst	Dipl.-Volksw., Lingen

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BERGER, Christian	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
-------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	7
Bilderverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	14
Hinweis für die Benutzung	15
1 Anwendungsbereich	15
2 Verweisungen	16
3 Begriffe	17
3.1 Definitionen.....	17
3.1.1 Anschlusskanal.....	17
3.1.2 Blase	17
3.1.3 Entformzeit	17
3.1.4 Epoxidharz	17
3.1.5 Formschluss	18
3.1.6 Grundstücksentwässerungsanlage.....	18
3.1.7 Kraftschluss.....	18
3.1.8 Härtung	18
3.1.9 Haltung.....	18
3.1.10 Instandhaltung.....	18
3.1.11 Injektion	18
3.1.12 Inspektionsöffnung	18
3.1.13 Isocyanatharze.....	18
3.1.14 Modifizierte Isocyanatharze.....	19
3.1.15 Hydrolyse	19
3.1.16 Kartusche.....	19
3.1.17 Materialfüllraum.....	19
3.1.18 Nennweite.....	19
3.1.19 Packer	19
3.1.20 Reparatur.....	19
3.1.21 Roboterverfahren.....	19
3.1.22 Sanierung.....	19
3.1.23 Schalungssystem.....	20
3.1.24 Spachtel- und Verpress-Systeme	20
3.1.25 Topfzeit.....	20
3.1.26 Viskosität.....	20
3.1.27 WW-Mörtel.....	20
3.2 Abkürzungen.....	21
4 Grundlagen	22
4.1 Verfahrensbeschreibung	22
4.1.1 Allgemeines	22

4.1.2	Einsatzbereiche	22
4.1.3	Systemaufbau	23
4.1.3.1	Allgemeines	23
4.1.3.2	Fräsroboter	25
4.1.3.3	Anschlusskanalroboter	25
4.1.3.4	Höchstdruckwasserstrahlroboter	26
4.1.3.5	Spachtelroboter	27
4.1.3.6	Verpress-Systeme	27
4.1.3.6.1	Allgemeines	27
4.1.3.6.2	Anschlussverpress-Systeme	27
4.1.3.6.3	Verpress-Systeme für Einzelschadstellen	28
4.1.3.7	Sonderausrüstung für Arbeiten im Anschlusskanal	29
4.1.3.8	Satellitensysteme	30
4.1.3.9	Mischsysteme	30
4.1.3.10	Schalungssysteme	33
4.1.3.11	Kamerasysteme	33
4.2	Schadenbilder	34
4.3	Einsatzgrenzen	35
4.3.1	Allgemeines	35
4.3.2	Zugangsöffnung	36
4.3.3	Profilart	36
4.4	Anforderungen an das Reparatursystem	36
4.4.1	Allgemeines	36
4.4.2	Werkstoffe	37
4.4.2.1	Allgemeines	37
4.4.2.2	Harzsysteme	37
4.4.2.3	Mörtelsysteme	38
4.4.3	Gesamtsystem	38
4.4.3.1	Allgemeines	38
4.4.3.2	Chemische Resistenz	38
4.4.3.2.1	Beständigkeit gegen Angriffe des Abwassers	38
4.4.3.2.2	Verfahren zur Bestimmung der Chemikaliautauflöslichkeit	39
4.4.3.2.3	Kunststoffmaterialien	39
4.4.3.2.4	Mörtelmaterialien	40
4.4.3.3	Physikalische Kennwerte	40
4.4.3.3.1	Allgemeines	40
4.4.3.3.2	Viskosität	41
4.4.3.3.3	Verarbeitungs-, Entform- und Aushärtzeiten	41
4.4.3.4	Haftzugfestigkeit	41
4.4.3.5	Beständigkeit gegen Hochdruckreinigung	42
4.5	Verfahrensvarianten	42
4.5.1	Allgemeines	42
4.5.2	Spachtelverfahren	42
4.5.3	Verpressverfahren	42
4.5.3.1	Harzsysteme	42

4.5.3.2	Mörtelsysteme	43
4.6	Endprodukte	43
5	Planung	44
5.1	Allgemeines	44
5.2	Grundlagen	44
5.3	Einsatzmöglichkeiten	44
5.3.1	Vorbemerkung	44
5.3.2	Randbedingungen innerhalb des Kanals	44
5.3.3	Randbedingungen außerhalb des Kanals	45
5.4	Leistungsverzeichnis	46
5.5	Statischer Nachweis	46
5.6	Dichtheitsprüfung	46
6	Ausführung	47
6.1	Allgemeines	47
6.2	Vorarbeiten	47
6.3	Einbau	47
6.3.1	Vorbereitung	47
6.3.2	Einbauvorgaben	48
6.3.2.1	Allgemeines	48
6.3.2.2	Fräsroboter	48
6.3.2.3	Anschlusskanalroboter	49
6.3.2.4	Höchstdruckwasserstrahlroboter	49
6.3.2.5	Spachtelroboter	50
6.3.2.6	Verpress-Systeme	51
6.3.2.6.1	Anschluss-Verpress-Systeme	51
6.3.2.6.2	Verpress-Systeme für Einzelschadstellen	52
6.3.2.7	Sonderausrüstung für Arbeiten im Anschlusskanal	53
7	Qualitätssicherung	54
7.1	Allgemeines	54
7.2	Qualifikation des ausführenden Unternehmens	54
7.3	Prüfungen	55
7.3.1	Eignungsprüfung	55
7.3.2	Materialeingangskontrolle	55
7.3.2.1	Allgemeines	55
7.3.2.2	Maßnahmen	55
7.3.2.2.1	Hersteller	55
7.3.2.2.2	Anwender	56
7.3.3	Eigenüberwachungsprüfung	56
7.3.4	Fremdüberwachung	56
7.3.5	Qualitätssicherung bei der Ausführung	57
7.3.6	Kontrollprüfungen	57
7.3.6.1	Allgemeines	57
7.3.6.2	Optische Inspektion	57
7.3.6.3	Dichtheitsprüfung	57
7.3.7	Dokumentation	57

8	Sicherheit und Gesundheitsschutz	58
9	Kosten- und Umweltauswirkungen	59
9.1	Kosten	59
9.1.1	Herstellungskosten	59
9.1.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	59
9.1.2.1	Einleitung	59
9.1.2.2	Ökonomisches Prinzip	60
9.1.2.3	Kenngößen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	60
9.1.2.4	Ermittlung der Wirtschaftlichkeit	61
9.1.2.5	Maßnahmen zur Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit	61
9.2	Umweltauswirkungen.....	61
Anhang A Relevante technische Regeln für die Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren		64
Anhang B Ausführungsprotokoll		68
Anhang C Muster-Aufmaßblatt		71
Anhang D Schadenbeispiele für den Einsatz von Roboterverfahren		72
D.1	Einragendes Dichtungsmaterial.....	72
D.2	Einragender Anschluss	73
D.3	Wurzeleinwuchs.....	74
D.4	Anhaftende Stoffe, Inkrustation aus Anschluss	75
D.5	Verfestigte Ablagerung, Inkrustation	76
D.6	Schadhafter Anschluss.....	77
D.7	Fehlerhaft eingebundener Sattelanschluss.....	78
D.8	Nicht fachgerecht verschlossener Anschluss.....	79
D.9	Muffenversatz/Lageabweichung (verschobene Verbindung).....	80
D.10	Rissbildung, Längsriss	81
D.11	Rissbildung, Querriss	82
D.12	Komplexe Rissbildung	83
D.13	Spiralförmige Rissbildung	84
D.14	Fehlendes Wandungsteil an Rohrverbindung	85
D.15	Fehlendes Wandungsteil	86
D.16	Infiltration	87
D.17	Freiliegende Glasfaser	88
D.18	Partielle Korrosion	89
Quellen und Literaturhinweise		90
Stichwortverzeichnis Definitionen		94

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Abweichung von der Zulaufachse.....	24
Bild 2:	Abweichung von der Zulaufachse in Verbindung mit Außermittigkeit.....	24
Bild 3:	Beispielbild eines Fräsroboter	25
Bild 4:	Beispielbild Skizze 45°-Anschluss	25
Bild 5:	Skizze Fräsroboter am Anschlusskanal.....	25
Bild 6:	Skizze Fräsroboter am Anschluss mit Liner im Hauptkanal	25
Bild 7:	Beispielskizze Anschlusskanalroboter	26
Bild 8:	Skizze eines Höchstdruckwasserstrahlroboters	26
Bild 9:	Skizze zum Aufbau eines Spachtelroboters	27
Bild 10:	Beispielbild eines Spachtelroboters	27
Bild 11:	Skizze eines Anschlussverpress-Systems	28
Bild 12:	Skizze eines Systems mit Schalungsschild.....	28
Bild 13:	Skizze eines Verpress-Systems für Einzelschadstellen	29
Bild 14:	Skizze Sonderanwendung „Fräsen“	29
Bild 15:	Skizze Sonderanwendung „Reparatur“	29
Bild 16:	Skizze „Fräsroboter im Anschlusskanal“	30
Bild 17:	Skizze „Verpressroboter im Anschlusskanal“	30
Bild 18:	Langsamdrehender Wendelmischer.....	31
Bild 19:	Statikmischer für pastöse Harze.....	31
Bild 20:	Kneten pastöser Harze von Hand.....	31
Bild 21:	Statikmischer für Reaktionsharz	32
Bild 22:	Statikmischer für Reaktionsharz	32
Bild 23:	Handgeführte Bohrmaschine	32
Bild 24:	Mörtelmaschine am Fahrzeug	32
Bild 25:	Positionierung Fräsroboter	48
Bild 26:	Fräsvorgang.....	48
Bild 27:	Positionierung Anschlusskanalroboter.....	49
Bild 28:	Fahrt im Anschlusskanal.....	49
Bild 29:	Höchstdruckwasserstrahlroboter bei der Arbeit.....	49
Bild 30:	Räumung Fräsgut	50
Bild 31:	Positionierung Spachtelroboter	50
Bild 32:	Spachtelvorgang	50
Bild 33:	Positionierung Verpresseinheit	51
Bild 34:	Verpressvorgang.....	51
Bild 35:	Positionierung Verpresseinheit	51
Bild 36:	Verpressvorgang.....	51
Bild 37:	Positionierung Blase	52
Bild 38:	Verpressvorgang.....	52
Bild 39:	Positionierung Verpresseinheit	52
Bild 40:	Verpressvorgang.....	53
Bild 41:	Reparatur abgeschlossen.....	53
Bild 42:	Fräsarbeiten	53
Bild 43:	Verpressarbeiten	53
Bild D.1:	Einragendes Dichtungsmaterial (undichte Rohrverbindung)	72

Bild D.2: Einragender Anschluss	73
Bild D.3: Wurzeleinwuchs.....	74
Bild D.4: Anhaftende Stoffe, Inkrustation aus Anschluss	75
Bild D.5: Verfestigte Ablagerung, Inkrustation	76
Bild D.6: Schadhafter Anschluss	77
Bild D.7: Fehlerhaft eingebundener Sattelanschluss.....	78
Bild D.8: Nicht fachgerecht verschlossener Anschluss.....	79
Bild D.9: Muffenversatz/Lageabweichung (verschobene Verbindung).....	80
Bild D.10: Rissbildung, Längsriss	81
Bild D.11: Rissbildung, Querriss	82
Bild D.12: Komplexe Rissbildung	83
Bild D.13: Spiralförmige Rissbildung	84
Bild D.14: Fehlendes Wandungsteil an Rohrverbindung	85
Bild D.15: Fehlendes Wandungsteil	86
Bild D.16: Infiltration	87
Bild D.17: Freiliegende Glasfaser	88
Bild D.18: Partielle Korrosion	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anschlusswinkel zur Rohrachse.....	24
Tabelle 2: Einsatzbereich beim Fräsen im Anschlusskanal	29
Tabelle 3: Einsatzbereich von Satellitensystemen im Anschlusskanal.....	30
Tabelle 4: Mischverfahren der verschiedenen Robotersysteme.....	31
Tabelle 5: Schalungssysteme	33
Tabelle 6: Anwendungsbereiche.....	34
Tabelle 7: Zusammenfassung der Randbedingungen und Einsatzgrenzen.....	35
Tabelle 8: Zugelassene Harzsysteme	37
Tabelle 9: Einstufung von Wässern und Säuren in Anlehnung an DIN 19573.....	39
Tabelle 10: Eignungsuntersuchungen.....	40
Tabelle 11: Haftzugfähigkeit der eingesetzten Reparaturmaterialien auf verschiedenen Untergründen	42
Tabelle 12: Umweltauswirkungen der einzelnen Verfahren.....	63

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

1 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt befasst sich mit der grabenlosen Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen mittels Roboterverfahren. Es gilt für Entwässerungssysteme, welche hauptsächlich erdüberdeckt als Freispiegelsysteme betrieben werden. Der Anwendungsbereich gilt von dem Punkt an, ab welchem das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Straßenablauf fließt, bis zu dem Punkt, wo das Abwasser in eine Behandlungsanlage oder in einen Vorfluter eingeleitet wird. Systembedingt können diese Geräte zu vorbereitenden Arbeiten im Druckrohrbereich eingesetzt werden. Dies ist nicht Gegenstand dieses Merkblatts, da es sich nicht um den üblichen Anwendungsbereich handelt.

Abwasserleitungen und -kanäle unterhalb von Gebäuden sind hierbei eingeschlossen, sofern sie nicht Bestandteil der Gebäudeentwässerung sind.

Die zum Einbau von Kurzlinern, T-Stücken und Hutprofilen eingesetzten Verfahren werden im Arbeitsblatt DWA-A 143-7 und solche für Innenmanschetten im Merkblatt DWA-M 143-5 behandelt. Die Injektionsverfahren werden im Merkblatt DWA-M 143-8 beschrieben. Sie sind nicht Gegenstand dieses Merkblatts.