

DWA-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 127-2

Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – Teil 2: Vollwandrohre
in offener Bauweise

August 2024

Entwurf

Frist zur Stellungnahme: 31. Oktober 2024

Hinweis zur Abgabe von Stellungnahmen

Stellungnahmen im Rahmen des Beteiligungsverfahrens (Ergänzungen, Änderungen oder Einsprüche zum Entwurf einer Regelwerkspublikation, Gelbdruck) können von der DWA urheberrechtlich verwertet werden.

Mit der Abgabe einer Stellungnahme räumt die stellungnehmende Person der DWA die Nutzungsrechte an etwaigen schutzfähigen Inhalten ihrer Stellungnahme unentgeltlich zeitlich, räumlich sowie inhaltlich unbeschränkt ein. Die stellungnehmende Person wird in der Publikation nicht namentlich genannt.

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 2024

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-96862-682-6 (Print)

978-3-96862-683-3 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Arbeitsblatts darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen 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.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Arbeitsblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

1 Vorwort

2 Das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127:2000 hat sich für die statische Nachweise erdüberdeckter Abwas-
3 serleitungen und -kanäle bewährt und hat Eingang in die europäische Normenreihe DIN EN 1295 „Sta-
4 tische Berechnung von erdüberdeckten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen“
5 gefunden. Zwischenzeitlich sind weitere Anwendungsbereiche für statische Nachweise in Entwässe-
6 rungssystemen hinzugekommen bzw. sind in Bearbeitung, unter anderem für

- 7 ■ profilierte Kunststoffrohre,
- 8 ■ Sanierungssysteme,
- 9 ■ zylindrische Schächte und
- 10 ■ Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien.

11 Die Arbeits- und Merkblätter des Hauptausschusses „Entwässerungssysteme“, welche sich mit dem
12 Thema „Statische Berechnung“ befassen, werden zukünftig in der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-
13 A/M 127 mit dem Haupttitel „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen“ zusammengefasst.
14 Das im Dezember 2022 veröffentlichte Arbeitsblatt DWA-A 127-1 mit dem Titel „Grundlagen“ ist der
15 einleitende Teil.

16 Für die Themen „Straßenverkehrslasten“, „Ermüdungsnachweis bei Straßenverkehrslasten“ und
17 „Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe“ wurde im Rahmen des Beteiligungsverfahrens beschlossen,
18 eigene Arbeitsblätter zu schaffen. Die Gliederung des Arbeitsblatts DWA-A 127-1 wurde beibehalten,
19 da die neu zu erarbeitenden Arbeitsblätter zu einem späteren Zeitpunkt in das Arbeitsblatt DWA-
20 A 127-1 einfließen werden.

21 Im hier vorliegenden Teil 2 der Arbeits- und Merkblattreihe wird die statische Berechnung von erd-
22 überdeckten Abwasserleitungen und -kanälen in der offenen Bauweise beschrieben. Es kann sinnge-
23 mäß auch für andere erdüberdeckte Rohre und in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 142 für
24 Trinkwasserschutz zonen angewendet werden. In dem vorliegenden Arbeitsblatt wurden zahlreiche
25 neue Erkenntnisse verarbeitet. Die DWA bittet, Erfahrungsberichte über die praktische Anwendung
26 des Arbeitsblatts zur Verfügung zu stellen.

27 Die technischen Grundlagen zum Neubau in offener Bauweise sind in DIN EN 1610 und Arbeitsblatt
28 DWA-A 139 und zum Neubau in geschlossener Bauweise in DIN EN 12889 und Arbeitsblatt DWA-A 125
29 dargelegt. Insbesondere ist auf die dort enthaltenen Angaben zu Einbauverfahren zu verweisen. In den
30 Ausführungen des Arbeitsblatts DWA-A 127-1:2022 in 3.1.2 sind die für statische Berechnungen rele-
31 vanten Begriffe enthalten.

32 Die technischen Grundlagen zur Sanierung sind im DWA-Regelwerk enthalten. Für die statische Berech-
33 nung von Maßnahmen im Lining- und Montageverfahren gelten die Grundlagen in Arbeitsblatt DWA-
34 A 143-2. In den Ausführungen des Arbeitsblatts DWA-A 127-1:2022 in 3.1.4 sind die für statische Berech-
35 nungen relevanten Begriffe enthalten.

36 Beispielrechnungen werden nach der Veröffentlichung von Arbeitsblatt DWA-A 127-2 gesondert ver-
37 öffentlicht werden.

38 Änderungen

39 Gegenüber dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127:2000 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- 40 a) Umstrukturierung und Änderung des Arbeitsblatttitels;
- 41 b) Anpassung an die europäische Normung;
- 42 c) textliche und fachliche Anpassung an das Arbeitsblatt DWA-A 127-1;
- 43 d) Aufnahme von „Zeitweise fließfähige selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV)“;

- 1 e) Neuregelung für „Ziehen des Verbaus bei unter die Grabensohle gerammtem Spundwandverbau“;
 2 f) alternative Berechnungen mit Stabwerkmodellen und der Finite-Elemente-Methode;
 3 g) Anhang A (normativ): Abminderungsfaktoren für p_E und p_0 nach der Silotheorie;
 4 h) Anhang B (normativ): Schnittgrößenbeiwerte nach Theorie I. Ordnung;
 5 i) Anhang C (normativ): Abminderungsfaktoren für die kritischen Lasten;
 6 j) Anhang D (normativ): Schnittgrößen und Verformungen nach Theorie II. Ordnung;
 7 k) Anhang E (normativ): Mindestangaben für die statische Berechnung für Rohre bei offenem Einbau;
 8 l) Anhang F (informativ): Bemessung von erdüberdeckten Druckrohren;
 9 m) Anhang G (informativ): Hinweise zur Beanspruchung in Längsrichtung;
 10 n) Anhang G (informativ): Hinweise zur Beanspruchung in Längsrichtung;
 11 o) Anhang I (informativ): Berechnungsbeispiel für ein in ZFSV gebettetes biegesteifes Rohr;
 12 p) Anhang J (informativ): Abminderungsfaktor $\alpha_{B,V}$ für den Arbeitsraum b_A .

13 Die Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 127 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen“
 14 wird zukünftig wie folgt gegliedert:

Regelwerksnummer	Titel des Teils der Arbeits- und Merkblattreihe	Status/Bemerkung
DWA-A 127-1	Grundlagen	Dezember 2022
DWA-A 127-2 Entwurf	Vollwandrohre in offener Bauweise	Entwurf August 2024. Derzeit veröffentlicht als Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127. Das Merkblatt ATV-M 127-1 wird mit Erscheinen des Weißdrucks zum Arbeitsblatt DWA-A 127-2 zurückgezogen werden. Berechnungen können weiterhin nach Merkblatt ATV-M 127-1: 1996 in Verbindung mit Arbeitsblatt DWA-A 127-1:2022 vorgenommen werden.
DWA-M 127-3	Profilierte Kunststoffrohre in offener Bauweise	In Erarbeitung
DWA-M 127-4	Zylindrische, erdeingebaute Schächte	In Erarbeitung
DWA-A 127-5	Rohrvortrieb	Derzeit als Arbeitsblatt DWA-A 161 veröffentlicht. Bei einer zukünftigen Überarbeitung wird das Arbeitsblatt DWA-A 161 als Teil 5 der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 127 erscheinen.
DWA-A 127-6	Sanierung im Lining- und Montageverfahren	Derzeit als Arbeitsblatt DWA-A 143-2 veröffentlicht. Die zukünftige Überarbeitung wird als Teil 6 der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 127 erscheinen.
DWA-M 127-7	Sanierte Bauwerke	Vorhabensbeschreibung steht noch aus.
DWA-A 127-10	Werkstoffkennwerte	Veröffentlicht September 2020

Regelwerksnummer	Titel des Teils der Arbeits- und Merkblattreihe	Status/Bemerkung
DWA-A 127-11	Straßenverkehrslasten und zugehöriger Ermüdungsnachweis	Vorhabensbeschreibung veröffentlicht August 2022
DWA-A 127-12	Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe und daraus hergestellte Bauteile	Vorhabensbeschreibung veröffentlicht August 2022

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

6 **Frühere Ausgaben**

7 Ersetzt bei Erscheinen des Weißdrucks das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 (08/2000) und das Merkblatt
 8 ATV-M 127-1 (03/1996)

9 Arbeitsblatt ATV-A 127 (12/1988)

10 Arbeitsblatt ATV-A 127 (12/1984)

11 **DWA-Klimakennung**

12 Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung aus-
 13 gezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach
 14 erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Kli-
 15 maschutz auseinandersetzt. Das vorliegende Arbeitsblatt wurde wie folgt eingestuft:

16 **KA0** = Das Arbeitsblatt hat keinen Bezug zur Klimaanpassung

17 **KS0** = Das Arbeitsblatt hat keinen Bezug zu Klimaschutzparametern

18 Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimaken-
 19 nung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter www.dwa.info/klimakennung verfügbar ist.

Frist zur Stellungnahme

Dieses Arbeitsblatt wird bis zum

31. Oktober 2024

zur Diskussion gestellt. Für den Zeitraum des öffentlichen Beteiligungsverfahrens kann der Entwurf kostenfrei im DWA-Entwurfsportal (DWAdirekt): www.dwa.info/entwurfsportal eingesehen werden.

Dort und unter www.dwa.info/Stellungnahmen-Entwurf finden Sie eine digitale Vorlage für Ihre Stellungnahme.

Hinweis zur Abgabe von Stellungnahmen

Stellungnahmen im Rahmen des Beteiligungsverfahrens (Ergänzungen, Änderungen oder Einsprüche zum Entwurf einer Regelwerkspublikation, Gelbdruck) können von der DWA urheberrechtlich verwertet werden. Mit der Abgabe einer Stellungnahme räumt die stellungnehmende Person der DWA die Nutzungsrechte an etwaigen schutzfähigen Inhalten ihrer Stellungnahme unentgeltlich zeitlich, räumlich sowie inhaltlich unbeschränkt ein. Die stellungnehmende Person wird in der Publikation nicht namentlich genannt.

Stellungnahmen sind zu richten – vorzugsweise per E-Mail – an:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef
Team-ES@dwa.de

1 Verfasserinnen und Verfasser

2 Dieses Arbeitsblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe ES-5.5 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – offene Bauverfahren“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Entwässerungssysteme“ (HA ES) im DWA-Fachausschuss ES-5 „Bau“ erarbeitet.

5 Der DWA-Arbeitsgruppe ES-5.5 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – offene Bauverfahren“ gehören folgende Mitglieder an:

BRUNE, Peter	Dipl.-Ing., Saarbrücken (Sprecher)
HOFFMANN, Thomas	Dipl.-Ing., Döbeln (stellv. Sprecher)
ACHMUS, Martin	Univ.-Prof. Dr.-Ing., Hannover
BECKMANN, Dietmar	Dr.-Ing., Bochum
BOHLE, Ulrich	Dr.-Ing., Frechen
ENGEL, Thomas	Dipl.-Ing. (FH), Kirn
FALTER, Bernhard	Prof. Dr.-Ing., Münster
FLICK, Karl-Heinz	Bau.-Ass. Dipl.-Ing., Köln
FRANZ, Martin	Dipl.-Ing., Fronhausen (bis 2020)
HOCH, Albert	Dr.-Ing., Burgthann
KRAHL, Jürgen	Dipl.-Ing., Elisabethfehn (bis 2012)
LÜTHJE, André	Dipl.-Ing., Hamburg
MÜLLER, Hans-Georg	Dipl.-Ing., Dormagen (bis 2023)
RUPPRECHT, Joachim	Dipl.-Ing., Twist (bis 2023)
SCHMIDT, Ronny	Dipl.-Ing., Berlin
SCHMIDT-THRÖ, Gerfried	Dr.-Ing., Burghausen
SELLE, Olaf	Prof. Dr.-Ing., Leipzig
WALLMANN, Ulrich	Dipl.-Ing., Trollehagen

Als Gäste haben mitgewirkt:

GRABMANN, André	Dipl.-Ing., Essen
REDMANN, Andreas	Dipl.-Ing., Bonn
SCHADOW, Rolf	Dipl.-Ing., Essen
SIELER, Ulrich	Dipl.-Ing., Nürnberg
TECKEMEIER, Hartmut	Dipl.-Ing., Bonn

Dem DWA-Fachausschuss ES-5 „Bau“ gehören folgende Mitglieder an:

BOHLE, Ulrich	Dr.-Ing., Frechen (Obmann)
BRUNE, Peter	Dipl.-Ing., Saarbrücken (stellv. Obmann)
BRANDENBURG, Heinz	Dipl.-Ing., Köln
CARSTENSEN, Iris	Dipl.-Ing., Hamburg
FLICK, Karl-Heinz	Bauass. Dipl.-Ing., Köln
GEHLHAAR, Marko	Dipl.-Ing., Nürnberg
HOCH, Albert	Dr.-Ing., Burgthann
MALETZ, Markus	Dipl.-Ing. (FH), Nürnberg
WITTNER, Andreas	Dipl.-Ing., Wiehl
WÜRZBERG, Gerhard	Dipl.-Ing. (FH), München

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

SCHMITT, Jonas	M. Sc., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
----------------	--

1	Inhalt	
2	Vorwort	3
3	Verfasserinnen und Verfasser	7
4	Bilderverzeichnis	11
5	Tabellenverzeichnis	13
6	Hinweis für die Benutzung	14
7	1 Anwendungsbereich	14
8	2 Verweisungen	15
9	3 Abkürzungen und Formelzeichen	17
10	4 Technische Angaben	24
11	4.1 Baugrund und Bodenarten	24
12	4.2 ZFSV (Zfs-Verfüllbaustoffe)	24
13	4.2.1 Kriterien für die Bodenähnlichkeit des ZFSV (Zfs-Verfüllbaustoffs)	24
14	4.2.2 Ansätze	25
15	4.3 Rohrwerkstoffe	26
16	4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für den Bauteilwiderstand	26
17	5 Bauausführung	26
18	5.1 Allgemeines	26
19	5.2 Geeignete Bodenarten	26
20	5.3 Hinweise für den Einbau	27
21	5.3.1 Allgemeines	27
22	5.3.2 Grabenformen	27
23	5.4 Einbaubedingungen	29
24	5.5 Besonderheiten bei Einsatz von ZFSV (Zfs-Verfüllbaustoffen)	30
25	6 Einwirkungen	32
26	6.1 Allgemeines	32
27	6.2 Rohrabstand parallel liegender Leitungen	32
28	6.3 Ziehen des Verbaus bei unter die Grabensohle gerammtem Spundwandverbau	32
29	6.4 Einwirkungen beim Stufengraben	35
30	6.5 Bauzustände	36
31	7 Lastaufteilung	37
32	7.1 Umlagerung der Bodenspannungen	37
33	7.2 Maßgebende Parameter	38
34	7.2.1 Verformungsmoduln des Bodens E_1 bis E_4	38
35	7.2.2 Erddruckverhältnis K_2	41
36	7.2.3 Relative Ausladung a_r	42
37	7.3 Konzentrationsfaktoren und Steifigkeitsverhältnis	42
38	7.3.1 Allgemeines	42
39	7.3.2 Maximaler Konzentrationsfaktor $\max \lambda$	43

1	7.3.3	Konzentrationsfaktoren λ_R und λ_B	44
2	7.3.4	Ringsteifigkeit S_0	45
3	7.3.5	Steifigkeitsverhältnis V_S und Systemsteifigkeit V_{RB}	46
4	7.3.6	Einfluss der relativen Grabenbreite	49
5	7.4	Grenzwerte des Konzentrationsfaktors	50
6	7.5	Vertikale Gesamtlast	51
7	7.6	Regelungen für ZFSV	52
8	8	Druckverteilung am Rohrumfang	53
9	8.1	Verteilung der Auflast	53
10	8.2	Auflagerreaktionen (Lagerungsfälle)	53
11	8.2.1	Lagerungsfall I: Auflager im Boden	53
12	8.2.2	Lagerungsfall II: Feste Betonaufleger	53
13	8.3	Seitendruck	54
14	8.4	Wasserfüllung bis zur Innenseite des Rohrscheitels	55
15	8.5	Wasserdruck	55
16	9	Schnittgrößen, Spannungen, Dehnungen, Verformungen	56
17	9.1	Allgemeines	56
18	9.2	Schnittgrößen	56
19	9.3	Einwirkungskombinationen auf Rohre	58
20	9.4	Spannungen	59
21	9.5	Dehnungen	59
22	9.6	Verformungen	59
23	10	Nachweis der Grenzzustände	60
24	10.1	Allgemeines	60
25	10.2	Maßgebende Nachweise	60
26	10.3	Sicherheitsbeiwerte	61
27	10.3.1	Grundlage	61
28	10.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit	61
29	10.4	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Spannungs-/Dehnungsnachweis)	61
30	10.5	Standortsicherheitsnachweis von Abwasserdruckleitungen	62
31	10.6	Nachweis des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit (Verformungsnachweis)	63
32	10.6.1	Rechnerischer Nachweis	63
33	10.6.2	Vergleich von gemessenen Verformungen nach dem Einbau mit den nach 9.6 berechneten Werten	64
34			
35	10.7	Nachweis des Grenzzustands der Stabilität	64
36	10.7.1	Allgemeines	64
37	10.7.2	Vorverformung (Imperfektionen)	65
38	10.7.3	Stabilitätsnachweis mit Beul- bzw. Durchschlaglasten	66
39	10.7.3.1	Allgemeines	66
40	10.7.3.2	Vertikale Gesamtlast	66
41	10.7.3.3	Äußerer Wasserdruck	66
42	10.7.3.4	Gleichzeitig wirkende vertikale Gesamtlast und äußerer Wasserdruck	68
43	11	Nicht lineare Berechnungen	68
44	11.1	Allgemeines und Abgrenzungen	68

1	11.2	Berechnungen mit Stabwerkmodellen und der Finite-Elemente-Methode.....	69
2	11.2.1	Allgemeines.....	69
3	11.2.2	Berechnungsmodell	70
4	11.2.3	Einwirkungen und Lastkombinationen	70
5	11.2.4	Ergebnisdarstellung	70
6	11.3	Stabilitätsnachweis mit Stabwerkmodellen und der Finite-Elemente-Methode	70
7	11.4	Nicht lineare Spannungsnachweise als vereinfachte Stabilitätsnachweise	
8		(Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT).....	71
9	11.5	Nicht linearer Zusatznachweis für die Spannungen bei Abweichungen	
10		von berechneten und gemessenen Verformungen	
11		(Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT).....	73
12	11.6	Vereinfachte nicht lineare Verformungsnachweise	
13		(Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, GZG).....	74
14	12	Biegeweiche Rohre großer Nennweite	75
15	Anhang A (normativ)	Abminderungsfaktoren für p_E und p_0 nach der Silotheorie	77
16	Anhang B (normativ)	Schnittgrößenbeiwerte nach Theorie I. Ordnung.....	86
17	B.1	Kreisprofile mit Fuß.....	88
18	B.2	Eiprofile mit Fuß	89
19	Anhang C (normativ)	Abminderungsfaktoren für die kritischen Lasten.....	90
20	Anhang D (normativ)	Schnittgrößen und Verformungen nach Theorie II. Ordnung	97
21	Anhang E (normativ)	Mindestangaben für die statische Berechnung für Rohre	
22		bei offenem Einbau	101
23	Anhang F (informativ)	Bemessung von erdüberdeckten Druckrohren.....	107
24	Anhang G (informativ)	Hinweise zur Beanspruchung in Längsrichtung	108
25	G.1	Allgemeines.....	108
26	G.2	Örtliche Einwirkungen bei geringen Überdeckungen.....	108
27	G.3	Einwirkungen beim fortschreitenden Ziehen des Verbaus.....	109
28	Anhang H (informativ)	Berechnungsbeispiele	110
29	Anhang I (informativ)	Berechnungsbeispiel für ein in ZFSV gebettetes biegesteifes Rohr	110
30	Anhang J (informativ)	Abminderungsfaktor $\alpha_{B,V}$ für den Arbeitsraum b_A	113
31	Quellen und Literaturhinweise		115

1 Bilderverzeichnis

2	Bild 1:	Standardausführung / Ausführung mit Gründungsschicht bei nicht	
3		tragfähigem Untergrund.....	28
4	Bild 2:	Graben mit geböschten Wänden	28
5	Bild 3:	Stufengraben (SA Spiegelungsachse)	29
6	Bild 4:	Beispiel Spundwandprofil (mit $t_v = 310$ mm)	33
7	Bild 5:	Prinzipskizze zur Ermittlung der relativen Ausladung $a_{r,s}$ nach dem Ziehen	
8		eines unter die Grabensohle gerammten Spundwandverbaus	34
9	Bild 6:	Stufengraben	35
10	Bild 7:	Erste Spiegelung: relative Ausladung $a_{r,1}$	35
11	Bild 8:	Zweite Spiegelung: relative Ausladung $a_r \gg 1$	36
12	Bild 9:	Umlagerung der Bodenspannungen am biegesteifen Rohr bei Dammschüttung	37
13	Bild 10:	Umlagerung der Bodenspannungen am biegeweichen Rohr bei Dammschüttung ..	37
14	Bild 11:	Bezeichnung der Verformungsmoduln für die verschiedenen Bodenzonen	
15		im Graben	38
16	Bild 12:	Bezeichnung der Verformungsmoduln für die verschiedenen Bodenzonen	
17		im Damm	38
18	Bild 13:	Abminderungsfaktoren α_B für E_2	41
19	Bild 14:	Relative Ausladung a_r	42
20	Bild 15:	Konzentrationsfaktor λ für $b_0 / d_a \geq 4$ und $E_2 / E_1 = 10$	43
21	Bild 16:	Verformungsbeiwert K' bei Vernachlässigung der Normalkraft- und	
22		Querkraftverformungen	44
23	Bild 17:	Konzentrationsfaktor λ_R für $a' = 1$, $K_2 = 0,3$ und $0,5$	45
24	Bild 18:	Prinzipskizze zur Ermittlung der Ringsteifigkeit	45
25	Bild 19:	Korrekturfaktor ζ	48
26	Bild 20:	Konzentrationsfaktor der Bodenspannungen im Graben λ_{RG}	50
27	Bild 21:	Lagerungsfall I (Sand-/Kiesbettung).....	53
28	Bild 22:	Lagerungsfall II (Betonbettung)	53
29	Bild 23:	Lagerungsfall I.....	54
30	Bild 24:	Lagerungsfall II.....	54
31	Bild 25:	Vorverformung Typ A (δ_1 , links) und Typ B (δ_2 , rechts).....	65
32	Bild 26:	Durchschlagbeiwert α_D für den kritischen äußeren Wasserdruck.....	67
33	Bild 27:	Ersatzbelastung $q_h / 2$ als über d_m konstante horizontale Bodenspannung	75
34	Bild 28:	Biegelinie und Biegemomente aus dem Einbauzustand Seitenverfüllung ($h = 0$),	
35		Verformungen überhöht dargestellt	76
36	Bild 29:	Biegelinie und Biegemomente aus dem Einbauzustand Seitenverfüllung und	
37		anschließender Hauptverfüllung ($h = 3$ m).....	76
38	Bild 30:	Messung einer negativen Scheitelverformung (nach oben gerichtet)	
39		eines biegeweichen Rohrs nach der Hauptverfüllung	76
40	Bild B.1:	Lagerungsfall A: flächenförmige Lagerung des Rohrfußes	88
41	Bild B.2:	Lagerungsfall B: Lagerung unter den Seitenwänden des Querschnitts	88
42	Bild B.3:	Lagerungsfall A: flächenförmige Lagerung des Rohrfußes	89
43	Bild B.4:	Lagerungsfall B: Lagerung unter den Seitenwänden des Querschnitts	89
44	Bild C.1:	Abminderungsfaktor κ_{v2} der Beullast bei Erd-/Verkehrslasten q_v	90
45	Bild C.2:	Abminderungsfaktor κ_{s2} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
46		(zweiwellige Vorverformungen), $\delta = 1$ %.....	91

1	Bild C.3: Abminderungsfaktor κ_{s2} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
2	(zweiwellige Vorverformungen), $\delta_v = 3\%$	91
3	Bild C.4: Abminderungsfaktor κ_{s2} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
4	(zweiwellige Vorverformungen), $\delta_v = 6\%$	92
5	Bild C.5: Abminderungsfaktor κ_{s2} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
6	(zweiwellige Vorverformungen), $\delta_v = 10\%$	92
7	Bild C.6: Abminderungsfaktor κ_{s1} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
8	(einwellige Vorverformungen), $\delta_v = 1\%$	94
9	Bild C.7: Abminderungsfaktor κ_{s1} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
10	(einwellige Vorverformungen), $\delta_v = 3\%$	94
11	Bild C.8: Abminderungsfaktor κ_{s1} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
12	(einwellige Vorverformungen), $\delta_v = 6\%$	95
13	Bild C.9: Abminderungsfaktor κ_{s1} der Durchschlaglast bei äußerem Wasserdruck	
14	(einwellige Vorverformungen), $\delta_v = 10\%$	95
15	Bild D.1: Biegemomentenbeiwerte nach Theorie II. Ordnung $m_{pa}^{II.0.}$ für Wasserdruck	
16	von außen, gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 6000 \text{ N/mm}^2$ (GFK)	97
17	Bild D.2: Verformungen nach Theorie II. Ordnung $\delta_v^{II.0.}$ für Wasserdruck von außen,	
18	gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 6000 \text{ N/mm}^2$ (GFK)	98
19	Bild D.3: Biegemomentenbeiwerte nach Theorie II. Ordnung $m_{pa}^{II.0.}$ für Wasserdruck	
20	von außen, gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 1500 \text{ N/mm}^2$ (PVC-U)	98
21	Bild D.4: Verformungen nach Theorie II. Ordnung $\delta_v^{II.0.}$ für Wasserdruck von außen,	
22	gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 1500 \text{ N/mm}^2$ (PVC-U)	99
23	Bild D.5: Biegemomentenbeiwerte nach Theorie II. Ordnung $m_{pa}^{II.0.}$ für Wasserdruck	
24	von außen gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 160 \text{ N/mm}^2$ (PE)	99
25	Bild D.6: Verformungen nach Theorie II. Ordnung $\delta_v^{II.0.}$ für Wasserdruck von außen,	
26	gültig für Langzeit-E-Modul $E_{R,LT} = 160 \text{ N/mm}^2$ (PE)	100
27	Bild G.1: Verlauf der im IKT-Großversuchsstand gemessenen Rohrverformungen	
28	in Längsrichtung bei Laststellung nach DIN EN 1991-2 (Tandemsystem),	
29	Fahrbahn: Bauklassen III und V	109
30	Bild G.2: Längsspannungen in Rohren von $L_R = 1 \text{ m}$ und 2 m Länge beim Ziehen	
31	des Verbaus, Berechnungsmodell: Kragbalken mit einer freien Länge	
32	$L_R / 2$ und 100 kN/m^2 Auflast	110
33	Bild J.1: Arbeitsraumbreite zur Ermittlung des Abminderungsfaktors $\alpha_{B,V}$ für $E_{2,0}$	113
34	Bild J.2: Abminderungsfaktor $\alpha_{B,V}$ für $E_{2,0}$ bei Einbettungsbedingung B1 und $t_v = 0,1 \text{ m}$	114
35	Bild J.3: Abminderungsfaktor $\alpha_{B,V}$ für $E_{2,0}$ bei Einbettungsbedingung B2 und $t_v = 0,1 \text{ m}$	114
36	Bild J.4: Abminderungsfaktor $\alpha_{B,V}$ für $E_{2,0}$ bei Einbettungsbedingung B3 und $t_v = 0,1 \text{ m}$	115

1 Tabellenverzeichnis

2	Tabelle 1:	Im Arbeitsblatt verwendete Abkürzungen und Formelzeichen.....	17
3	Tabelle 2:	Im Arbeitsblatt verwendete Indizes	23
4	Tabelle 3:	Erforderliche Angaben des Herstellers zum ZFSV	25
5	Tabelle 4:	Überschüttungsbedingungen	29
6	Tabelle 5:	Einbettungsbedingungen.....	30
7	Tabelle 6:	Verformungsmoduln des Bodens	38
8	Tabelle 7:	Verformungsmoduln E_1 und $E_{2,0}$ in Abhängigkeit von der Einbaubedingung	39
9	Tabelle 8:	Parameter α_{B1} für $b_6/d_6 = 1$ zur Ermittlung des Abminderungsfaktors α_B	40
10	Tabelle 9:	Erddruckverhältnis K_2	41
11	Tabelle 10:	Verformungsbeiwerte für Biegemomente.....	49
12	Tabelle 11:	Verformungsbeiwerte für Normalkräfte	49
13	Tabelle 12:	Verformungsbeiwerte für Querkräfte	49
14	Tabelle 13:	Erddruckbeiwerte für ZFSV (Endzustand)	52
15	Tabelle 14:	Einwirkungskombinationen.....	58
16	Tabelle 15:	Zu führende Nachweise	60
17	Tabelle 16:	Zulässige Verformungen beim Langzeitnachweis von biegeweichen Rohren	63
18	Tabelle A.1:	Tabelle der Beiwerte κ für Bodenspannungen im Graben	
19		(Silotheorie), Überschüttungsbedingungen A0	77
20	Tabelle A.2:	Tabelle der Beiwerte κ für Bodenspannungen im Graben	
21		(Silotheorie) Überschüttungsbedingungen A1	78
22	Tabelle A.3:	Tabelle der Beiwerte κ für Bodenspannung im Graben	
23		(Silotheorie), Überschüttungsbedingungen A2	80
24	Tabelle A.4:	Tabelle der Beiwerte κ_0 für flächenförmig verteilte Einwirkungen	
25		(Silotheorie), Überschüttungsbedingen A0.....	81
26	Tabelle A.5:	Tabelle der Beiwerte κ_0 für flächenförmig verteilte Einwirkungen	
27		(Silotheorie), Überschüttungsbedingungen A1	83
28	Tabelle A.6:	Tabelle der Beiwerte κ_0 für flächenförmig verteilte Einwirkungen	
29		(Silotheorie), Überschüttungsbedingungen A2	84
30	Tabelle B.1:	Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte für Kreisquerschnitte	
31		(Lagerungsfall I: Sand-/Kiesbettung)	86
32	Tabelle B.2:	Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte für Kreisquerschnitte	
33		(Lagerungsfall II: Betonbettung, Ausführung siehe	
34		Arbeitsblatt DWA-A 139:2019).....	87
35	Tabelle B.3:	Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte für Betonrohre	
36		mit Kreisquerschnitt und Fuß, (KF)	88
37	Tabelle B.4:	Biegemomenten- und Normalkraftbeiwerte für Betonrohre mit	
38		Eiwerschnitt und Fuß (EF)	89
39	Tabelle C.1:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.1)	90
40	Tabelle C.2:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.2), $\delta_v = 1 \%$	93
41	Tabelle C.3:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.2), $\delta_v = 3 \%$	93
42	Tabelle C.4:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.2), $\delta_v = 6 \%$	93
43	Tabelle C.5:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.2), $\delta_v = 10 \%$	93
44	Tabelle C.6:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.3), $\delta_v = 1 \%$	96
45	Tabelle C.7:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.3), $\delta_v = 3 \%$	96
46	Tabelle C.8:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.3), $\delta_v = 6 \%$	96
47	Tabelle C.9:	Faktoren für die Näherungsgleichung (C.3), $\delta_v = 10 \%$	96

Hinweis für die Benutzung

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 ein Arbeitsblatt besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig sowie allgemein anerkannt ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Arbeitsblatts 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.

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 Arbeitsblatt gilt für die statische Berechnung von erdüberdeckten Abwasserleitungen und -kanälen in offener Bauweise. Es kann sinngemäß für andere erdüberdeckte Rohre angewendet werden. Bei Bedingungen, im Grenzbereich dieses Arbeitsblatts DWA-A 127-2 – zum Beispiel sehr großen und geringen Überdeckungen, sehr großen Querschnitten, Hanglagen – sind besondere Überlegungen erforderlich, die Abweichungen von diesem Arbeitsblatt begründen können. Das gilt auch für Sonderausführungen, zum Beispiel für Vortriebsrohre¹⁾, instabilen Untergrund und aufgeständerte Leitungen. Dieses Arbeitsblatt gilt auch für erdüberdeckte Abwasserleitungen und -kanäle in Trinkwasserschutz-zonen. Dabei muss zusätzlich das Arbeitsblatt DWA-A 142 berücksichtigt werden.

Dieses Arbeitsblatt gilt nur für Vollwandrohre. Für profilierte Kunststoffrohre ist das zukünftige Merkblatt DWA-M 127-3 vorgesehen.

In dem Arbeitsblatt wird ein dem heutigen Wissensstand entsprechendes Berechnungsverfahren dargestellt, mit dem Rohre verschiedener Steifigkeiten, Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen berechnet werden können. Dabei werden die Beanspruchungen gegenüber älteren Berechnungsverfahren genauer erfasst. Voraussetzungen für die Gültigkeit des Berechnungsverfahrens und für die rechnerische Sicherheit sind die genormten Werkstoffeigenschaften – gesichert durch Werkstoff-Überwachung – sowie die Bauausführung nach DIN EN 1610 und Arbeitsblatt DWA-A 139 – gesichert durch die Bauüberwachung.

Das Arbeitsblatt gestattet die Auswahl verschiedener Parameter. Die angegebenen Werkstoffkennwerte (siehe Arbeitsblatt DWA-A 127-10) und Bodenkennwerte (siehe Arbeitsblatt DWA-A 127-1) sind so auf das Rechenverfahren abgestimmt, dass eine gute Übereinstimmung mit Ergebnissen von Bauteilversuchen vorhanden ist. Da in der Praxis häufig keine genauen Angaben über Bodenarten und Einbaubedingungen vorliegen, liegt die Wahl der Berechnungsannahmen im Ermessen der für die Planung zuständigen Fachleute. Das Arbeitsblatt kann dazu nur Hinweise und Anhaltspunkte für den

1) Siehe Arbeitsblatt DWA-A 161 „Statische Berechnung von Vortriebsrohren“.

Statische Berechnungen für Leitungen, Kanäle und Bauwerke werden seit über 30 Jahren durch technische Regelwerke gelenkt und weiterentwickelt. Zwischenzeitlich sind neue Anwendungsbereiche für statische Nachweise in Entwässerungssystemen hinzugekommen, unter anderem für profilierte Kunststoffrohre, Sanierungssysteme, Schächte und Deponiesickerleitungen. Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, werden im DWA-Regelwerk zukünftig alle Arbeits- und Merkblätter, die sich mit dem Thema „Statische Berechnung“ befassen, in der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 127 unter dem neuen Haupttitel „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen“ zusammen- und fortgeführt.

Das Arbeitsblatt DWA-A 127-2 ist das Nachfolgedokument des Arbeitsblatts ATV-DVWK-A 127 (08/2000). Es beschreibt die statische Berechnung von erdüberdeckten Abwasserleitungen und -kanälen in der offenen Bauweise und gilt nur für Vollwandrohre. In dem Arbeitsblatt wird ein dem heutigen Wissensstand entsprechendes Berechnungsverfahren dargestellt, mit dem Rohre verschiedener Steifigkeiten, Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen berechnet werden können. Dabei werden die Beanspruchungen gegenüber älteren Berechnungsverfahren genauer erfasst. Das Arbeitsblatt DWA-A 127-2 kann sinngemäß auch für andere erdüberdeckte Rohre und in Verbindung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 142 für Trinkwasserschutz zonen angewendet werden.

Zielgruppe des Arbeitsblatts sind die mit der statischen Berechnung von Abwasserleitungen und -kanälen und Planung von Baumaßnahmen befassten Fachleute in Kommunen, Verbänden, Planungsbüros und Behörden.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-682-6 (Print)
978-3-96862-683-3 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 · info@dwa.de · www.dwa.de