

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 149-4

Zustandserfassung und -beurteilung
von Entwässerungssystemen außerhalb
von Gebäuden

Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten
und Hohlräumen mittels
geophysikalischer Verfahren

Juli 2008



VORSCHAU

DWA- Regelwerk

Merkblatt DWA-M 149-4

**Zustandserfassung und -beurteilung
von Entwässerungssystemen außerhalb
von Gebäuden**

**Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten
und Hohlräumen mittels
geophysikalischer Verfahren**

Juli 2008, korrigierte Fassung: Stand April 2010



Herausgeber und Vertrieb:
Deutscher Verein für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
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

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasserwirtschaft 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 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

Satz:
DWA

Druck:
Bonner Universitäts-Buchdruckerei

ISBN:
978-3-940173-93-5 (Print)
978-3-96862-152-4 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© 4. Auflage, korrigierte Fassung: Stand April 2010, Hennef 2021

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

Vorwort

Die Bestimmung der Lagerungsdichte von Bodenschichten und die zerstörungsfreie Prüfung von Bauwerken ist seit Ende des letzten Jahrhunderts ein bevorzugtes Entwicklungsziel von „Wellen-Technikern“. Elektromagnetische Wellen, Schallwellen, Strahlen und Impulse unterschiedlichster Art sollen helfen, für das menschliche Auge Unsichtbares, sichtbar zu machen und zu bewerten.

Bisher war es nur möglich, sichtbare Bestandteile von Bauwerken zu prüfen. Die Bewertung des Zustandes von unterirdischen Abwasserleitungen erfolgte im Wesentlichen auf Basis von Kamerabefahrungen. Über den Zustand des Gesamtbauwerkes, insbesondere des Auflagers und der Einbettung, konnten bestenfalls Rückschlüsse gezogen werden.

In diesem Merkblatt werden Verfahren beschrieben, mit deren Hilfe die nicht sichtbaren Bereiche außerhalb der Kanalwand und unterhalb der Straßenoberfläche im Erdreich und in der Verfüllung der ehemaligen Baugrube einer Bewertung unterzogen werden können.

Zu berücksichtigen ist, dass die Darstellung der Verformung von Wellen aufgrund von Dichteunterschieden, Reflexionen und Diffraktionen einer Interpretation bedarf. Zur Interpretation werden Referenzen benötigt. So wie ein Arzt beim Betrachten einer Röntgen- oder Ultraschallaufnahme Anomalien aufgrund seiner Erfahrung und seines anatomischen Wissens erkennt und bewertet, benötigt der Techniker Anhaltspunkte, um im Wellen-Diagramm kritische Bereiche zu finden. Als solche Anhaltspunkte dienen sinnvollerweise Bodenaufschlüsse oder Rammsondierungen im zu untersuchenden Gebiet.

Die Arbeitsgruppe hat sich mit verschiedenen Geophysikalischen Methoden zur Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen in Praxistests im Straßenraum auseinandergesetzt. Das Ergebnis dieser Erfahrungen bildet die Grundlage dieses Merkblattes. Das Merkblatt enthält entsprechend eine Wertung und Gewichtung der Verfahren.

Bei derzeitigem Entwicklungsstand bieten zerstörungsfreie Detektionsmethoden vielseitige Anwendungsmöglichkeiten. Sowohl von der Straßenoberfläche aus, als auch aus dem Kanal heraus sind die Untersuchungen möglich. Methoden für eine allgemein verständliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse gilt zurzeit das Hauptaugenmerk. Die Interpretation der Ergebnisse ist vorläufig ausschließlich den Fachleuten zu überlassen.

Eine automatisierte rechnergestützte Interpretation mit codierten Darstellungen der zu erfassenden Anomalien können zukünftig zu standardisierten Auswertungen von Ergebnissen geophysikalischer Verfahren führen.

Die Merkblattreihe DWA-M 149 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ ist wie folgt gegliedert¹⁾:

- Teil 1: Grundlagen
- Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion
- Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion
- Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen mittels geophysikalischer Verfahren
- Teil 5: Optische Inspektion
- Teil 6: Druckprüfungen in Betrieb befindlicher Entwässerungssysteme mit Wasser oder Luft
- Teil 7: Beurteilung der Umweltrelevanz des baulichen/betrieblichen Zustands
- Teil 8: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) – Optische Inspektion

1) Stand: August 2021.

Verfasser

Der DWA-Arbeitsgruppe ES-8.13 „Detektion von Lagerungsdefekten“, die dieses Merkblatt erarbeitet hat, gehören folgende Personen an:

DICHTL, Norbert	Prof. Dr.-Ing., TU Braunschweig
DONÉ, Christoph	Dr. rer. nat., Dr. Donié Geo-Consult GmbH, Karlsbad
GORDZIEL, Wolfgang	Dipl.-Ing., Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
GRUNDKE, Dieter	Dipl.-Geol., geo-log Ingenieurgesellschaft mbH, Braunschweig
HARTMANN, Andreas (Sprecher)	Dipl.-Ing., Stadtentwässerung Braunschweig GmbH, Braunschweig
HESKE, Claus	Dr. rer. nat., CDM Consult GmbH, Alsbach
HERBST, Jürgen	Dr. rer. nat., TU Karlsruhe
HINZ, Heinz-Alfred	Dipl.-Ing., Stadtwerke Essen AG
KABBE, Thomas	Dipl.-Ing., Hochtief Construction AG, Köln
LEHMANN, Bodo	Dr. rer. nat., DMT GmbH, Essen
MEINEKE, Ernst Dieter	Dipl.-Geophys., edm Büro für angewandte Geophysik, Sandstedt
NIESSEN, Jürgen	Dipl.-Ing., GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH, Aachen
PETERSEN, Peter	Dipl.-Ing., GKE Consult Beratende Ing. GmbH, Braunschweig
REDMANN, Andreas	Dipl.-Ing., IKT GmbH, Gelsenkirchen
SCHMIDT, Hartmut	Dipl.-Ing., Stadtentwässerung Braunschweig GmbH, Braunschweig
SCHULZ, Olaf	Dr.-Ing., GKE Consult Beratende Ing. GmbH, Braunschweig
SHADANPOUR, Saeed	Dipl.-Ing., HAMBURG WASSER, Hamburg

Als Gast hat mitgewirkt:

MÖNTER, Johannes-Josef	Dipl.-Ing., DVGW, Bonn
------------------------	------------------------

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BERGER, Christian	Dipl.-Ing., Hennef Abteilung Abwasser und Gewässerschutz
-------------------	---

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	4
Bilderverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Benutzerhinweis	8
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	8
1.1 Zielsetzung	8
1.2 Geltungsbereich	9
2 Begriffe	9
2.1 Definitionen	9
2.2 Kurzzeichen und Abkürzungen	9
3 Schäden, Schadensursachen und Schadensfolgen	10
4 Messverfahren	10
4.1 Vorbemerkungen	10
4.2 Georadar	11
4.2.1 Beschreibung des Messverfahrens	11
4.2.2 Anwendungsbereich und Grenzen	12
4.2.3 Georadarmessungen von der Straßenoberfläche	13
4.2.3.1 Beschreibung des Messverfahrens	13
4.2.3.2 Anwendungsbereich und Grenzen	13
4.2.3.3 Darstellung und Interpretation von Messergebnissen – Beispiel	13
4.2.4 Georadar im Kanal	15
4.2.4.1 Beschreibung des Messverfahrens	15
4.2.4.2 Anwendungsbereich und Grenzen	16
4.2.4.3 Darstellung und Interpretation von Messergebnissen – Beispiel	16
4.3 Kapazitive Geoelektrik	17
4.3.1 Beschreibung des Messverfahrens	17
4.3.2 Anwendungsbereich und Grenzen	18
4.3.3 Darstellung und Interpretation von Messergebnissen	19
4.3.4 Beispiel	19
4.4 Weitere Untersuchungsverfahren	21
4.4.1 Vorbemerkungen	21
4.4.2 Seismik (Reflexions-/Refraktionsseismik)	21
4.4.2.1 Beschreibung des Messverfahrens	21
4.4.2.2 Anwendungsbereich und Grenzen	22
4.4.2.3 Darstellung und Interpretation von seismischen Messergebnissen	23
4.4.2.4 Praktische Erfahrungen/Beispiele	23
4.4.3 Akustische Inspektion	25
4.4.4 Gamma-Gamma-Sonde	26

5	Verfahrensauswahl und Vergabe von Leistungen	27
5.1	Vorbemerkungen.....	27
5.2	Aufgabenstellung.....	27
5.3	Bestandsaufnahme über vorhandene Bauwerke und Anlagen	27
5.4	Baugrund- und Grundwasserverhältnisse.....	28
5.5	Baulicher Zustand	28
5.6	Ergebnisdarstellung	28
5.7	Untersuchungen, Verfahren	29
5.8	Messdatendichte	29
5.9	Messdatendokumentation und -interpretation.....	29
5.10	Ergebnisvalidierung.....	29
5.11	Bewertungsmatrix für Einsatzbereiche und -grenzen	29
6	Kosten- und Umweltauswirkungen	29
Anhang A	Tabellen zu Einsatzbereichen und -bedingungen geophysikalischer Untersuchungsverfahren	30
Literatur	34
Technische Regeln	34
Weiterführende Literatur	34

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Georadar – physikalisches Prinzip.....	11
Bild 2:	3D-Darstellung eines Lagerungsdefektes im Rohrgraben oberhalb der Kanaltrasse	14
Bild 3:	Zeitscheibe einer Bodenuntersuchung mit Kanalsystem	14
Bild 4:	Schematische Darstellung von Anomalien und Bohrvorschlägen	15
Bild 5:	Kanalkamerawagen mit Georadarantenne auf einem 360°-drehbarem Trägersystem	15
Bild 6:	Ausschnitt eines Rohdaten-Radargramms mit verifizierter Zuordnung erfasster Lagerungsdefekte über dem Scheitel eines Betonkanals DN 300	16
Bild 7:	Ausschnitt eines Rohdaten-Radargramms mit Abbildung einer verifizierten Unterspülung.....	17
Bild 8:	Elektrodenanordnung für lineare und äquatoriale Dipol-Dipol-Messungen	18
Bild 9:	Messapparatur für eine äquatorial angeordnete kapazitive Geoelektrik.....	18
Bild 10:	Längsschnitt, Vertikalschnitt der scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstände sowie Lageplan der Verdachtsbereiche.....	20
Bild 11:	Prinzipskizze Seismischer Messungen	21
Bild 12:	Einsatz der Seismik von der Oberfläche aus, um Strukturen zwischen Oberfläche und Kanal zu erkunden	22
Bild 13:	Seismischer Kanalmesswagen	23
Bild 14:	Tomographische Messung zwischen Abwasserkanal und Erdoberfläche im Abwassernetz.....	24
Bild 15:	Beispiel für die Geschwindigkeitsverteilung der Kompressionswellen mit erkannten und bestätigten Anomaliebereichen.....	24
Bild 16:	Prinzip der akustischen Rohrprüfung.....	25
Bild 17:	Prinzip der Rissdetektion bzw. Hohlraumdetektion.....	25
Bild 18:	Versuchsaufbau der Gamma-Gamma-Sonde	26
Bild 19:	Messsignal im Testfeld im Bereich eines Hohlraums	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenhang zwischen nomineller Antennenfrequenz, Wellenlängenbereich und Erkundungstiefe	12
Tabelle A.1:	Einsatzbereiche geophysikalischer Untersuchungsverfahren im Kanalbau.....	30
Tabelle A.2:	Einfluss des Untergrundes auf die Einsatzmöglichkeit der Verfahren	31
Tabelle A.3:	Angenäherte Werte für elektromagnetische Konstanten einiger Materialien	32
Tabelle A.4:	Tabelle über geophysikalische Kennwerte (Seismik)	33

VORSCHAU

Benutzerhinweis

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 dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblattes 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.

Einleitung

Die intakte Lagerung und Bettung von Kanälen stellt für den sicheren und langfristigen Betrieb von Kanalnetzen eine Grundvoraussetzung dar. Der aktuelle Zustand der Lagerung und Bettung konnte bisher sicher nur durch Aufgrabungen, zerstörende Probenahmen und Laboruntersuchungen ermittelt werden.

Im Kanalbestand führen Grundwassereintritt und Eintrag von Bodenmaterial vielfach zur Beeinträchtigung der Tragfähigkeit des Rohraufagers und zu Hohlraumbildungen in der Umgebung von defekten Kanälen. Neben direkten Schäden an den Rohren entstehen auch Schäden in Form von Lagerungsdefekten und Hohlräumen, die langfristig zu Oberflächenabsenkungen führen und Fahrbahneinbrüche nach sich ziehen können.

Lagerungsdefekte sind mit den bisher angewendeten Verfahren der optischen Inspektion nicht zu orten. Eine Sanierung von Kanälen nach Straßeneinbrüchen erfolgt oft nach der „Feuerwehrstrategie“ (siehe auch Merkblatt DWA-M 143-14).

Verfahren zur Vorsorge beschränken sich heute auf den ordnungsgemäßen Bau inkl. Abschlussprüfungen und die wiederkehrende optische Inspektion. Eine lückenlose Verdichtungsprüfung ist nur im Zusammenhang mit geeigneten und wirtschaftlich vertretbaren geophysikalischen Methoden möglich.

Ein frühzeitiges – nach Möglichkeit schon bei der Abnahme von Bauwerken – Erkennen von Lagerungsdefekten und Hohlräumen, welche die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Rohrboden-Systems entscheidend beeinflussen, soll

den Netzbetreiber verstärkt vor kostspieligen Fehlentscheidungen bei der Wahl des Sanierungszeitpunktes oder -verfahrens bewahren.

1 Anwendungsbereich

1.1 Zielsetzung

Die DWA-Arbeitsgruppe ES-8.13 „Detektion von Lagerungsdefekten“ legt dieses Merkblatt vor, welches den aktuellen Stand der Technik beschreibt und diesen praxisorientiert darstellt.

Hierzu werden im Nachfolgenden relevante Angaben für die wichtigsten Anwendungsbereiche der Detektion von Lagerungsdefekten zusammengestellt. Es werden Anwendungsbereiche angegeben, welche durch praktische Erfahrungen gestützt sind.

Außerdem werden Forschungs- und Entwicklungsprojekte (F & E) in Abschnitt 4.4 vorgestellt. Hierzu zählen:

- Akustische Inspektion,
- Gamma-Gamma-Sonde.

Die Anwendung der im Merkblatt vorgestellten Verfahren ist in begründeten Verdachtsfällen sinnvoll, die auf Informationen aus anderen Untersuchungsverfahren (z. B. Optische Inspektion, Straßenzustandserfassung) beruhen. In derartigen Fällen können geophysikalische Verfahren ergänzende Informationen liefern, wobei die Einsatzgrenzen der einzelnen Verfahren zu beachten sind.

VORSCHAU

Ein frühzeitiges – nach Möglichkeit schon bei der Abnahme von Bauwerken – Erkennen von Lagerungsdefekten und Hohlräumen, welche die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Rohr-Boden-Systems entscheidend beeinflussen, soll den Netzbetreiber verstärkt vor kostspieligen Fehlentscheidungen bei der Wahl des Sanierungszeitpunktes oder -verfahrens bewahren.

In diesem Merkblatt werden Verfahren beschrieben, mit deren Hilfe die nicht sichtbaren Bereiche außerhalb der Kanalwand und unterhalb der Straßenoberfläche im Erdreich und in der Verfüllung der ehemaligen Baugrube zerstörungsfrei einer Bewertung unterzogen werden können.

Das Merkblatt gibt Empfehlungen und Informationen zu Messverfahren, mit denen Lagerungsdefekte und Hohlräume in der Umgebung erdverlegter Leitungen detektiert werden können. Es beschreibt die Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsgrenzen der Messmethoden Georadar, Geoelektrik sowie Seismik. Außerdem werden Forschungs- und Entwicklungsprojekte (F&E) zu den Meßmethoden „Akustische Inspektion“ und „Gamma-Gamma-Sonde“ vorgestellt.

Hierzu werden relevante Angaben für die wichtigsten Anwendungsbereiche der Detektion von Lagerungsdefekten zusammengestellt. Es werden Anwendungsbereiche angegeben, welche durch praktische Erfahrungen gestützt sind.

Das Merkblatt richtet sich an alle im Bereich der Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen planenden, betreibenden sowie Aufsicht führenden Institutionen als auch an Firmen, die mit der Zustandsbeurteilung betraut werden.

VORSCHAU



ISBN: 978-3-940173-93-5 (Print)
978-3-96862-152-4 (E-Book)

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