

Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen

Teil 1: Allgemeine Anforderungen
Deutsche Fassung EN 1295-1 : 1997

DIN

EN 1295-1

ICS 23.040.01

Deskriptoren: Rohrleitung, erdverlegt, Statik, Wasserrohrleitung, Berechnung

Structural design of buried pipelines under various conditions of loading –

Part 1: General requirements;

German version EN 1295-1 : 1997

Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge – Partie 1: Prescriptions générales;

Version allemande EN 1295-1 : 1997

Die Europäische Norm EN 1295-1 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee TC 165 "Abwassertechnik" (Federführung; Sekretariat: Deutschland) und vom Technischen Komitee TC 164 "Wasserversorgung" (Sekretariat: Frankreich) in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe (JWG 1) ausgearbeitet.

Für Deutschland war der Arbeitsausschuß NAW V 34 "Rohrverlegung/Rohrstatik (CEN/TC 165/WG 10/TG 2; CEN/TC 164/TC 165/JWG 1)" des Normenausschusses Wasserwesen (NAW) an der Bearbeitung beteiligt.

Fortsetzung 27 Seiten EN

Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

ICS 23.040.01

Deskriptoren: Sanierung, Wasserversorgung, Abwasserableitung, Wasserrohr, unterirdisches Rohr, Druckrohrleitung, Abwasser, Rechnen, Festigkeit, Belastung

Deutsche Fassung

**Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen
unter verschiedenen Belastungsbedingungen**

Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Structural design of buried pipelines under various
conditions of loading – Part 1: General requirements

Calcul de résistance mécanique des canalisations
enterrées sous diverses conditions de charge –
Partie 1: Prescriptions générales

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1997-06-29 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	6.3 Einfluß des Innendrucks auf die Verformung	7
0 Einleitung	3	6.4 Beulen von Druckrohren	7
1 Anwendungsbereich	3	6.5 Schub- und Längskräfte	8
2 Normative Verweisungen	4	7 Einfluß von Bauverfahren	8
3 Definitionen	4	7.1 Allgemeines	8
3.1 Begriffe für die Verlegung	4	7.2 Grabenaushub	8
3.2 Begriffe für die Berechnung	5	7.3 Rohrbettung	8
4 Anforderungen	5	7.4 Verfüllung	8
5 Berechnungsgrundlagen	6	8 Berechnungskonzepte und Sicherheitsfaktoren	9
5.1 Allgemeines	6	Anhang A (informativ) Rohrklassifizierung nach dem Querschnittsverhalten	10
5.2 Äußere Lasten	6	Anhang B (informativ) National eingeführte Berechnungsverfahren	11
5.3 Grenzzustände	6	B.1 Bezeichnung der Verfahren und Anschriften der Bezugsquellen	11
5.4 Beanspruchungen in Längsrichtung	6	B.2 Verfahrensbeschreibung	16
6 Zusätzliche Überlegungen bei Druckrohrleitungen	7		
6.1 Allgemeines	7		
6.2 Spannungen und Dehnungen infolge gleichzeitig wirkender Belastungen	7		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 "Abwassertechnik" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 1998 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Diese Norm soll zusammen mit den Produktnormen für Rohre aus verschiedenen Werkstoffen für die Wasserwirtschaft verwendet werden.

Diese Norm umfaßt zwei Teile:

Teil 1 Allgemeine Anforderungen: enthält Anforderungen an die statische Berechnung von Rohrleitungen sowie die Grundlagen national eingeführter Berechnungsverfahren;

Teil 2 Zusammenstellung national eingeführter Berechnungsverfahren: enthält einen Überblick über diese Verfahren, der durch die Länder erstellt worden ist, in denen diese Verfahren angewendet werden.

0 Einleitung

Die statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen stellt ein weitreichendes und komplexes technisches Fachgebiet dar, das in zahlreichen Ländern über viele Jahre hinweg Gegenstand umfassender Studien und Forschungsarbeiten war.

Obwohl es zahlreiche Gemeinsamkeiten zwischen den Berechnungsverfahren gibt, die in den einzelnen CEN-Mitgliedsländern entwickelt und eingeführt worden sind, bestehen auch Unterschiede, die Einflüsse wie geologische und klimatische Abweichungen sowie unterschiedliche Verlege- und Arbeitsverfahren widerspiegeln.

Angesichts dieser Unterschiede und der erforderlichen Zeit zur Entwicklung eines gemeinsamen Berechnungsverfahrens, das die verschiedenen Überlegungen in den jeweiligen nationalen Verfahren widerspiegeln würde, wurde bei der Erarbeitung dieser Europäischen Norm ein zweistufiger Ansatz gewählt.

Entsprechend diesem zweistufigen Ansatz hat die Gemeinsame Arbeitsgruppe in ihrer ersten Sitzung beschlossen, "zunächst eine Europäische Norm zu erstellen, die eine Anleitung zur Anwendung national eingeführter Berechnungsverfahren für die statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen gibt und parallel dazu ein einheitliches Verfahren der statischen Berechnung zu erarbeiten". Diese Norm enthält die Umsetzung des ersten Teils dieses Beschlusses.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Anforderungen für die statische Berechnung von Rohrleitungen für die Wasserversorgung, für Abwasserkanäle und -leitungen und andere in der Wasserwirtschaft verwendete Leitungen fest, die mit atmosphärischem oder einem höheren oder niedrigeren Druck betrieben werden.

Zusätzlich enthält diese Norm Anleitungen zur Anwendung der zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser Norm in den CEN-Mitgliedsländern national eingeführten Berechnungsverfahren.

Diese Anleitungen sind eine wichtige Quelle konstruktiver Erkenntnisse, können jedoch nicht alle möglichen Sonderfälle berücksichtigen; in solchen Fällen können Erweiterungen oder Einschränkungen der grundlegenden Berechnungsverfahren gelten.

Da in der Praxis zum Zeitpunkt der Berechnung nicht immer genaue Einzelheiten bezüglich der Boden- und Einbaubedingungen vorliegen, bleibt die Wahl der Berechnungsannahmen dem Ermessen des Planers überlassen. In diesem Zusammenhang können diese Anleitungen nur allgemeine Anhaltspunkte und Empfehlungen geben.

Dieser Teil der Norm enthält die Anforderungen für die statische Berechnung und verweist auf die Quellen sowie die Grundlagen der national eingeführten Berechnungsverfahren (siehe Anhänge A und B).

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

prEN 1610

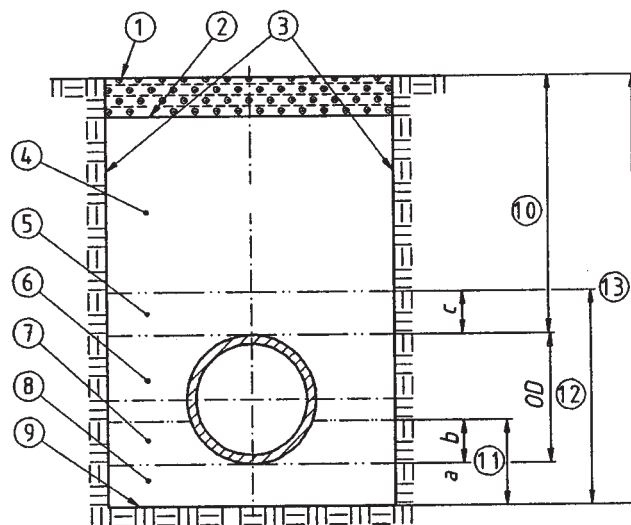
Technische Regeln für die Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten folgende Definitionen (siehe auch Anhang A):

3.1 Begriffe für die Verlegung

Die Begriffe für die Verlegung enthält Bild 1. Die gleichen Bezeichnungen gelten für Leitungen unter Dämmen und Gräben mit geböschten Wänden.



- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1 Oberfläche | 9 Grabensohle |
| 2 Unterseite der Straßen- oder Gleiskonstruktion, soweit vorhanden | 10 Überdeckungshöhe (3.3) |
| 3 Grabenwände | 11 Dicke der Bettung (3.1) |
| 4 Hauptverfüllung (3.6) | 12 Dicke der Leitungszone (3.4) |
| 5 Abdeckung (3.5) | 13 Grabentiefe (3.13) |
| 6 Seitenverfüllung (3.12) | a Dicke der unteren Bettungsschicht |
| 7 Obere Bettungsschicht | b Dicke der oberen Bettungsschicht |
| 8 Untere Bettungsschicht | c Dicke der Abdeckung |

Bild 1: Rohrgraben

ANMERKUNG: Die Bezeichnungen in Bild 1 sind die gleichen wie in prEN 1610

3.1.1 Verdichtung: gezielte Verdichtung des Bodens während der Verlegung

3.1.2 Konsolidierung: Zeitabhängige Verdichtung des Bodens durch andere Einwirkungen als die gezielte Verdichtung während der Verlegung.

3.1.3 Einbettung: Verlegeverfahren und Bodenarten rings um die eingearbeitete Rohrleitung, die zu ihrer Tragfähigkeit beitragen.

3.2 Begriffe für die Berechnung

3.2.1 Einbauziffer: Verhältnis zwischen der maximalen Berechnungslast für das Rohr unter bestimmten Einbettungsbedingungen und der Prüflast, die das gleiche Biegemoment erzeugt.

3.2.2 Berechnungsdruck (DP): Maximaler Betriebsinnendruck des Systems oder in einem vom Planer festgelegten Abschnitt, mit Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen, jedoch ohne Druckstoß.

3.2.3 Tragfähigkeit: Belastung je Längeneinheit, die durch eine bestimmte Kombination von Rohrtragfähigkeit und Einbettung ohne Überschreitung des Grenzzustandes aufgenommen werden kann.

3.2.4 Maximaler Berechnungsdruck (MDP): Maximaler Betriebsinnendruck des Systems oder in einem vom Planer festgelegten Abschnitt, mit Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen einschließlich Druckstoß, wobei MDP bezeichnet wird mit

- MDPa für einen festgesetzten Druckstoß;
- MDPc für einen berechneten Druckstoß.

3.2.5 Silo-Wirkung: Wirkung der Reibungskräfte infolge seitlichen Erddruckes an der Grabenwand, die eine Minderung des vertikalen Erddruckes bewirken.

3.2.6 Boden/Rohr-Wechselwirkung: Spannungsumlagerung infolge der unterschiedlichen Verformbarkeit von Boden und Rohr durch Erddruck und Bettungsreaktionsdruck zur Ausbildung eines Gleichgewichtszustandes.

3.2.7 Systemprüfdruck (STP): Hydrostatischer Druck in einer neuverlegten Rohrleitung, um deren Unversehrtheit und Dichtheit sicherzustellen.

4 Anforderungen

4.1 Alle Rohrleitungen müssen für den Bau- und Betriebszustand so bemessen sein, daß sie den vorgesehenen Belastungen ohne Nachteile für ihre Funktion oder die Umwelt standhalten.

4.2 Der zukünftige Eigentümer der Rohrleitungen kann ein geeignetes Berechnungsverfahren benennen.

4.3 Der Planer muß entscheiden, ob ein in dieser Norm enthaltenes Berechnungsverfahren auf die Rohrleitung angewendet werden kann oder nicht.

4.4 Die Berechnungsannahmen für Verlegung und Boden-Kennwerte müssen eine sichere Bauausführung ermöglichen.

4.5 Abhängig von den sonstigen Anforderungen nach Abschnitt 4 sollte die Berechnung vorzugsweise unter Verwendung eines der in Anhang B dieser Norm angegebenen Verfahrens ausgeführt werden.

4.6 Berechnungsverfahren nach Anhang B in der Form von Tabellen, Diagrammen oder Computerprogrammen müssen einer vollständigen Berechnung entsprechen, wobei durch Vereinfachungen das Sicherheitsniveau nicht vermindert sein darf. Programmausdrucke müssen prüffähig sein.

4.7 Wenn andere als die in Anhang B genannten Berechnungsverfahren angewendet werden, muß sich der Planer selbst davon überzeugen, daß diese Verfahren gleichwertig sind und das geforderte Sicherheitsniveau einhalten.

4.8 Bei der Festlegung des erforderlichen Sicherheitsniveaus sind die möglichen Folgen eines Versagens der Rohrleitung zu berücksichtigen.

4.9 Alle angenommenen Rechenwerte einschließlich der Sicherheitsfaktoren müssen dem gewählten Berechnungsverfahren entsprechen.

5 Berechnungsgrundlagen

5.1 Allgemeines

Auch wenn Unterschiede zwischen einigen der eingeführten nationalen Berechnungsverfahren bestehen, so gibt es keine Unterschiede im Hinblick auf die grundlegende Annahme der Wechselwirkung zwischen Rohr und umgebendem Boden.

Als äußere Lasten müssen berücksichtigt werden: Erdlasten, Oberflächenlasten, Verkehrslasten und andere Belastungen, z. B. Eigengewicht und Wasserfüllung soweit erforderlich und von einflußreicher Größe. Vom atmosphärischen Druck abweichender Innendruck in der Rohrleitung muß zusammen mit den äußeren Lasten als Belastung angesetzt werden.

Die Berechnung der Rohrleitung in Verbindung mit ihrer Einbettung muß ein ausreichendes Maß an Sicherheit gegen das Überschreiten des Bruchzustandes ausweisen. Darüber hinaus darf die Berechnungslast nicht zum Überschreiten des Grenzzustandes der Gebrauchsfähigkeit führen.

5.2 Äußere Lasten

Zu berücksichtigen ist der Einfluß der Steifigkeit des Rohres und der Steifigkeit des umgebenden Bodens.

Soweit erforderlich sind die Grabenkonstruktion, das Grundwasser und zeitabhängige Einflüsse zu berücksichtigen. Die Berechnung sollte die möglichen Auswirkungen späterer Baumaßnahmen auf die Grabenbedingungen berücksichtigen.

Die Spannungen aus Erdlasten und verteilten Oberflächenlasten müssen mit Berücksichtigung der Boden/Rohr-Wechselwirkung berechnet werden.

Der durch konzentrierte Oberflächenlasten, wie z. B. Radlasten, auf die Rohrleitung einwirkende Druck ist in Anlehnung an Boussinesq zu berechnen, wobei die Stoßwirkung zu berücksichtigen ist.

5.3 Grenzzustände

Der Bruchzustand für alle Arten von Rohren ist erreicht, wenn das Rohr sich nicht mehr so verhält, wie dies in der statischen Berechnung vorgesehen ist.

Der Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit ist erreicht, wenn die Leistungsfähigkeit oder Dauerhaftigkeit der Rohrleitung nicht mehr gegeben ist (z. B. Undichtheit, Verformung, Risse außerhalb der zulässigen Rißweiten).

Zusätzliche Grenzzustände der Gebrauchsfähigkeit können für bestimmte Rohrwerkstoffe gelten, wobei die entsprechenden Normen zu beachten sind.

Die Berechnung der Rohrleitung muß sicherstellen, daß diese oben genannten Grenzzustände nicht erreicht werden. Dies erfordert die Berücksichtigung eines oder mehrerer der folgenden Kriterien:

- Dehnung, Spannung, Biegemoment und Normalkraft oder Tragfähigkeit, z. B. in Ring- oder Längsrichtung, soweit erforderlich;
- Instabilität (z. B. Beulen);
- Ringverformung;
- Wasserdichtheit.

Sofern schwellende Lasten in bedeutender Größenordnung und Häufigkeit auftreten, sind deren Auswirkungen zu berücksichtigen.

5.4 Beanspruchungen in Längsrichtung

Beanspruchungen in Längsrichtung entstehen durch Biegemomente, Scherkräfte, Zugkräfte, z. B. hervorgerufen durch ungleichförmige Bettung und Temperaturänderungen sowie bei Druckrohren (siehe 6.5) durch Querdehnung und Schubkräfte bei Richtungswechsel oder Querschnittswechsel.

Diese Auswirkungen können verbunden sein mit ringförmigen Verformungen, der Schubfestigkeit beweglicher Rohrverbindungen und der Biegefestigkeit der Rohre. Die zugehörigen Grenzzustände der Gebrauchsfähigkeit sollten den jeweiligen Produktnormen entnommen werden.

Der Planer muß diese Möglichkeiten in Verbindung mit den Verlegebedingungen prüfen und gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen vorsehen.

6 Zusätzliche Überlegungen bei Druckrohrleitungen

6.1 Allgemeines

Rohrleitungen, die mit einem Innendruck über oder unter atmosphärischem Druck betrieben werden, unterliegen zusätzlichen Belastungen, die über jene hinausgehen, denen sie bei Betrieb mit atmosphärischem Druck ausgesetzt sind.

Das Aufbringen des Innendrucks führt nicht nur zu zusätzlichen Spannungen und Dehnungen in Ringrichtung, sondern kann auch die Verformung von biegeweichen und halbsteifen Rohren verändern. Darüber hinaus sind bei Druckrohrleitungen mit Richtungsänderungen oder sonstigen Diskontinuitäten die Zugbeanspruchungen in Längsrichtung oder die Schubkräfte zu berechnen.

Besondere Aufmerksamkeit ist Rohrleitungen zu widmen, die Druckstößen ausgesetzt sind. Sowohl positive als auch negative Druckstöße sind zu berücksichtigen, aber es ist möglicherweise nicht erforderlich, diese mit der Verkehrslast zu überlagern.

Für die Berechnung ist der Berechnungsdruck, der maximale Berechnungsdruck und der System-Prüfdruck anzusetzen (siehe 3.2).

Druckrohrleitungen müssen auch für den drucklosen Zustand berechnet werden, um auch in der Zeit zwischen Verlegung und Inbetriebnahme sowie Unterhaltsarbeiten die statischen Anforderungen zu erfüllen.

6.2 Spannungen und Dehnungen infolge gleichzeitig wirkender Belastungen

Innendrucke, die über oder unter dem atmosphärischen Druck liegen, erzeugen Spannungen und Dehnungen in Ringrichtung, die gleichzeitig mit Spannungen und Dehnungen aus Biegung infolge äußerer Lasten zusammenwirken.

Abhängig von Rohrwerkstoff und/oder Rohrart und entsprechender Lastgröße können einer oder mehrere der folgenden Beanspruchungsfälle maßgebend werden:

- Ringspannungen aus Lastüberlagerungen;
- Ringdehnungen aus Lastüberlagerungen;
- Getrennte Berechnung von Spannungen und Dehnungen in Ringrichtung.

Ähnliche Lastfälle sind in Längsrichtung zu berücksichtigen, soweit erforderlich.

ANMERKUNG: Wenn der Rohrquerschnitt ideal kreisförmig ist, sind Spannungen und Dehnungen in Ringrichtung infolge Innendruck reine Zug- oder Druckspannungen; ist der Rohrquerschnitt jedoch verformt, werden auch Biegespannungen infolge Innendruck auftreten.

6.3 Einfluß des Innendrucks auf die Verformung

Wenn positiver Innendruck auf ein nicht ideal kreisrundes Rohr aufgebracht wird, neigt das verformte Rohr zu Rückverformung, d. h. die Verformung wird geringer.

Die Rückverformung kann eine günstige Wirkung auf die Minderung der Biegespannungen und -dehnungen in der Rohrwand haben. Das Maß der Minderung der Verformung hängt ab von den Rohreigenschaften und verschiedenen anderen Faktoren, wie dem Verhältnis von Innen- und Außendruck und dem Maß der Bodenverfestigung am Rohrumfang. Der Einfluß der Rückverformung ist am günstigsten, wenn der Innendruck möglichst schnell nach der Verfüllung aufgebracht wird, ungünstiger, wenn ein längerer Zeitraum bis zur Druckaufbringung vergeht.

Obwohl das Aufbringen von positivem Innendruck ein gewisses Maß an Rückverformung zur Folge hat, kann deren Größe kaum vorbestimmt werden. Wenn die Rohrverformung durch den Innendruck günstig beeinflusst wird, müssen Spannungen und Dehnungen nicht in gleichem Maße davon profitieren (z. B. wenn das Profil nicht elliptisch verformbar war).

6.4 Beulen von Druckrohren

Innerer Überdruck führt bei nicht biegesteifen Rohren zu einem höheren Beulwiderstand. Da der Innendruck gelegentlich auch nicht vorhanden sein kann, werden Rohrleitungen üblicherweise so berechnet, daß sie auch ohne Innendruck beulsicher sind.

In Rohrleitungen, die hydraulischen Druckschwankungen ausgesetzt sind, kann es zu Unterdruck kommen. Obwohl Unterdrücke in der Regel von sehr kurzer Dauer sind, vergrößern sie die Beulgefahr.