

DIN EN 1295-1

ICS 23.040.01

Entwurf

Einsprüche bis 2017-11-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1295-1:1997-09

**Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter
verschiedenen Belastungsbedingungen –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1295-1:2017**

Structural design of buried pipelines under various conditions of loading –
Part 1: General requirements;
German and English version prEN 1295-1:2017

Calcul de résistance mécanique de canalisations enterrées sous diverses conditions de
charge –
Partie 1: Prescriptions générales;
Version allemande et anglaise prEN 1295-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-09-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im
Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6,
10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 68 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1295-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-05-34 AA „Rohrverlegung und -statik (CEN/TC 165/WG 10 und CEN/TC 165/WG 12)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1295-1:1997-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anhang B „National eingeführte Berechnungsverfahren“ aktualisiert;
- b) die Norm redaktionell überarbeitet.

Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen

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

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

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
3.1 Begriffe für den Einbau	6
3.2 Begriffe für die Berechnung	7
4 Anforderungen	8
5 Berechnungsgrundlagen	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Äußere Lasten	9
5.3 Grenzzustände	9
5.4 Beanspruchungen in Längsrichtung	10
6 Zusätzliche Überlegungen bei Druckrohrleitungen	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Spannungen und Dehnungen infolge gleichzeitig wirkender Belastungen	10
6.3 Einfluss des Innendrucks auf die Verformung	11
6.4 Beulen von Druckrohren	11
6.5 Schub- und Längskräfte	11
7 Einfluss von Bauverfahren	12
7.1 Allgemeines	12
7.2 Grabenaushub	12
7.3 Rohrbettung	12
7.4 Verfüllung	12
8 Berechnungskonzepte und Sicherheitsfaktoren	13
Anhang A (informativ) Rohrklassifizierung nach dem Querschnittsverhalten	14
Anhang B (informativ) National eingeführte Berechnungsverfahren	15
B.1 Bezeichnung der Verfahren und Anschriften der Bezugsquellen	15
B.1.1 Österreich	15
B.1.2 Belgien	15
B.1.3 Dänemark	15
B.1.4 Finnland	16
B.1.5 Frankreich	16
B.1.6 Deutschland	16
B.1.7 Die Niederlande	17
B.1.8 Norwegen	17
B.1.9 Spanien	18
B.1.10 Schweden	18
B.1.11 Schweiz	19
B.1.12 Vereinigtes Königreich	19
B.2 Verfahrensbeschreibung	19
B.2.1 Österreich	19
B.2.2 Belgien	21

B.2.3	Dänemark.....	23
B.2.4	Finnland.....	25
B.2.5	Frankreich.....	25
B.2.6	Deutschland.....	26
B.2.7	Die Niederlande	27
B.2.8	Norwegen	27
B.2.9	Spanien.....	28
B.2.10	Schweden.....	30
B.2.11	Schweiz.....	31
B.2.12	Vereinigtes Königreich.....	32
	Literaturhinweise.....	33

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1295-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1295-1:1997 ersetzen.

Die wesentliche Änderung in dieser Revision ist die Folgende:

- a) Anhang B „National eingeführte Berechnungsverfahren“ wurde aktualisiert.

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*

Einleitung

Die statische Berechnung von erdüberdeckten 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 Einbau- 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 erdüberdeckten 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

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

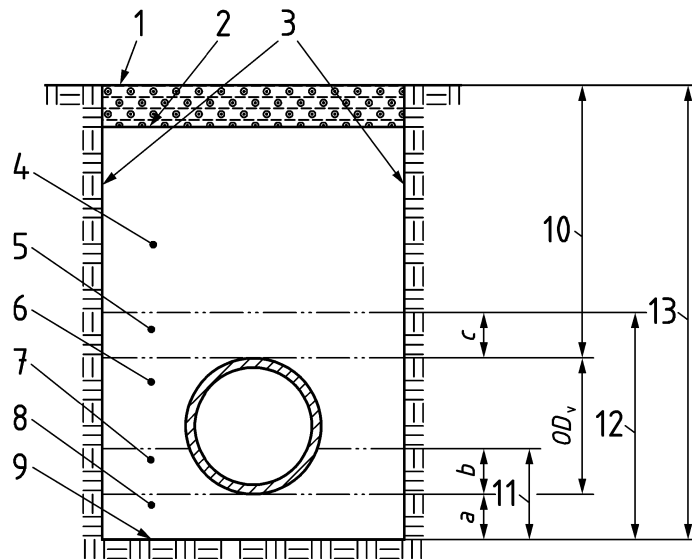
Für die Anwendung dieser Norm gelten folgende Begriffe (siehe auch Anhang A):

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Begriffe für den Einbau

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



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Oberfläche | 10 Überdeckungshöhe (3.3) |
| 2 Unterkante der Straßen- oder Gleiskonstruktion, soweit vorhanden | 11 Dicke der Bettung (3.1) |
| 3 Grabenwände | 12 Dicke der Leitungszone (3.4) |
| 4 Hauptverfüllung (3.6) | 13 Grabentiefe (3.13) |
| 5 Abdeckung (3.5) | <i>a</i> Dicke der unteren Bettungsschicht |
| 6 Seitenverfüllung (3.12) | <i>b</i> Dicke der oberen Bettungsschicht |
| 7 obere Bettungsschicht | <i>c</i> Dicke der Abdeckung |
| 8 untere Bettungsschicht | OD_v vertikaler Außendurchmesser |
| 9 Grabensohle | |

ANMERKUNG Die Bezeichnungen in Bild 1 sind die gleichen wie in EN 1610

Bild 1 — Rohrgraben

3.1.1

Verdichtung

gezielte Verdichtung des Bodens während des Einbaus

3.1.2

Konsolidierung

zeitabhängige Verdichtung des Bodens durch andere Einwirkungen als die gezielte Verdichtung während des Einbaus.

3.1.3

Einbettung

Einbauverfahren und Bodenarten rings um die erdüberdeckte 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

(en: design pressure)

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

(en: maximum design pressure)

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/oder Rohr durch Erddruck und Bettungsreaktionsdruck zur Ausbildung eines Gleichgewichtszustandes

3.2.7

Systemprüfdruck

STP

(en: system test pressure)

hydrostatischer Druck in einer neueingebauten 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 festlegen.

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

4.4 Die Berechnungsannahmen für Einbau 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 Europäischen Norm angegebenen Verfahren 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.

Grenzzustände der Gebrauchsfähigkeit können durch Wirkungen auf die Leistungsfähigkeit oder die Dauerhaftigkeit der Rohrleitung bestimmt sein (z. B. Undichtheit, Verformung, Risse außerhalb der zulässigen Grenzen).

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 schließt die Berücksichtigung eines oder mehrerer der folgenden Kriterien ein:

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

Sofern schwellende Lasten in bedeutender Größenordnung und Häufigkeit auftreten, sollten deren kumulative 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 und/oder 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 Einbaubedingungen 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 angemessen, diese mit der Verkehrslast zu überlagern.

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

Druckrohrleitungen müssen auch für den drucklosen Zustand berechnet werden, um auch in der Zeit zwischen Einbau 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 zutreffend.

ANMERKUNG Wenn der Rohrquerschnitt ideal kreisförmig ist, sind Spannungen und Dehnungen in Ringrichtung infolge Innendruck reine Zug- oder Druckspannungen, ist der Rohrquerschnitt jedoch nicht ideal kreisförmig oder verformt, werden auch Biegespannungen und -dehnungen 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 und obwohl Unterdrücke in der Regel von sehr kurzer Dauer sind, neigen sie dazu, die Beulgefahr zu vergrößern.

Dieser Zustand ist daher bei der Berechnung zu berücksichtigen, und für den Unterdruck sind Annahmen seiner Größe auf der sicheren Seite zu treffen. Beim Nachweis der Stabilität ist der Unterdruck mit Außendruck durch Dauerlasten zu überlagern.

6.5 Schub- und Längskräfte

Eine weitere Wirkung des Innendrucks in Rohren ist die Entstehung von Schubkräften an Krümmern und anderen Diskontinuitäten. Je nach Art der getroffenen Vorkehrungen können die Rohre und Formstücke zusätzlichen Biege- und/oder Zugspannungen in Längsrichtung ausgesetzt sein, die zu übermäßigen Bewegungen und Verschiebungen in den Rohrverbindungen führen können.

7 Einfluss von Bauverfahren

7.1 Allgemeines

Von den verschiedenen Einflüssen, die bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen sind, können einige, z. B. Rohrdurchmesser und Überdeckungshöhe, als im Sinne der Planung gesichert angesehen werden. Andere Einflüsse, z. B. Verfahren zum Aushub des Grabens und zur Einbettung und Verfüllung, können vom Planer nur in dem Maße beeinflusst werden, als sie im Voraus festgelegt und während der Bauarbeiten überwacht werden.

7.2 Grabenaushub

Die Breite des Grabens kann einen Einfluss auf die Minderung der Erdlast durch die Silo-Wirkung haben. Dieser Einfluss wird bei bestimmten Ausführungen berücksichtigt.

Die Breite des Grabens kann auch die Größe der seitlichen Bodenstützung der Rohre beeinflussen. Dieser Wirkung wird in den Berechnungsverfahren auf unterschiedliche Weise Rechnung getragen, z. B. über den seitlichen Erddruckbeiwert, den Bettungsfaktor, dem Verformungsmodul des Bodens.

Die Neigung der Grabenwände kann die Größe der Erdauflast beeinflussen, bei senkrechten Grabenwänden ist auch die Art des Grabenverbaus (Pölung) zu berücksichtigen.

Wenn der Grabenverbau (Pölung) nach dem Einbetten und/oder Verfüllen entfernt wird, entstehen Hohlräume, die eine Auflockerung des Bodens verursachen können und damit die Qualität der Einbettung und die für die Silo-Wirkung wichtige Reibung verringern und langfristige Bodensetzungen fördern.

Grundwasser und Grundwasserabsenkungen während der Bauzeit können bedeutende Auswirkungen haben. Das Fernhalten von Grundwasser verbessert die Verdichtungsfähigkeit der Verfüllung, jedoch späteres Steigen des Grundwassers nach Abschluss der Verfüllung kann Bodensetzungen verursachen, die möglicherweise zu höheren Erdlasten und einer Verringerung der Stützwirkung seitlich der Rohre führen.

7.3 Rohrbettung

Wenn der gewachsene Boden im Rohrgraben als direkte Rohrbettung nicht geeignet ist, dann muss für alle Rohrarten die Dicke der unteren Bettungsschicht festgelegt werden, um eine gesicherte Bettung über die gesamte Leitungslänge sicherzustellen.

Auf weicher Unterlage kann es erforderlich sein, die Dicke der unteren Bettungsschicht zu erhöhen, um starke Setzungen der Rohrleitung zu vermeiden.

Die Dicke der oberen Bettungsschicht sollte so bemessen sein, dass die Biegemomente im Rohr (direkt berechnet oder in der Einbauziffer enthalten) aufgenommen werden.

7.4 Verfüllung

In der Umgebung des Rohres hat das Einbringen und Verdichten des Verfüllmaterials großen Einfluss auf die Standsicherheit der Rohre. Es beeinflusst die Verteilung des Bodendruckes am Rohrumfang und das Verhalten des Rohres. Die Güte der Verdichtung während des Einbaus beeinflusst die Größe der späteren Setzungen infolge der natürlichen oder durch Verkehrslasten verstärkten Bodenverdichtung. In der Regel gilt, je größer die Setzungen neben dem Rohr, desto höher die Last, die auf das Rohr übertragen wird.

Wenn der Boden um das Rohr herum verdichtet wird, um seine Steifigkeit zu verbessern, wird ein Teil der Verdichtungsenergie in das Rohr (als Verformungsenergie) und in den Boden seitlich des Rohres abgeleitet. Die Aufteilung der Verdichtungsenergie richtet sich nach der relativen Steifigkeit des Rohres und des Bodens um das Rohr.

Die Vorhersage dieser Wirkungen ist schwierig und wird zusätzlich durch die Empfindlichkeit einiger Böden hinsichtlich des Feuchtegehalts erschwert. Die Verwendung leichtverdichtbarer Böden und solcher, die eine geringe Empfindlichkeit hinsichtlich des Feuchtegehalts aufweisen, kann aus diesem Grund das Ausmaß der in Rohren entstehenden Dehnungen infolge des Einbaus stark vermindern.

8 Berechnungskonzepte und Sicherheitsfaktoren

Praxisnahe und experimentelle Forschungen an Rohrleitungen zeigen Schwankungen in den beobachteten Erddrücken und Rohrverformungen, Spannungen und Dehnungen. Die Hauptursache für diese Schwankungen sind die Ungleichmäßigkeiten der Bodeneigenschaften und Bauverfahren, die bereits in Abschnitt 7 dieser Europäischen Norm beschrieben sind. Die Größenordnung der Schwankungen kann durch sorgfältige Bauüberwachung, Kontrollmessungen und die Verwendung von Verfüllmaterialien, die sich leicht einbringen und verarbeiten lassen, verringert werden, aber eine gewisse Schwankungsbreite ist unvermeidbar.

Streuungen der Rohreigenschaften, wie z. B. Festigkeit oder Elastizität, sind ebenfalls vorhanden.

Diese Streuungen sollten in der Planungsphase entsprechend berücksichtigt werden und mit einem der folgenden Berechnungskonzepte übereinstimmen.

- a) Das Berechnungsverfahren muss darauf ausgelegt sein, die Mittelwerte der Lasten zu bestimmen und diese mit der Tragfähigkeit der Rohrleitung auf der Grundlage von Mittelwerten der Rohrfestigkeit oder Steifigkeit zu vergleichen (z. B. durch Berechnung ermittelt), basierend auf Annahmen einer durchschnittlichen Erddruckverteilung.
- b) Das Berechnungsverfahren muss darauf ausgelegt sein, die maximal möglichen Lasten zu bestimmen (obere Fraktilen oder Grenzwerte) und diese mit Schätzungen der Tragfähigkeit der Rohrleitung auf der Grundlage unterer Grenzwerte (oder niedriger Fraktilen) der Rohrfestigkeit oder Steifigkeit (z. B. durch Versuche bestimmt) unter ungünstigen Annahmen für die Erddruckverteilung zu vergleichen.

Die erforderlichen Sicherheitsfaktoren der Berechnung entsprechend Konzept b) sind niedriger als bei Konzept a), um die gleiche Versagenswahrscheinlichkeit zu erhalten.

Anhang A (informativ)

Rohrklassifizierung nach dem Querschnittsverhalten

Die Klassifizierung der Rohre nach ihrem Querschnittsverhalten als biegesteif, halbsteif oder biegeweich richtet sich nach ihrem Verhalten unter äußeren Lasten.

Einige der national eingeführten Berechnungsverfahren unterscheiden zwischen „biegeweichen“, „halbsteifen“ und „biegesteifen“ Rohren, abhängig von der relativen Steifigkeit des Rohres und des umgebenden Bodens. Diese Unterscheidung ist besonders nützlich für die Berechnung der Erdlast auf die Rohrleitung.

In anderen national eingeführten Berechnungsverfahren ist die Unterscheidung zwischen „biegeweich“ und „biegesteif“ abhängig vom Rohrwerkstoff und seiner Anwendung. Rohrwerkstoffe, die bereits bei geringen Verformungen brechen, werden als „biegesteif“ bezeichnet, während solche, die rissefrei verformbar sind, als „biegeweich“ gelten.

Der Planer sollte beide Betrachtungsweisen zur Kenntnis nehmen und beachten, dass die Begriffe „biegesteif“ und „biegeweich“ bei den verschiedenen Berechnungsverfahren unterschiedlich definiert sein können. Je nach dem gewählten Berechnungsverfahren sollten Planer die dem Verfahren zugehörige Definition anwenden.

Wenn Rohrwerkstoffe als biegesteif und biegeweich nach der Bruchdehnung klassifiziert werden, muss ein Werkstoff mit geringer Bruchdehnung nicht unbedingt als biegesteif bezeichnet werden. Werkstoffe in dünnwandigen Rohren, die bei geringen Dehnungen brechen, können besonders biegeweich sein, weil die Querschnittsverformung an der Grenzdehnung groß ist. Diese Betrachtung des Werkstoff- und Rohrverhaltens gilt üblicherweise für die Berechnung der Rohrverformung über die Grenzdehnung als Grundlage für eine absolute Begrenzung der Rohrverformung.

Anhang B (informativ)

National eingeführte Berechnungsverfahren

ANMERKUNG Dieser Anhang enthält die national eingeführten Berechnungsverfahren, die durch die Mitgliedsländer zur Verfügung gestellt wurden und in diesen angewendet werden und von der Gemeinsamen Arbeitsgruppe zusammengefasst wurden. Die in B.1 aufgeführten Dokumente wurden der Gemeinsamen Arbeitsgruppe zur Verfügung gestellt, ausgenommen die in B.1.4, B.1.9 und B.1.11 genannten Verfahren.

B.1 Bezeichnung der Verfahren und Anschriften der Bezugsquellen

B.1.1 Österreich

Die in Österreich national eingeführten Berechnungsverfahren für erdüberdeckte Rohrleitungen sind enthalten in:

— ÖNORM B 5012

Dies Norm kann über folgende Anschrift bezogen werden:

Österreichisches Normungsinstitut
Heinestraße 38
A-1020 Wien

E-Mail: sales@austrian-standards.at
Internet: www.austrian-standards.at
Webshop: www.austrian-standards.at/webshop
Telefon: +43 1 21300-300
Telefax: +43 1 21300-818

B.1.2 Belgien

Das in Belgien national eingeführte Berechnungsverfahren für Rohre aus Asbestzement ist enthalten in:

— ISO 2785, *Directives for selection of asbestos-cement pipes subject to external loads with or without internal pressure, second edition; 1986-07-01 [Ref No ISO 2785-1986 (E)]*

Diese Norm kann über folgende Anschrift bezogen werden:

International Organization for Standardization
Case Postale 56
S-1211 Genève 20

B.1.3 Dänemark

Die in Dänemark national eingeführten Verfahren für erdüberdeckte Rohrleitungen sind enthalten in:

- DS 430, Dansk Ingeniørforenings norm for lægning af fleksible ledninger af plast i jord
(Dansk Ingeniørforenings Norm für die Erdverlegung von biegeweichen Kunststoffrohrleitungen)
- DS 437, Dansk Ingeniørforenings norm for lægning af stive ledninger af beton mv i jord
(Dansk Ingeniørforenings Norm für die Erdverlegung von biegesteifen Betonrohrleitungen)

Diese Normen können bezogen werden von:

Dansk Standard
Danish Standards Association
Baunegaardsvej 73
DK-2900 Hellerup
Telefon: +45 39 7701-01
Telefax: +45 39 7702-02

B.1.4 Finnland

Die in Finnland eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:

- Suomen kuntaliitto: Vesijohtojen ja viemäreiden suummittelu, 1979 (Design of water supply and wastewater pipelines)
- Suomen kuntaliitto: Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys, 1990 (General work specification for municipal engineering)
- Suomen rakennusinsinöörien Liitto: Maahan ja veteen asennettavat kestopuoviputket, 1990 (Thermoplastic pipes buried in ground and under water)
- Suomen kunnallisteknillinen yhdistys: Betoiputkinormit, 1990 (Concrete pipe rules)

Diese Dokumente können bezogen werden von:

Suomen Standardisoimisliitto
P. o. Box 116
FIN-00241 Helsinki

B.1.5 Frankreich

Die in Frankreich eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:

- Allgemeiner Titel:

Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux (Book of general technical requirements applicable to public procurements)

- Fascicule 70: Ouvrages d'assainissement (Sewerage works)
- Fascicule 71: Fourniture et pose de canalisation d'eau, accessoires et branchements (Supply and installation of water pipelines, accessories and fittings)

Diese Dokumente können bezogen werden:

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F70_2012-05-30.pdf

B.1.6 Deutschland

Die in Deutschland eingeführten Berechnungsverfahren können bezogen werden von:

DWA-A 161, Statische Berechnung von Vortriebsrohren, 3. Auflage März 2014.

ATV-DVWK-A 127, Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen, 3. Auflage August 2000, korrigiert und neu gedruckt April 2008.

Diese Standards können bezogen werden von:

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
D-53773 Hennef

B.1.7 Die Niederlande

Das in den Niederlanden eingeführte Berechnungsverfahren für erdüberdeckte Rohre beruht auf:

NEN 3650, Requirements for pipeline systems (a)

NEN 3650-1: Part 1: General requirements

NEN 3650-2: Part 2: Additional specifications for steel pipelines

NEN 3650-3: Part 3: Additional specifications for plastic pipelines

NEN 3650-4: Part 4: Additional specifications for concrete pipelines

NEN 3650-5: Part 5: Additional specifications for cast iron pipelines

CUR report 122, Design of reinforced and unreinforced buried concrete pipes (b)

CUR recommendation 51, Environmentally design criteria for industrial sewers (b)

Nach NEN 3650-4, 8.4.2, kann das Verfahren im CUR Bericht 122 für die Auslegung von segmentierten Betonrohren verwendet werden.

Die Normen/Empfehlungen können über die folgenden Anschriften bezogen werden:

- a) NEN
Vlinderweg 6
2623 AX DELFT
www.nen.nl
- b) SBRCURnet
P. O. Box 516
2600 AM DELFT
www.sbrcur.net

B.1.8 Norwegen

Die in Norwegen eingeführten Berechnungsverfahren für Betonrohre beruhen auf:

— Design loads on concrete pipes in road construction
Internal report no 1521
Norwegian Road Research Laboratory

— Earth pressure on concrete pipes
Internal report 1554
Norwegian Road Research Laboratory

Die Dokumente können bezogen werden von:

Norwegian Road Research Laboratory
Postbox 8142 DEP
N-0033 Oslo

Das in Norwegen eingeführte Berechnungsverfahren für Kunststoffrohre beruht auf:

- VAV P70 Markavloppsrör av plast för självfallsledning i jord (Buried gravity sewer plastic pipes), Stockholm 1992

Diese Norm kann bezogen werden von

VAV
Regeringsgatan 86
S-111 39 Stockholm

B.1.9 Spanien

Das in Spanien eingeführte Berechnungsverfahren für Stahlbeton- und Spannbetondruckrohre mit und ohne Blechmantel ist enthalten in:

- Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado (Guideline of the Instituto Eduardo Torroja for reinforced and prestressed concrete pipes)

Dieses Dokument kann bezogen werden von:

I.C.C. "Eduardo Torroja"
Apdo. Correos 19002
SP-28080 Madrid

Die in Spanien eingeführten Berechnungsverfahren für Asbestzement- und Kunststoff-(PVC-U und PE-HD)-Rohrleitungen sind enthalten in:

- UNE 88211 Asbestos-cement pipeline (Guide to selection of asbestos cement pipes subject to external loads with or without internal pressure)
- UNE 53331 Plasticos. Tuberlas policloruro de vinilo (PVC-U) y polietileno de alta densidad (PE-HD). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidas a cargas externas (Plastics PVD-U and HDPE pipes — Guide for selection of gravity and pressure pipelines subjected to external load)

Diese Normen können bezogen werden von:

AENOR
Fernández de la Hoz, 52
SP-28010 Madrid

B.1.10 Schweden

Die in Schweden eingeführten Berechnungsverfahren sind enthalten in:

- VAV P70 Markavioppsrör av plast för självfallsledning i jord (Erdverlegte Freispiegel-Kanäle aus Abwasserkunststoffrohren), Stockholm 1992;

- VAV P43 Trafklaster på rörledning med jordöverfyllning, September 1982 (Verkehrslast auf erdverlegten Rohren);
- VAV P48 Hallfasthetsdimensionering av rörledning av armerad betong med jordöverfyllning, Juli 1986 (Festigkeitsberechnung von erdverlegten Leitungen aus Stahlbetonrohren);
- VAV P56 Anvisningar för provning av armerade betongrör, April 1993 (Anleitung zur Güteprüfung von Rohren aus Stahlbeton);
- VAV P9 Anvisningar för oarmerade betongrör, April 1991 (Anleitung für nichtbewehrte Rohre aus Beton)

Diese Normen können bezogen werden von:

VAV
Regeringsgatan 86
S-111 39 Stockholm

B.1.11 Schweiz

Das in der Schweiz eingeführte Berechnungsverfahren ist enthalten in:

- SIA V 190, Kanalisationen, Ausgabe 3/1993;
- SIA Dokumentation D 01000 Kanalisationen 4, Ausgabe 25.03.1993

Diese Dokumente können bezogen werden von:

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA)
Selnastr. 16, Postfach
CH-8039 Zürich
Telefon: +41 1 2831560 (Normen- und Drucksachenverkauf)
Telefax: +41 1 2016335

B.1.12 Vereinigtes Königreich

Das im Vereinigten Königreich eingeführte Berechnungsverfahren ist im BS 9295-Leitfaden für die statische Berechnung von erdüberdeckten Rohrleitungen enthalten.

Dieses Dokument kann bezogen werden von:

British Standards Institution
389 Chiswick High Road
London W4 4AL

B.2 Verfahrensbeschreibung

B.2.1 Österreich

B.2.1.1 Anwendung

Das Österreichische Verfahren ermöglicht die Berechnung von Druck- und drucklos betriebenen Rohren.

B.2.1.2 Grundangaben

Neben den Maßen müssen auch Angaben über die Beschaffenheit des Rohres und des Bodens für die statische Berechnung verwendet werden, die mittels Standard-Messverfahren mess- und kontrollierbar sind.