

Jetzt
kaufen auf
shop.wvgw.de

Als Print oder
PDF-Download

Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e.V.



REGELWERK

www.dvgw-regelwerk.de

Technische Regel – Arbeitsblatt **DVGW GW 312 (A)** März 2014

Statische Berechnung von Vortriebsrohren

GAS

WASSER

Inhaltlich überprüft und bestätigt

April 2021

Der DVGW mit seinen rund 14.000 Mitgliedern ist der technisch-wissenschaftliche Verein im Gas- und Wasserfach, der seit mehr als 160 Jahren die technischen Standards für eine sichere und zuverlässige Gas- und Wasserversorgung setzt, aktiv den Gedanken- und Informationsaustausch in den Bereichen Gas und Wasser anstößt und durch praxisrelevante Hilfestellungen die Weiterentwicklung im Fach motiviert und fördert.

Der DVGW ist wirtschaftlich unabhängig, politisch neutral und dem Gemeinwohl verpflichtet.

Das DVGW-Regelwerk ist ein zentrales Instrument zur Erfüllung des satzungsgemäßen Zwecks und der Aufgaben des DVGW. Auf Basis der gesetzlichen Bestimmungen werden im DVGW-Regelwerk insbesondere sicherheitstechnische, hygienische, umweltschutzbezogene, gebrauchstauglichkeitsbezogene, verbraucher-schutzbezogene und organisatorische Anforderungen an die Versorgung und Verwendung von Gas und Wasser definiert. Mit seinem Regelwerk entspricht der DVGW der Eigenverantwortung, die der Gesetzgeber der Versorgungswirtschaft zugewiesen hat – für technische Sicherheit, Hygiene, Umwelt- und Verbraucherschutz.

Benutzerhinweis

Mit dem DVGW-Regelwerk sind folgende Grundsätze verbunden:

- Das DVGW-Regelwerk ist das Ergebnis ehrenamtlicher Tätigkeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (DVGW-Satzung, Geschäftsordnung GW 100) erarbeitet worden ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.
- Das DVGW-Regelwerk steht jedermann zur Anwendung frei. Eine Pflicht kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, einem Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.
- Durch das Anwenden des DVGW-Regelwerkes entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Wer es anwendet, hat für die richtige Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen.
- Das DVGW-Regelwerk ist nicht die einzige, sondern eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Es kann nicht alle möglichen Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können.

ISSN 0176-3512

Preisgruppe: 6

© DVGW, Bonn, April 2021

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3
D-53123 Bonn

Telefon: +49 228 9188-5
Telefax: +49 228 9188-990
E-Mail: info@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de

Jede Art der urheberrechtlichen Verwertung und öffentlichen Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Bonn, gestattet.

Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn
Telefon: +49 228 9191-40 · Telefax: +49 228 9191-499
E-Mail: info@wvgw.de · Internet: shop.wvgw.de
Art. Nr.: 308930 W

Das DVGW-Arbeitsblatt GW 312 ist inhaltsgleich auch als DWA-Arbeitsblatt 161 veröffentlicht.

Inhalt

Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen	12
3.1 Begriffe	16
3.1.1 Einwirkungen (siehe auch DIN EN 1990).....	16
3.1.1.1 Direkte Einwirkung.....	16
3.1.1.2 Indirekte Einwirkung	16
3.1.1.3 Statische Einwirkung	16
3.1.1.4 Veränderliche Einwirkung	16
3.1.1.5 Kombination von Einwirkungen (Einwirkungskombination)	16
3.1.2 Führungskräfte	17
3.1.3 Belastungszustand	17
3.1.4 Gradienten	17
3.1.5 Trasse.....	17
3.1.6 Trassierung	17
3.1.7 Überschnitt.....	17
3.2 Symbole, Einheiten und Abkürzungen	17
4 Technische Angaben	30
4.1 Einbaubedingungen.....	30
4.2 Baugrunduntersuchungen	30
4.3 Bodenarten	31
4.4 Bodenkennwerte.....	31
4.5 Rohrwerkstoffe	35
4.6 Teilsicherheitsbeiwerte für den Bauteilwiderstand der Rohrwerkstoffe	35
4.7 Druckübertragungsring	35
4.7.1 Druckübertragungsring aus Holz	35
4.7.2 Druckübertragungsringe aus anderen Werkstoffen	36
5 Bauausführung	37
6 Einwirkungen auf die Vortriebsrohre	37
6.1 Einwirkungskombinationen auf Rohre.....	37

6.2	Einwirkungen quer zur Rohrachse.....	40
6.2.1	Erdlast und gleichmäßig verteilte Last auf der Geländeoberfläche	40
6.2.1.1	Allgemeines	40
6.2.1.2	Abminderung der Auflast durch Gewölbebildung.....	41
6.2.1.3	Ausschluss der Abminderung.....	43
6.2.1.4	Erhöhung der Einwirkung aus Erdlast.....	43
6.2.2	Seitlicher Erddruck	43
6.2.3	Verkehrslasten	46
6.2.3.1	Allgemeines	46
6.2.3.2	Straßenverkehrslasten.....	47
6.2.3.3	Eisenbahnverkehrslasten.....	49
6.2.3.4	Flugzeugverkehrslasten.....	51
6.2.3.5	Lasten aus Spezialfahrzeugen	52
6.2.4	Begrenzte Flächenlasten	53
6.2.5	Eigengewicht.....	53
6.2.6	Wasserfüllung bis Rohrscheitel	53
6.2.7	Innerer Überdruck	53
6.2.8	Äußerer Wasserdruck.....	53
6.2.9	Gleit- und Stützmitteldruck.....	53
6.2.10	Ringspaltverpressung	53
6.2.11	Druckluft	54
6.3	Einwirkungen längs der Rohrachse durch Vorpresskraft	54
6.3.1	Allgemeines	54
6.3.2	Übertragung von Längskräften	54
6.3.3	Übertragung von Querkräften.....	55
6.4	Einwirkungen längs der Rohrachse durch Zugkraft	55
6.5	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	55
7	Schnittkräfte aus Einwirkungen quer zur Rohrachse	56
7.1	Allgemeines	56
7.2	Schnittkräfte	56
7.2.1	Vertikale Bodenspannungen q_{EV} aus Erdüberdeckung während des Vortriebes	56
7.2.2	Vertikale Bodenspannungen q_{EV} aus Erdüberdeckung nach dem Vortrieb	57
7.2.3	Vertikale Bodenspannungen p_T aus Verkehr.....	57
7.2.4	Horizontale Bodenspannungen p_{Th} aus Verkehr	58
7.2.5	Horizontale Bodenspannungen q_{0h} aus Erdüberdeckung während des Vortriebes	59
7.2.6	Horizontale Bodenspannungen q_{Eh} aus Erdüberdeckung nach dem Vortrieb	59
7.2.7	Eigenlast.....	59
7.2.8	Wasserfüllung bis Rohrscheitel	60
7.2.9	Auftrieb	60
7.2.10	Schnittkräfte aus Wasserdruck.....	60
7.2.11	Bettungsreaktionsdruck	60
7.3	Mindestschnittgrößen zur Berücksichtigung von Beanspruchungen aus Führungskräften	61
8	Annahmen zu Einwirkungen quer zur Rohrachse bei Vortrieb im Festgestein	62
8.1	Allgemeines	62
8.2	Erdlast	62
8.2.1	Vortrieb mit Auflagerung im Festgestein und Überlagerung mit Lockerboden.....	62
8.2.2	Vortrieb vollständig im Festgestein.....	63
8.3	Verformungsmodul	63
8.4	Seitendruckbeiwert	64

8.5	Auflagerwinkel	64
9	Bemessung quer zur Rohrachse	66
9.1	Allgemeines	66
9.2	Erforderliche Nachweise	66
9.3	Bauteilnachweise	67
9.3.1	Mindestwanddicken	67
9.3.2	Mindestbewehrung	68
9.4	Stand sicherheitsnachweise	68
9.4.1	Allgemeines	68
9.4.2	Verformungsnachweis	69
9.4.3	Spannungs-Dehnungsnachweise quer zur Rohrachse	70
9.4.3.1	Allgemeines	70
9.4.3.2	Stahlbeton	71
9.4.3.3	Steinzeug	72
9.4.3.4	UP-GF	72
9.4.3.5	Stahl und duktilen Gusseisen	73
9.4.4	Stabilitätsnachweis	74
9.4.4.1	Allgemeines	74
9.4.4.2	Nachweis bei vollständiger Bettung des Rohres	74
9.4.4.3	Nachweis ohne Bettung des Rohres	76
9.4.5	Ermüdungsnachweis unter nicht vorwiegend ruhender Belastung	77
9.4.5.1	Allgemeines	77
9.4.5.2	Ermüdungsnachweis bei Stahlbeton-, Beton-, UP-GF-, Guss- und Steinzeugrohren	79
9.4.5.3	Ermüdungsnachweis bei Stahlrohren	80
9.4.6	Druckrohre	80
10	Berechnung längs der Rohrachse	82
10.1	Führungskräfte	82
10.2	Grundsätzliches zur Berechnung	82
10.3	Druckkraftübertragung	82
10.4	Druck- und zugkraftschlüssige Rohrverbindungen	93
10.5	Zugkraftschlüssige Rohrverbindungen	93
11	Interaktionsnachweise	93
12	Beulnachweise für Beanspruchungen in axialer Richtung	94
12.1	Stahlrohre	94
12.2	Kunststoffrohre (GFK und Thermoplaste)	96
Anhang A (normativ) – Werkstoffkennwerte (charakteristische Werte) für Rohre		98
Anhang B (informativ) – Mindestangaben für die statische Berechnung von Vortriebsrohren		102
Anhang C (normativ) – Standardprüfung zur Bestimmung des rechnerischen Materialkennwertes E_{cal} von Druckübertragungsrings aus Holz und Holzwerkstoffen		107
Anhang D (informativ) – Baugrund		109
D.1	Klassifikation der Lockergesteine – Bodenklassifizierung; Gruppeneinteilung der Böden für bautechnische Zwecke (nach DIN 18196)	109

D.2	Geotechnischer Bericht – Anforderungen an einen geotechnischen Bericht (Baugrundgutachten) für die Bemessung von Vortriebsrohren.....	111
D.2.1	Mindestangaben.....	111
D.2.2	Vollständige Angaben.....	111
D.2.3	Angaben für ein Vortriebsrohr im Festgestein.....	112
Anhang E (informativ) – Zugkräfte, Biegeradien und Abwinkelbarkeiten		113
Anhang F (informativ) – Lastausbreitungsmodell für LM1		118
Quellen und Literaturhinweise		120

Vorwort

Mit der zweiten Auflage dieses Arbeitsblattes, das inhaltsgleich auch als DWA-Arbeitsblatt A 161 veröffentlicht ist, geben die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) und der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) Empfehlungen für die Aufstellung der statischen Berechnung von Vortriebsrohren. Für Rohre, die in offener Bauweise eingebaut werden, wird auf die einschlägigen Normen und Regeln (z. B. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127) verwiesen.

Die in der Praxis bisher angewendeten bodenmechanischen Modell-Vorstellungen wurden überprüft und dem derzeitigen Erkenntnisstand angepasst. Daraus ergaben sich neue Belastungsmodelle und deren Auswirkungen auf die Berechnung der Vortriebsrohre. Es konnten jedoch nicht alle möglichen Sonderfälle erfasst werden, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sind.

Seit Erscheinen der ersten Auflage vom Januar 1990 sind wesentliche Fortschritte im grabenlosen Einbau von Rohrleitungen zu verzeichnen, die ihren Niederschlag in der Neufassung des Arbeitsblattes DVGW GW 304/DWA-A 125 anlässlich DIN EN 12889 gefunden haben. Die dort definierten steuerbaren und nichtsteuerbaren Vortriebsverfahren erfordern bei der statischen Berechnung von Rohren aus verschiedenartigen Werkstoffen eine differenzierte Betrachtungsweise, die auch bodenmechanische Fragen berührt.

Darüber hinaus wurden die Kennwerte dieses Arbeitsblattes im Verlauf mehrerer Jahre auf Basis von Normen und anderen Quellen gewonnen, die inzwischen z. T. fortgeschrieben oder anderweitig ersetzt worden sind. Dies ist bei eventuellen Recherchen zu den Grundlagen der Kennwerte und Berechnungsmethoden zu berücksichtigen. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, die besonderen Umstände des Einzelfalls, wesentliche Änderungen in Normung und Technik sowie aktuellere Erkenntnisse angemessen zu berücksichtigen.

Änderungen

Gegenüber Merkblatt DVGW GW 312:1990-01 bzw. Arbeitsblatt ATV-A 161:1990-01 wurden insbesondere folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Als Rohrwerkstoffe wurden zusätzlich Kunststoffe aufgenommen.
- b) Für die in Arbeitsblatt DVGW GW 304/DWA-A 125 genannten steuerbaren und nichtsteuerbaren Verfahren wurden die maßgebenden Belastungszustände (Einwirkungen) detailliert angegeben.
- c) Die Ermittlung von Bodenkennwerten für Locker- und Festgestein wurde überarbeitet. Für die Anpassung der Bodenkennwerte eines geotechnischen Berichtes an die spezielle Situation des Vortriebes werden Faktoren als Richtwerte angegeben. Die Bodenkennwerte sowie die bodenmechanischen

Kenngößen, mit denen die Erdlast weiterhin nach dem Silomodell ermittelt wird, werden in Abhängigkeiten von der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der Böden als Richtwerte angegeben.

- d) Bei der Beschreibung der Belastungsfälle erfolgte eine Anpassung an das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127.
- e) Die Mindestschnittkraftbemessung zur Berücksichtigung von Führungskräften (bisher nur für den geradlinigen Vortrieb geregelt) wurde für Kurvenfahrten ergänzt.
- f) Es wurden zusätzlich Mindestwerte für Wanddicken/Radius-Verhältnisse angegeben.
- g) Für die zulässigen Axialkräfte beim Vortrieb wurden die Gleichungen auch für gekrümmte Trassen entwickelt, die Steuerbewegungen sowie zulässige Toleranzen für die Rechtwinkligkeit der Stirnflächen der Rohre berücksichtigen.
- h) Für die Druckübertragungsringe wurden Empfehlungen zur Ermittlung des Druckspannungs-Stauchungsverhaltens unter zyklischer Belastung sowie Anhaltswerte für die E-Moduln der Druckübertragungsringe angegeben.
- i) Für Vortriebsrohre im Festgestein und Übergangsbereich (Lockergestein/Festgestein) wurden Angaben für Belastungen quer zur Rohrachse und für das Auflager des Rohres gemacht.
- j) Punktlasten können je nach Bodenart oder Einbauverfahren auftreten. Für Punktlasten wurden keine konkreten Annahmen, mechanische Modelle und Einwirkungen angegeben, hierzu sollten bei Bedarf besondere Überlegungen angestellt werden.
- k) Für fluidgefüllte Druckübertragungsringe wurden die erforderlichen Nachweise zusammengestellt.
- l) Die Stabilitätsnachweise in der Querrichtung der Rohre wurden mit Vereinfachungen den Festlegungen in Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 angepasst und durch den Nachweis in axialer Richtung ergänzt.
- m) Der Nachweis der Vergleichsspannungen wurde für anisotrope Werkstoffe mit unterschiedlichen Zug- und Druckfestigkeiten erweitert.
- n) Die Bemessungstabellen für Stahlrohre wurden nicht beibehalten.
- o) Die Nachweise gegen Ermüdung unter nicht vorwiegend ruhenden Lasten wurden überarbeitet.
- p) Druck- und zugkraftschlüssige Verbindungen wurden aufgenommen.
- q) Das Arbeitsblatt wurde auf das Teilsicherheitskonzept umgestellt.
- r) Bei Verkehrslasten wurde der horizontale Anteil berücksichtigt.
- s) Für die Straßenverkehrslasten wurde der DIN-Fachbericht 101 zugrunde gelegt. Die bisherigen Straßenverkehrslasten SLW60, SLW30 und LKW12 entfallen.
- t) Für die Eisenbahnverkehrslasten (LM 71) wurden dynamische Stoßbeiwerte nach dem DIN-Fachbericht 101 angegeben.

u) Beim Ermüdungsnachweis unter nicht vorwiegend ruhender Belastung darf der dynamische Spannungsanteil unter Berücksichtigung des horizontalen Erddruckes aus Verkehr berechnet werden. Die zulässige Schwingbreite $2\sigma_A$ muss für jeden Werkstoff mithilfe von Wöhler-Kurven ermittelt werden. Bei Eisenbahnverkehrslasten muss die zulässige Schwingbreite $2\sigma_A$ für 1×10^8 Lastwechsel und bei den anderen Verkehrslasten für 2×10^6 Lastwechsel bestimmt werden.

Die DWA-Arbeitsgruppe ES-5.5 „Statische Berechnung von Entwässerungsanlagen – offene Bauverfahren“ erarbeitet derzeit ein eigenständiges Arbeitsblatt DWA-A 127-10, in dem Kennwerte der Rohrwerkstoffe zur statischen Berechnung von Abwasserleitungen und -kanälen festgeschrieben werden. Bis zum Erscheinen dieses Arbeitsblattes bleibt der Anhang A dieses Arbeitsblattes gültig. Der Anwender dieses Arbeitsblattes muss – bis zum Erscheinen des Arbeitsblattes DWA-A 127-10 – im Einzelfall prüfen, ob die angegebenen Werkstoffkennwerte zutreffend sind.

Rechenbeispiele zum Arbeitsblatt können von der Homepage der DWA geladen werden.

Frühere Ausgaben

DVGW GW 312:1990-01 (ATV-A 161:1990-01)