

# DWA- Regelwerk

## **Arbeitsblatt DWA-A 143-2**

**Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden**

**Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren**

Juli 2015



# DWA- Regelwerk

## **Arbeitsblatt DWA-A 143-2**

**Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb  
von Gebäuden**

**Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von  
Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining-  
und Montageverfahren**

Juli 2015



Herausgabe und Vertrieb:  
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: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de) · Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

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](mailto:info@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

**Satz:**

DWA

**Druck:**

Druckhaus Köthen GmbH & Co KG

**ISBN:**

978-3-88721-208-7 (Print)

978-3-88721-791-4 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, korrigierte Fassung: Oktober 2018, Hennef 2018

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

## Vorwort

Das vorliegende Arbeitsblatt DWA-A 143-2 ersetzt das Merkblatt ATV-M 127-2 aus dem Jahr 2000. Da eine Dimensionierung von Linern mit Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 „Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen nicht vorgesehen und zulässig ist, wurden dem Anwender mit Veröffentlichung des Merkblattes ATV-M 127-2 im Januar 2000 erstmalig Dimensionierungshilfen für Liner an die Hand gegeben, durch die seitdem Planungssicherheit hergestellt und wirtschaftliche Lösungen ermöglicht werden.

Die Berechnungen im früheren Merkblatt ATV-M 127-2 bzw. neu vorliegenden Arbeitsblatt DWA-A 143-2 werden für Standardfälle durch Beiwerttafeln unterstützt, sodass – wie im Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 gewohnt – weiterhin Handrechnungen möglich sind. Für Sonderfälle, wie nicht untersuchte Wertebereiche z. B. des E-Moduls und der Wanddicke, Partliner und andere nicht durch das Arbeitsblatt DWA-A 143-2 erfasste Bauweisen, sind gesonderte Untersuchungen erforderlich, die an die im Arbeitsblatt DWA-A 143-2 formulierten Regeln angelehnt werden können.

Folgende Besonderheiten der Linerstatik, die nicht Gegenstand des Arbeitsblattes ATV-DVWK-A 127 sind, wurden im Vorgängerdokument Merkblatt ATV-M 127-2 bereits berücksichtigt und werden in das Arbeitsblatt DWA-A 143-2 überführt:

- Imperfektionen bei der Bettung des Liners im Altrohr,
- Langzeit-Spannungsnachweise für Kunststoffliner, da der äußere Wasserdruck langfristig einwirkt,
- Kontaktdruckproblem zwischen Altrohr und Liner,
- Erforderliche nichtlineare Berechnung, da in der Regel Liner mit geringen Wanddicken und kleinen E-Moduln zur Anwendung kommen und infolge Wasserdruck hohe Längskräfte in der Linerwand auftreten,
- Schnittgrößenbeiwerte für Liner bei Altrohrzustand III.

Die Bemessungsregeln des früheren Merkblattes ATV-M 127-2 und neuen Arbeitsblattes DWA-A 143-2 gelten für die Bau- und Betriebszustände. Es werden nur Altrohr-Bodensysteme mit einer Standsicherheit  $> 1$  behandelt.

Die für die Berechnungen erforderlichen Angaben sind vom Auftraggeber zur Verfügung zu stellen, siehe auch 4.1 und Anhang G des vorliegenden Arbeitsblattes DWA-A 143-2.

Die Überarbeitung des Merkblattes ATV-M 127-2 und Überführung in eine allgemein anerkannte Regel der Technik wurde insbesondere aufgrund des Konzepts mit Teilsicherheitsfaktoren für die Einwirkungen (Lasten) und die Widerstände (Festigkeiten und Verformungskennwerte) erforderlich, das mit dem Eurocode 1 eingeführt wurde. Ein weiterer Grund war die für den Brückenbau gültige neue Regelung für den Schwerlastverkehr – neue Bezeichnung für das Schwerlastfahrzeug: Tandemsystem (Abkürzung TS) bzw. Lastmodell 1 (LM 1), siehe die Diagramme 1 bis 6 in 7.4.3.3.

### Änderungen

Gegenüber Merkblatt ATV-M 127-2 wurden folgende praxisbezogene Erweiterungen und Präzisierungen in das Arbeitsblatt DWA-A 143-2 aufgenommen:

- Erweiterung der Tabelle für die Werkstoffkennwerte und Aktualisierung (siehe Tabelle 3);
- Tabellen 18 und 19 mit Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_F$  und  $\gamma_M$  sowie Tabelle 20 mit Kombinationsbeiwerten  $\psi$  (bei Einhaltung des bisherigen Sicherheitsstandards mit dem globalen Sicherheitsbeiwert  $\gamma \cong 2,0$  für den Lastfall Wasserdruck bzw. 1,5 für die Lastkombination Erd- und Verkehrslasten);
- deutliche Unterscheidung zwischen charakteristischen Werten (Index k) und Bemessungswerten (Index d);
- Definition von unterschiedlichen Ersatzkreisen bei Eiprofilen für den Stabilitätsnachweis bei Altrohrzustand I und II sowie für den Spannungsnachweis bei Altrohrzustand III (siehe 7.8.1);
- Hinweise auf Beanspruchungen in Längsrichtung des Liners (siehe 7.5.4.2);
- Hinweise zur Anwendung von eingeführten Berechnungsmethoden wie die Finite-Elemente-Methode (siehe 7.10);
- erweiterte Angaben zum Ansatz von Imperfektionen (siehe 7.3);

- genauere Angaben zur Wahl der Exzentrizität der angenommenen Altrohrgelenke (siehe 7.5.4.3 und Tabelle 14);
- Liner für Druckrohre (siehe 7.4.2.4 und 7.6.4.3);
- Ergänzung von Beiwerten für UP-GF-Liner (siehe Anhang D und E);
- Ergänzung von Beiwerten für Eiquerschnitte (siehe Anhang D);
- untypisches Altrohr-Bruchbild (z. B. erhebliche Scherbenbildung), deutliche Korrosion, stark reduzierte Festigkeit des Altrohrs, sehr große Verformungen: Altrohrzustand IIIa (Altrohr als Kies betrachtet, Anhang K).

Aktualisierungen der Werkstoffkennwerte für im Werk hergestellte Rohre werden im vorgesehenen Arbeitsblatt DWA-A 127-10 veröffentlicht.

Die DWA-Arbeitsgruppe ES 8-16 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – Sanierungsverfahren“ bittet die Anwender des vorliegenden Arbeitsblattes um Mitteilung der Erfahrungen bei der Anwendung, da die Technik der Rohrleitungssanierung noch nicht abgeschlossen ist und neue Anwendungsbereiche, Verfahren und Werkstoffe auch neue Berechnungsverfahren bedingen können.

### Frühere Ausgaben

Merkblatt ATV-M 127-2 (01/2000)

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

Merkblatt-Nr.	Titel	Ausgabedatum
DWA-A 143-1	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen	Februar 2015
Gemeinschaftspublikation DIN EN 14654-2/ DWA-A 143-1	Gemeinschaftspublikation DIN EN 14654-2 „Management und Überwachung von betrieblichen Maßnahmen in Abwasserleitungen und -kanälen – Teil 2: Sanierung“ und DWA-A 143-1 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen“	Februar 2015
DWA-A 143-2	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren	Juli 2015
DWA-A 143-3	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner	Mai 2014
ATV-DVWK-M 143-4	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 4: Montageverfahren für begehbare Abwasserleitungen und -kanäle und Bauwerke	August 2004 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-5	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 5: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Innenmanschetten	Februar 2014
ATV-M 143-6	Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 6: Dichtheitsprüfungen bestehender erdüberschütteter Abwasserleitungen und -kanäle und Schächte mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck	Juni 1998 (in Überarbeitung zum Merkblatt DWA-M 149-6)
ATV-DVWK-M 143-7	Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen – Teil 7: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Kurzliner und Innenmanschetten	April 2003 (in Überarbeitung)
ATV-DVWK-M 143-8	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 8: Injektionsverfahren zur Abdichtung von Abwasserleitungen und -kanälen	August 2004 (in Überarbeitung)

Merkblatt-Nr.	Titel	Ausgabedatum
ATV-DVWK-M 143-9	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 9: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Wickelrohrverfahren	August 2004 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-10	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 10: Noppenschlauchverfahren für Abwasserleitungen und -kanäle	Dezember 2006
ATV-DVWK-M 143-11	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 11: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren ohne Ringraum (Close-Fit-Lining)	August 2004 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-12	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 12: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraumverfüllung – Einzelrohrverfahren	August 2008
DWA-M 143-13	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 13: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraumverfüllung – Rohrstrangverfahren	November 2011
DWA-M 143-14	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 14: Sanierungsstrategien	November 2005 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-15	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 15: Erneuerung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Berstverfahren	November 2005 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-16	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 16: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Roboterverfahren	Dezember 2006 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-17	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 17: Beschichtung von Abwasserleitungen, -kanälen und Schächten mit zementgebundenen mineralischen Mörteln	Dezember 2006 (in Überarbeitung)
DWA-M 143-18	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 18: Sanierung durch Systemwechsel zur Druck- oder Unterdruckentwässerung	April 2015
DWA-M 143-19	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 19: Statische Berechnung von sanierten Bauwerken	In Bearbeitung
DWA-M 143-20	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 20: Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen durch Flutungsverfahren	In Bearbeitung
DWA-M 144-1	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Anforderungen	In Bearbeitung
DWA-M 144-3	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Renovierung mit Schlauchliningverfahren (vor Ort härtendes Schlauchlining) für Abwasserkanäle	November 2012 aktualisierte Fassung: Juli 2015
DWA-M 149-1	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Grundlagen	In Bearbeitung
DWA-M 149-2	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion	Dezember 2013

Merkblatt-Nr.	Titel	Ausgabedatum
Gemeinschafts- publikation DIN EN 13508-2/ DWA-M 149-2	Gemeinschaftspublikation DIN EN 13508-2 „Untersuchung und Beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“ und DWA-M 149-2 „Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion“	Juli 2014
DWA-M 149-3	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Beurteilung nach optischer Inspektion	April 2015
DWA-M 149-4	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 4: Detektion von Lagerungsdefekten und Hohlräumen mittels geophysikalischer Verfahren	Juli 2008
DWA-M 149-5	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 5: Optische Inspektion	Dezember 2010
DWA-M 149-6 Entwurf	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 6: Prüfung bestehender Entwässerungssysteme mit Wasser, Luftüber- und Unterdruck	Juli 2015
DWA-M 149-7 Entwurf	Zustandserfassung und Bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 7: Beurteilung der Umweltrelevanz des baulich/betrieblichen Zustands	Dezember 2014
DWA-M 149-8	Zustandserfassung und -beurteilung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 8: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) – Optische Inspektion	September 2014

## Verfasser

Das Arbeitsblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe ES-8.16 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – Sanierungsverfahren“ im DWA-Fachausschuss ES-8 „Zustandserfassung und Sanierung“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

BECKMANN, Dietmar	Dr.-Ing., Bochum
DAVID, Frank	Dipl.-Ing., Dortmund
FALTER, Bernhard	Prof. Dr.-Ing., Münster (Sprecher)
GOLL, Jens	M. Eng., Dipl.-Ing., Rohrbach
HOCH, Albert	Prof. Dr.-Ing., Nürnberg
KRAHL, Jürgen	Dipl.-Ing., Elisabethfehn (bis 2010)
MALETZ, Markus	Dipl.-Ing., Nürnberg
RÖTHIG, Mike	Dipl.-Ing., Leipzig
WACKER, Roland	Dipl.-Ing., Auenwald
WAGNER, Volker	Prof. Dr.-Ing., Berlin
WALLMANN, Ulrich	Dipl.-Ing., Bottrop

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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



# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>Verfasser</b> .....	<b>6</b>
<b>Bilderverzeichnis</b> .....	<b>11</b>
<b>Diagrammverzeichnis</b> .....	<b>12</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>14</b>
<b>Benutzerhinweis</b> .....	<b>15</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>15</b>
<b>2 Verweisungen</b> .....	<b>15</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>17</b>
3.1 Definitionen .....	17
3.2 Symbole und Abkürzungen .....	17
<b>4 Technische Angaben</b> .....	<b>22</b>
4.1 Zustand der Altleitung, allgemein .....	22
4.2 Zustand der Altleitung aus statischer Sicht .....	22
4.2.1 Unsanierete Altleitung .....	22
4.2.2 Sanierete Altleitung .....	23
4.3 Zustand der Schächte aus statischer Sicht .....	24
4.4 Werkstoffkennwerte.....	24
4.4.1 Linerwerkstoffe .....	24
4.4.2 Werkstoffe zum Verfüllen des Ringraums .....	26
4.5 Bodenkennwerte .....	26
<b>5 Bauausführung</b> .....	<b>27</b>
5.1 Vorarbeiten .....	27
5.2 Einbauverfahren.....	27
5.2.1 Allgemeines .....	27
5.2.2 Verfahren mit Ringraumverfüllung .....	27
5.2.3 Verfahren ohne Ringraumverfüllung.....	27
5.2.4 Montageverfahren (Rohrsegment-Lining) .....	27
<b>6 Nachweise für Bauzustände</b> .....	<b>28</b>
6.1 Einziehen des Rohrstrangs .....	28
6.1.1 Werkstoffkennwerte, Beulgrenzwerte .....	28
6.1.2 Fall 1: Zwangsführung .....	28
6.1.2.1 Schnittgrößen .....	28
6.1.2.2 Spannungen .....	30
6.1.2.3 Dehnungsnachweise.....	30
6.1.3 Fall 2: Freie Auflagerung am Grubenrand .....	30
6.2 Verfüllen des Ringraums .....	31
6.2.1 Vorbemerkungen.....	31
6.2.2 Schnittgrößen und Spannungsnachweise.....	32
6.2.3 Verformungen.....	33

6.2.4	Stabilitätsnachweis .....	34
6.2.5	Abstandhalter/innere Abstützungen .....	35
6.2.6	Einfluss des Rohreinzugs in abgewinkelte Trassen .....	35
6.2.7	Abschätzung des Altrohrs gegen Verfülldruck .....	35
<b>7</b>	<b>Nachweise für Betriebszustände .....</b>	<b>36</b>
7.1	Abgrenzung für Fälle, in denen der statische Nachweis entfallen kann .....	36
7.2	Standicherheit des Altrohr-Bodensystems (Altrohrzustand II und III) .....	36
7.3	Vorverformungen (Imperfektionen) .....	37
7.3.1	Allgemeines, Geometrie .....	37
7.3.2	Größe und Verteilung der Imperfektionen .....	39
7.3.2.1	Allgemeine Festlegungen .....	39
7.3.2.2	Schlauchverfahren, Close-Fit-Verfahren, Rohrstrang-Lining, Einzelrohr-Lining, Wickelrohr-Lining ohne Ringraumverfüllung .....	39
7.3.2.3	Wickelrohr-Verfahren (Lining mit fest verankerter Kunststoffauskleidung) .....	40
7.3.2.4	Noppenbahnverfahren (Lining mit fest verankerter Kunststoffauskleidung) .....	41
7.3.3	Imperfektionen beim normalen Eiquerschnitt mit $B:H = 2:3$ .....	42
7.3.4	Imperfektionen bei sonstigen Querschnitten .....	42
7.3.5	Imperfektionen bei Querversatz (Faltenbildung) .....	44
7.3.6	Imperfektionen bei horizontaler Verschiebung von Querschnittsteilen .....	44
7.4	Berechnungsmodelle und Belastungen (Einwirkungen) .....	44
7.4.1	Abgrenzungen .....	44
7.4.2	Altrohrzustand I und II .....	45
7.4.2.1	Belastungen (Einwirkungen, Einwirkungskombinationen) .....	45
7.4.2.2	Berechnungsmodelle .....	45
7.4.2.3	Biegeweiche Altrohre .....	47
7.4.2.4	Berechnungsmodelle für den Lastfall Innendruck .....	47
7.4.3	Altrohrzustand III .....	48
7.4.3.1	Belastungen (Einwirkungen) .....	48
7.4.3.2	Berechnungsmodelle .....	49
7.4.3.3	Druckverteilung am Rohrumfang .....	51
7.4.3.3.1	Erdlasten .....	51
7.4.3.3.2	Straßenverkehrslasten .....	51
7.4.3.3.3	Eisenbahnverkehrslasten .....	56
7.4.3.3.4	Flugbetriebslasten .....	58
7.4.3.3.5	Gesamtlast, Bemessungswerte .....	59
7.4.3.4	Altrohrzustand III bei geringen Überdeckungen .....	60
7.4.3.5	Altrohrzustand III bei hohen Überdeckungen ( $h > 5$ m) .....	60
7.5	Schnittkräfte, Spannungen, Verformungen .....	60
7.5.1	Allgemeines .....	60
7.5.2	Schnittkräfte bei Vorliegen von Altrohrzustand I und II .....	60
7.5.3	Schnittkräfte bei Vorliegen von Altrohrzustand III .....	61
7.5.4	Spannungen .....	61
7.5.4.1	Linerspannungen bei Altrohrzustand I bis III .....	61
7.5.4.2	Linerspannungen in Längsrichtung (Sonderfall) .....	62
7.5.4.3	Altrohrspannungen bei Altrohrzustand II und III .....	63
7.5.5	Dehnungen .....	63
7.5.6	Verformungen (Gebrauchstauglichkeitsnachweis) .....	63
7.6	Bemessung .....	64

7.6.1	Allgemeines zum Nachweisformat mit Teilsicherheitsbeiwerten .....	64
7.6.2	Tragsicherheitsnachweis (Langzeit, ggf. auch Kurzzeit) .....	64
7.6.3	Verformungsnachweis (Langzeit) .....	65
7.6.4	Stabilitätsnachweis (Langzeit) .....	65
7.6.4.1	Allgemeines .....	65
7.6.4.2	Äußerer Wasserdruck $p_a$ , innerer Unterdruck $p_i$ .....	65
7.6.4.3	Innendruck $p_i$ , Druckstoß .....	68
7.6.4.4	Temperaturänderung $\Delta \vartheta$ .....	69
7.6.4.5	Eigenlasten .....	69
7.6.4.6	Erd- und Verkehrslasten .....	70
7.6.4.7	Interaktion .....	71
7.6.5	Ermüdungsnachweis .....	71
7.7	Fälle, für die keine Beiwerte vorliegen .....	72
7.8	Anmerkungen zu Eiquerschnitten und anderen Querschnitten .....	73
7.8.1	Ersatzkreis beim normalen Eiquerschnitt ( $B:H = 2:3$ ) .....	73
7.8.2	Andere Profile .....	73
7.9	Sonderprobleme .....	74
7.10	Nachweise mit Stabwerkmodellen und der Finite-Elemente-Methode .....	74
7.11	Nachweise für Montageverfahren (Rohrsegment-Lining) .....	74
<b>8</b>	<b>Sicherheitskonzept</b> .....	<b>74</b>
<b>Anhang A (normativ) Ermittlung der Baugrubenlänge und der Auflagerkräfte beim Einziehen/Einschieben des Rohrstrangs (Fall 2) .....</b>		
<b>76</b>		
A.1	Erläuterungen .....	76
A.1.1	Rechenmodell .....	76
A.1.2	Parameter .....	76
A.1.3	Interpolation .....	76
A.2	Diagramme zur Ermittlung der Baugrubenlänge und der Auflagerkräfte .....	77
<b>Anhang B (normativ) Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte <math>m</math> und <math>n</math> für die Beanspruchungen bei der Ringraumverfüllung .....</b>		
<b>81</b>		
<b>Anhang C (normativ) Übersichten .....</b>		
<b>82</b>		
C.1	Nachweise des Betriebszustands .....	82
C.2	Erläuterungen zu den Altrohrzuständen .....	83
<b>Anhang D (normativ) Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte <math>m_{pa}</math>, <math>n_{pa}</math> für Liner unter Wasseraußendruck <math>p_a</math> (Altrohrzustand I bis III) .....</b>		
<b>84</b>		
D.1	Erläuterungen für Kreisprofile .....	84
D.1.1	Rechenmodell des Liner-Altrohrsystems .....	84
D.1.2	Parameter für Kreisprofile .....	84
D.1.3	Interpolation von Beiwerten .....	84
D.1.4	Ablesung .....	85
D.1.5	Diagramm für UP-SF-Liner .....	85
D.1.6	Diagramm für UP-GF-Liner .....	86
D.2	Erläuterungen für Eiprofile .....	86
D.2.1	Rechenmodell des Liner-Altrohrsystems .....	86
D.2.2	Parameter .....	87
D.2.3	Interpolation von Beiwerten .....	87
D.2.4	Ablesung .....	87

D.2.5	Diagramme für UP-SF-Liner mit Eiprofil .....	88
D.2.6	Diagramme für UP-GF-Liner mit Eiprofil .....	89
<b>Anhang E (normativ) Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte <math>n_q</math>, <math>m_q</math> und elastische Verformungen <math>\delta_{v,el}</math> für Liner unter Erd- und Verkehrslasten <math>q_v</math> und <math>q_h</math> (Altrohrzustand III) .....</b>		
E.1	Erläuterungen zu Altrohrzustand III (Anhang E.2.1 und E.2.2).....	90
E.1.1	Rechenmodell des Liner-Altrohr-Bodensystems.....	90
E.1.2	Parameter .....	90
E.1.3	Interpolation von Beiwerten.....	91
E.2	Diagramme .....	92
E.2.1	Diagramme für UP-SF-Liner (Altrohrzustand III) .....	92
E.2.2	Diagramme für UP-GF-Liner (Altrohrzustand III) .....	95
<b>Anhang F (normativ) Last-Verschiebungskurven <math>q_{v,d}/E_2</math> und kritische Vertikallasten <math>q_{v,d}</math> des Altrohr-Bodensystems .....</b>		
F.1	Erläuterungen .....	98
F.2	Diagramme .....	100
<b>Anhang G (normativ) Mindestangaben für die statische Berechnung .....</b>		
<b>Anhang H (informativ) Berechnungsbeispiele für den Bauzustand Einziehen des Rohrstrangs .....</b>		
H.1	Beispiel 1 (Fall 1): Ein Liner DN 300 aus PE 80, SDR 17 (SN 8) wird am Grubenrand im Querschnitt reduziert und in ein Steinzeugrohr eingezogen.....	104
H.1.1	Gegeben: Höhendifferenz $h_G = 1,8$ m, Baugrubenlänge $l_G = 10$ m .....	104
H.1.2	Werkstoffkennwerte, Beulgrenzwerte .....	104
H.1.3	Biegemomente .....	104
H.1.4	Auflagerkräfte .....	105
H.1.5	Zugkräfte .....	105
H.1.6	Spannungen Zugkopf.....	105
H.1.7	Spannungen am Altrohr (siehe Bild 4, Position (1)) .....	105
H.1.8	Dehnungsnachweise am Altrohr (siehe Bild 4, Position (1)) .....	105
H.1.9	Dehnungsnachweise am Baugrubenrand (siehe Bild 4, Position (2)) .....	106
H.2	Beispiel 2 (Fall 2): Ein Liner DN 300 aus PE 80, SDR 17 (SN 8) wird in ein Betonrohr DN 400 über einen Stützbock am Grubenrand eingezogen .....	107
H.2.1	Gegeben: Gesamtlänge des Rohrstrangs $L = 100$ m.....	107
H.2.2	Spiel zwischen Altrohr und Liner .....	107
H.2.3	Mindestlänge der Baugrube .....	107
H.2.4	Auflagerkräfte .....	107
<b>Anhang I (informativ) Berechnungsbeispiel für den Bauzustand Verfüllen des Ringraums .....</b>		
I.1	Gegeben: Ringspalt zwischen Altrohr und Liner 25 mm.....	108
I.2	Spannungsnachweis.....	108
I.3	Querschnittswerte .....	109
I.4	Spannungen.....	109
I.5	Verformungen .....	109
I.6	Stabilitätsnachweis .....	110
<b>Anhang J (informativ) Berechnungsbeispiele für den Betriebszustand .....</b>		
<b>Anhang K (informativ) Altrohrzustand IIIa .....</b>		
K.1	Erläuterungen .....	120
K.2	Rechenmodell des Liner-Bodensystems .....	120
K.3	Parameter .....	121
K.4	Interpolation von Beiwerten, Schnittgrößen, Spannungen, Nachweise .....	121
K.5	Bodenkennwerte .....	122

K.6	Diagramme .....	123
K.6.1	Diagramme für UP-SF-Liner (Altrohrzustand IIIa).....	123
K.6.2	Diagramme für UP-GF-Liner (Altrohrzustand IIIa) .....	125
<b>Quellen und Literaturhinweise.....</b>		<b>127</b>

## Bilderverzeichnis

Bild 1:	Altrohrzustand I.....	23
Bild 2:	Altrohrzustand II.....	23
Bild 3:	Altrohrzustand III.....	23
Bild 4:	Einziehvorgang über Startbaugrube, Fall 1 (Zwangsführung).....	29
Bild 5:	Einziehvorgang über Startbaugrube, Fall 2 (freie Lagerung am Grubenrand, Spiel $\Delta h$ zwischen Liner und Altrohr).....	31
Bild 6:	Belastungssituation beim Verfüllen des Ringspalts, dargestellt ist der Fall A (Absinken) und der Lagerungsfall I (Linienlager).....	33
Bild 7:	Ringspaltgröße bei Ansatz einer Stützung des Liners durch das Altrohr.....	34
Bild 8:	Beulform zwischen vier Abstandhaltern in diagonaler Richtung .....	35
Bild 9:	Außen und innen gestützter Liner mit Maulprofil .....	35
Bild 10:	Beispiel für 3D-Modell bei singularer Stützung (Verformungen überhöht dargestellt) .....	35
Bild 11:	System und Belastung des Altrohr-Bodensystem aus Erd- und Verkehrslasten .....	36
Bild 12:	Verformter Kanalquerschnitt (Scheitelriss klaffend, Kämpferrisse innen geschlossen) .....	37
Bild 13:	a) örtliche Vorverformung $w_v$ ; b) Gelenkringvorverformung $w_{GR,v}$ ; c) Spaltbildung $w_s$ .....	38
Bild 14:	Rechteckquerschnitte: a) + b) FE-Simulation, c) Stabwerksimulation .....	38
Bild 15:	Nichtbegehbarer Betonkanal (Eiquerschnitt) mit großen Verformungen.....	39
Bild 16:	Normaler Eiquerschnitt z. B. nach DIN 4263 mit Vorverformung am rechten Kämpfer.....	42
Bild 17:	Normaler Maulquerschnitt $B:H = 2:1,5$ mit symmetrischer und unsymmetrischer Vorverformung in der Sohle.....	43
Bild 18:	Horizontale Verschiebung von Querschnittsteilen .....	44
Bild 19:	Altrohr mit Liner .....	46
Bild 20:	Klassifizierung von Linern in Druckleitungen und Zusammenhang zwischen den Technikfamilien innerhalb des Anwendungsbereichs der Norm DIN EN ISO 11295.....	47
Bild 21:	Modelle mit voller Bettung des Kreisrings.....	50
Bild 22:	Lastbild nach DIN EN 1991-2:2010-12.....	51
Bild 23:	Geringe Überdeckung .....	55
Bild 24:	Ausreichende Überdeckung.....	55
Bild 25:	Ausbreitung der vertikalen Lasten aus Eisenbahnverkehr; Definition Druckbereich und Einflussbereich..	56
Bild 26:	Bodenspannung $p$ infolge von Eisenbahnverkehrslasten .....	57
Bild 27:	Lastbilder der Bemessungsflugzeuge (BFZ).....	58
Bild 28:	Bodenspannung $p_T$ infolge von Flugzeugverkehrslasten .....	59
Bild 29:	Parabelförmige Spannungsverteilung in der Kontaktzone der Kämpferlängsrisse.....	63
Bild 30:	Gleichzeitig wirkende Erd-/Verkehrslasten und Wasseraußendruck .....	72
Bild 31:	Sohle eines Maulprofils, Geometrie, Belastung durch Wasseraußendruck, symmetrische Vorverformung (links) und unsymmetrische Vorverformung (rechts).....	73
Bild D.1:	Beispiel für die nichtlineare Interpolation der Beiwerte $m_{pa}$ .....	84
Bild D.2:	Beispiel für die nichtlineare Interpolation der Beiwerte $m_{pa}$ .....	87
Bild E.1:	Beispiel für die nichtlineare Interpolation von $m_q$ -Beiwerten: .....	91
Bild F.1:	Fallbeispiele .....	98
Bild F.2:	Ermittlung von $\delta_0$ und krit ( $q_{v,d}/E_2$ ) bei gegebenen Werten für $q_{v,d}/E_2 (= 0,020)$ und $\omega_{GR,v} (= 8 \%)$ .....	99
Bild K.1:	Altrohrzustand IIIa (erhebliche Scherbenbildung, Betongüte z. B. $\leq C8/10$ , aus Bohrkernen ermittelt, Mauerwerksfestigkeit II oder schlechter und/oder ungünstige Bodenparameter) .....	120

## Diagrammverzeichnis

Diagramm 1:	Vertikale Bodenspannungen bei Rohrlängen $L_R \leq 2$ m, Überdeckung $h < 1$ m .....	52
Diagramm 2:	Vertikale Bodenspannungen bei Rohrlängen $L_R > 2$ m und $\leq 3$ m, Überdeckung $h < 1$ m .....	52
Diagramm 3:	Vertikale Bodenspannungen $p_T$ in $\text{kN/m}^2$ für $L_R \geq 4$ m, Überdeckung $h < 1$ m .....	53
Diagramm 4:	Vertikale Bodenspannungen $p_T$ in $\text{kN/m}^2$ für $L_R = 2$ m bis 4 m, Überdeckung $h = 1$ m bis 10 m ...	53
Diagramm 5:	Horizontale Bodenspannungen, Überdeckung $h \leq 4,5$ m, $K_2 = 0,4$ .....	54
Diagramm 6:	Vertikale Bodenspannungen dyn $p_T$ für den Ermüdungsnachweis unter Straßenverkehrslasten, gültig für alle Rohrlängen .....	55
Diagramm 7:	Abminderungsfaktor $\kappa_{v,s}$ für verschiedene Werte der Gelenkringvorverformung (Ovalisierung) bei 2 % örtlicher Vorverformung und 0,5 % Ringspalt .....	66
Diagramm 8:	Abminderungsfaktor $\kappa_v$ für örtliche Vorverformung .....	67
Diagramm 9:	Abminderungsfaktor $\kappa_{GR,v}$ für Gelenkringvorverformung (Ovalisierung) .....	67
Diagramm 10:	Abminderungsfaktor $\kappa_s$ für Spaltbildung .....	68
Diagramm 11:	Kritische vertikale Belastung krit $q_{v,d}$ für UP-SF-Liner, DN 300, $e_G = 0,25 \cdot t$ .....	70
Diagramm 12:	Kritische vertikale Belastung krit $q_{v,d}$ für UP-GF-Liner, DN 300, $e_G = 0,25 \cdot t$ .....	71
Diagramm A.1:	Erforderliche Baugrubenlänge $l_G$ für PE-Rohre SDR 33 (SN 2) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	77
Diagramm A.2:	Auflagerkräfte von PE-Rohren SDR 33 (SN 2) am Altrohr ( $A_1$ ) und am Baugrubenrand ( $A_2$ ) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	77
Diagramm A.3:	Erforderliche Baugrubenlänge $l_G$ für PE-Rohre SDR 26 (SN 4) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	78
Diagramm A.4:	Auflagerkräfte von PE-Rohren SDR 26 (SN 4) am Altrohr ( $A_1$ ) und am Baugrubenrand ( $A_2$ ) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	78
Diagramm A.5:	Erforderliche Baugrubenlänge $l_G$ für PE-Rohre SDR 21 (SN 8) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	79
Diagramm A.6:	Auflagerkräfte von PE-Rohren SDR 21 (SN 8) am Altrohr ( $A_1$ ) und am Baugrubenrand ( $A_2$ ) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	79
Diagramm A.7:	Erforderliche Baugrubenlänge $l_G$ für PE-Rohre SDR 17 (SN 16) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	80
Diagramm A.8:	Auflagerkräfte von PE-Rohren SDR 17 (SN 16) am Altrohr ( $A_1$ ) und am Baugrubenrand ( $A_2$ ) beim Einziehen in ein Altrohr (Spiel $\Delta h/d_{L,a}$ ) .....	80
Diagramm D.1:	Biegemomentenbeiwerte $m_{pa}$ für UP-SF-Liner DN 300 .....	85
Diagramm D.2:	Biegemomentenbeiwerte $m_{pa}$ für UP-GF-Liner DN 300 .....	86
Diagramm D.3:	Biegemomentenbeiwerte $m_{pa}$ für UP-SF-Liner $B:H = 600:900$ in mm .....	88
Diagramm D.4:	Normalkraftbeiwerte $n_{pa}$ für UP-SF-Liner $B:H = 600:900$ in mm .....	88
Diagramm D.5:	Biegemomentenbeiwerte $m_{pa}$ für UP-GF-Liner $B:H = 600:900$ in mm .....	89
Diagramm D.6:	Normalkraftbeiwerte $n_{pa}$ für UP-GF-Liner $B:H = 600:900$ in mm .....	89
Diagramm E.1:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	92
Diagramm E.2:	Normalkraftbeiwerte $n_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	92
Diagramm E.3:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	93
Diagramm E.4:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	93
Diagramm E.5:	Normalkraftbeiwerte $n_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	94
Diagramm E.6:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 1400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	94
Diagramm E.7:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	95

Diagramm E.8:	Normalkraftbeiwerte $n_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	95
Diagramm E.9:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 3 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 2,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	96
Diagramm E.10:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	96
Diagramm E.11:	Normalkraftbeiwerte $n_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	97
Diagramm E.12:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand III; Liner $E_{L,d} = 6000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	97
Diagramm F.1:	Last-Verschiebungskurven des Viergelenkrings für Vertikallasten $q_{v,d}$ , Bodengruppe G1, $K_2 = 0,4$ .....	100
Diagramm F.2:	Kritische Vertikallasten des Viergelenkrings, Bodengruppe G1, $K_2 = 0,4$ ; Maximalwerte aus Diagramm F.1 mit $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ .....	100
Diagramm F.3:	Last-Verschiebungskurven des Viergelenkrings für Vertikallasten $q_{v,d}$ , Bodengruppe G2, $K_2 = 0,3$ .....	101
Diagramm F.4:	Kritische Vertikallasten des Viergelenkrings, Bodengruppe G2, $K_2 = 0,3$ ; Maximalwerte aus Diagramm F.3 mit $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ .....	101
Diagramm F.5:	Last-Verschiebungskurven des Viergelenkrings für Vertikallasten $q_{v,d}$ , Bodengruppe G3, $K_2 = 0,2$ ; im plastischen Bereich gültig für $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ .....	102
Diagramm F.6:	Kritische Vertikallasten des Viergelenkrings, Bodengruppe G3, $K_2 = 0,2$ ; Maximalwerte aus Diagramm F.5 mit $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ .....	102
Diagramm K.1:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 5 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 4,0 \text{ N/mm}^2$ ) .....	123
Diagramm K.2:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 5 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 4,0 \text{ N/mm}^2$ ) .....	123
Diagramm K.3:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	124
Diagramm K.4:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-SF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	124
Diagramm K.5:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 4400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 5 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 4,0 \text{ N/mm}^2$ ) .....	125
Diagramm K.6:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 4400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 5 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 4,0 \text{ N/mm}^2$ ) .....	125
Diagramm K.7:	Biegemomentenbeiwerte $m_q$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 4400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	126
Diagramm K.8:	Elastische Verformungen $\delta_{v,el}$ für UP-GF-Liner, Erd- und Verkehrslasten, Altrohr DN 300, Zustand IIIa; Liner $E_{L,d} = 4400 \text{ N/mm}^2$ ; Boden + Altrohr $E_2 = 8 \text{ N/mm}^2$ ( $S_{Bh} = 6,4 \text{ N/mm}^2$ ) .....	126

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Definition der Altrohrzustände I bis IIIa .....	24
Tabelle 2:	Auftretende Lastfälle .....	24
Tabelle 3:	Werkstoffkennwerte von Linern, charakteristische Werte .....	25
Tabelle 4:	Grensradien, maximale Dehnungen, maximale Spannungen, spannungsabhängige E-Moduln und Temperaturbeiwerte für PE-Liner (gültig für $\vartheta = 20\text{ °C}$ und PE mit $E_{\sigma=3} = 970\text{ N/mm}^2$ ).....	29
Tabelle 5:	Imperfektionen für Kreisquerschnitte in % der Linerradien .....	40
Tabelle 6:	Imperfektionen für Kreisquerschnitte in % des Linerradius beim Wickelrohrverfahren .....	40
Tabelle 7:	Imperfektionen für Kreisquerschnitte in % des Linerradius beim Noppenbahnverfahren.....	41
Tabelle 8:	Lage und Verteilung der Imperfektionen $\omega_v$ beim normalen Eiquerschnitt .....	43
Tabelle 9:	Lage und Verteilung der Imperfektionen $\omega_v$ bei sonstigen Querschnitten .....	43
Tabelle 10:	Maximale zulässige Oberflächenunregelmäßigkeiten gemäß DIN EN ISO 11296-4:2011-07.....	44
Tabelle 11:	Kriterien zur Abgrenzung der Altrohrzustände II und III .....	44
Tabelle 12:	Last-/Einwirkungskombinationen (LK) für die Altrohrzustände I und II.....	46
Tabelle 13:	Last-/Einwirkungskombinationen (LK) für Altrohrzustand III .....	48
Tabelle 14:	Wahl der Gelenkexzentrizität $e_G$ in Abhängigkeit von der Altrohrdruckzone .....	50
Tabelle 15:	Funktionen für die Programmierung von $p_T$ für Überdeckungen $h = 1\text{ m}$ bis $10\text{ m}$ .....	54
Tabelle 16:	Bodenspannungen $p$ infolge von Eisenbahnverkehrslasten .....	57
Tabelle 17:	Abminderungsfaktor $\alpha_T$ .....	72
Tabelle 18:	Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_F$ der Einwirkungen (Lasten) .....	75
Tabelle 19:	Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_M$ der Widerstände (Werkstoff, E-Modul beim Beulnachweis) .....	75
Tabelle 20:	Kombinationsbeiwerte $\psi$ .....	75
Tabelle J.1:	Eingabedaten .....	111
Tabelle J.2:	Berechnungsgang .....	114



## Benutzerhinweis

Dieses Arbeitsblatt 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 sowie allgemein anerkannt ist.

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

Dieses Arbeitsblatt 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 Arbeitsblatt aufgezeigten Spielräumen.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Arbeitsblatt gilt für die statische Berechnung von Linern und Montageverfahren mit beliebigen Querschnitten. Hinweis: Die Beiwerttafeln im Anhang sind auf Kreis- und Eiprofile beschränkt.

Linerrohre, die innerhalb von Sanierungsstrecken in offener Bauweise eingebaut werden, werden mit dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 berechnet. Für Altrohre, die durch Spritzbeton oder andere Verfahren ertüchtigt werden, sind weitere Vorschriften wie z. B. das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 (u. a. für Lastannahmen) sowie spezielle Bemessungsvorschriften (z. B. DIN EN 1992-1-1) hinzuzuziehen.

## 2 Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Arbeitsblatt teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Arbeitsblattes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN ISO 11295, Klassifizierung von Kunststoff-Rohrleitungssystemen für die Renovierung und Informationen zur Planung

DIN EN ISO 11296-1, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 1: Allgemeines

DIN EN ISO 11296-3, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 3: Close-Fit-Lining

DIN EN ISO 11296-4, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining

DIN EN ISO 11296-7, Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 7: Wickelrohr-Lining

DIN EN ISO 14130, Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der scheinbaren interlaminaren Scherfestigkeit nach dem Dreipunktverfahren mit kurzem Balken

DIN EN 476, Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserleitungen und -kanäle

DIN EN 752, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN EN 1991-1 Eurocode 1, Einwirkungen auf Tragwerke; alle Teile

DIN EN 1991-1/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke; alle Teile

DIN EN 1991-2 Eurocode 1, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken

DIN EN 1991-2/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken

DIN EN 1991-3 Eurocode 1, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

DIN EN 1991-3/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

DIN EN 1992-1 Eurocode 2, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; alle Teile