



LEITFADEN ZUR AUSWAHL VON ROHRWERKSTOFFEN FÜR KOMMUNALE ENTWÄSSERUNGSSYSTEME

TEILEXPERTISE

„Lieferprogramm für den Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen in offener und geschlossener Bauweise“

Im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. D. Stein
Dipl.-Ing. A. Brauer

(Auszugsweise) Veröffentlichung nur mit Genehmigung
der Prof Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH

Bochum, 17. Dezember 2004

1 Einführung in das Thema

Der Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen erfolgt heute noch überwiegend in **offener Bauweise** nach DIN EN 1610 [1] bzw. ATV-DVWK-A 139 [2] durch Ausheben eines Grabens, Verlegen der Leitung im Schutze einer Böschung oder eines Verbaus und anschließendes Verfüllen des Grabens (Bild 1).



Bild 1 Verlegung von Betonrohren in offener Bauweise mit Hilfe von Verbaugeräten zur Sicherung der Grabenwände [3]

Insbesondere im innerstädtischen Bereich unterliegt die offene Bauweise zunehmend politisch-ökologischen Zwängen, da mit ihr u.U. die folgenden Nachteile verbunden sein können [4]:

- Lärm-, Schwingungs- und Emissionsbelastungen aus Baustellenbetrieb und Verkehrsumleitungen,
- Beeinträchtigungen benachbarter baulicher Anlagen und Bepflanzungen z.B. durch Wasserhaltungsmaßnahmen,

- Steigerungen des Energieverbrauches sowie Umsatz- und Arbeitszeitverluste durch Verkehrsumleitungen,
- Sicherheitsrisiken für Anlieger,
- Steigerungen des Verbrauches von Ressourcen sowie
- Steigerungen der Inanspruchnahme von Deponieräumen.

Aus diesen Gründen finden zunehmend die seit Jahren bewährten Verfahren des grabenlosen Leitungsbaus mit ihren bekannten und bestätigten ökonomischen und ökologischen Vorteilen als Alternative bei der Planung und Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen Berücksichtigung [5, 6, 7].

Für die grabenlose Verlegung der als Freispiegelleitungen betriebenen Kanäle im hier betrachteten Nennweitenbereich $150 \leq \text{DN/ID} \leq 1200$ werden die steuerbaren, unbemannt arbeitenden Verfahren des Pilotrohr-Vortriebs und des Mikrotunnelbaus eingesetzt [8].

Diese Verfahren basieren auf dem Prinzip des Rohrvortriebs, bei denen von einem Startschacht aus mit Hilfe einer Pressstation Produkt-, Schutz- oder Interimsrohre durch den Baugrund bis in einen Zielschacht vorgetrieben werden. Der anstehende Boden wird vom Bohrkopf entweder verdrängt oder an der Ortsbrust abgebaut und je nach Verfahren mittels Förderschnecken bzw. hydraulisch oder pneumatisch nach über Tage abgefördert (Bild 2) [5].

Spülbohrverfahren (HDD) sind auf Grund der fehlenden Zielgenauigkeit für den vorliegenden Anwendungsfall ungeeignet [5].

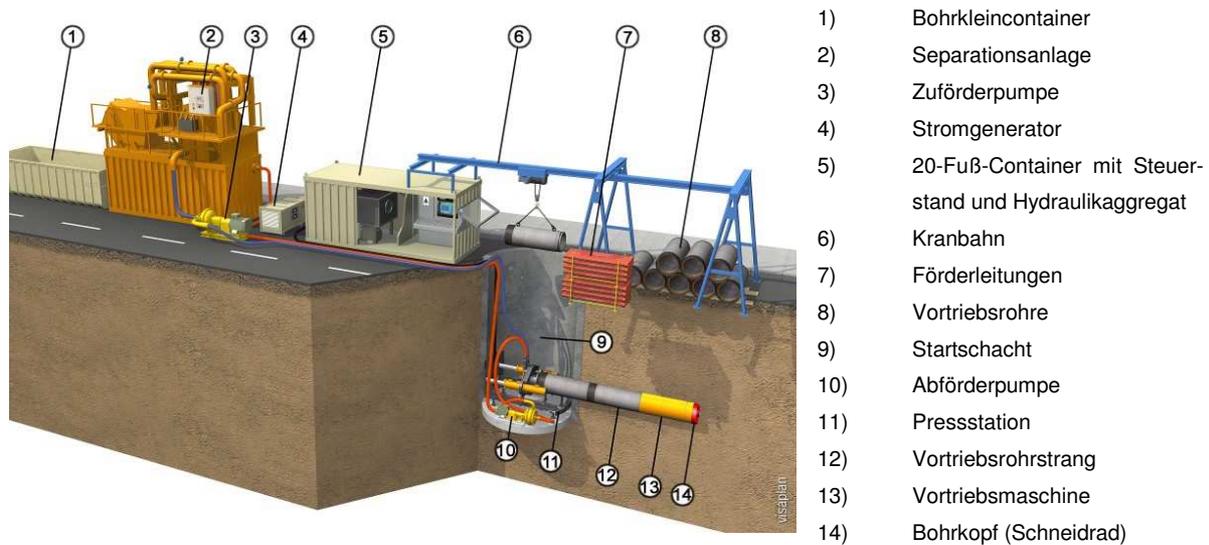


Bild 2 **Prinzipskizze des Mikrotunnelbaus mit hydraulischer Förderung beim einphasigen Vortrieb (Quelle: Stein & Partner)**

Das Standardlieferprogramm der verschiedenen Rohrhersteller in der Bundesrepublik Deutschland deckt in den meisten Fällen beide Bauweisen ab. Dabei ergeben sich jedoch werkstoffbedingte Unterschiede, die z.B. die zulässige Verlegetiefe oder die maximale Vortriebslänge (aufzunehmende Vortriebskräfte) betreffen können.

Die Rohre müssen sowohl beim Einbau in offener als auch geschlossener Bauweise für die unterschiedlichen Bauzustände, aber auch für die verschiedenen Einwirkungen im Betrieb (Betriebszustand) berechnet werden. Dies erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland im erstgenannten Anwendungsfall nach ATV-DVWK-A 127 [9] und für den letztgenannten Fall nach ATV-A 161 [10] (s.a. Teilexpertise „Statische Berechnung / Biegesteifigkeit“ [11]).

Der nachfolgende Rohrwerkstoffvergleich bezieht sich auf das Standardlieferprogramm der Rohrhersteller in Abhängigkeit der Bauweise und unter Berücksichtigung von Rohrnennweite, -querschnittsform und Baulänge. Die Rohrverbindungen sind wichtige Bestandteile des Rohrleitungssystems und abhängig von Rohrwerkstoff und -typ. In Anbetracht ihrer großen Vielfalt bezüglich Konstruktion und Ausbildung wird nachfolgend nicht näher darauf eingegangen und auf die jeweiligen Produktnormen verwiesen.

Der Rohrwerkstoffvergleich soll dem Planer bzw. Netzbetreiber als Hilfe bei der Auswahl von Rohren im konkreten Anwendungsfall dienen. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

2 Analyse der verschiedenen Werkstoffe bezüglich des Lieferprogramms für die offene und geschlossene Bauweise

Im Folgenden werden in den Übersichtstabellen 1 und 2 die hier betrachteten Rohrwerkstoffe im Nennweitenbereich $150 \leq DN/ID \leq 1200$ auf Basis des bei den verschiedenen Herstellern verfügbaren Lieferprogramms für die offene und die geschlossene Bauweise gegenübergestellt. Darüber hinaus sind werkstoffabhängig verfügbare Baulängen und Querschnittsformen (s. Fußnoten) sowie ggf. lieferbare Sonderanfertigungen aufgeführt.

Tabelle 1 Lieferprogramm von vorgefertigten Abwasserrohren mit Kreisquerschnitt \leq DN/ID 1200 für die offene Bauweise in Abhängigkeit von Werkstoff, Rohrnennweite und Regelbaulänge *)

DN/ID	Einfachrohre									Rohre mit Trag- und integrierter Korrosionsschutzschicht ¹⁴⁾	
	Beton ¹⁾	Stahlbeton ³⁾	Steinzeug ⁴⁾	Duktiler Guss	GFK	Polymerbeton ⁹⁾	PE-HD ¹¹⁾	PVC-U		Beton-PVC-U ¹³⁾	
								Vollwand	Gerippt		
150	1 m	-	1, 1,25 u. 1,5 m	6 m	6 m ⁸⁾	-	6, 12 u. 20 m ¹²⁾	0,5, 1, 2, 3 u. 5 m	2 u. 5 m	-	
200	1 u. 2 m		1, 1,5 u. 2,0 m	3 u. 6 m ⁷⁾				3 m ¹⁰⁾			1, 2, 3 u. 5 m
250	1 u. 2 m		2 u. 2,5 m								
300	2 u. 2,5 m		2,5 m ⁵⁾								
400			2,5 m ⁶⁾								
500	2,5 u. 3 m		2,5 m								
600			2,5 m								
700	2 u. 2,5 m		2 m								
800	2, 2,5 u. 3 m ²⁾		2 m								
1000			2 m								
1200	2 u. 3 m	2 m									

¹⁾ FBS-Betonrohre haben serienmäßig in der Regel Kreis- oder Eiquerschnitte (300/450 bis 1200/1800). Sie werden mit Kreisquerschnitt von $100 \leq \text{DN/ID} \leq 1500$ ausschließlich wandverstärkt ohne Fuß (Form KW) oder mit Fuß (Form KFW) hergestellt [12, 13]. Andere, beliebige Querschnittsformen z.B. nach DIN 4263 [14] (Bild 3) können ebenfalls ausgeführt werden.
²⁾ Auch in den Zwischennennweiten DN/ID 900 sowie DN/ID 1100 (nur Baulänge 3 m) lieferbar.
³⁾ FBS-Stahlbetonrohre weisen in der Regel einen Kreisquerschnitt auf. Sie werden von $250 \leq \text{DN/ID} \leq \text{DN/ID } 4000$ und größer ohne (K) oder mit Fuß (KF) hergestellt [12]. Andere, beliebige Querschnittsformen nach DIN 4263 [14] können ebenfalls ausgeführt werden.
⁴⁾ Tragfähigkeitsklasse ab DN/ID 200: wahlweise Normal- oder Hochlastreihe.
⁵⁾ Auch in der Zwischennennweite DN/ID 350 lieferbar.
⁶⁾ Auch in der Zwischennennweite DN/ID 450 lieferbar.
⁷⁾ Auch in den Zwischennennweiten DN/ID 350, 450 und 900 lieferbar.
⁸⁾ Standardlänge, die Rohre können auch in kürzerer Ausführung geliefert werden. Auch in den Zwischennennweiten DN/ID 350, 450, 900 und 1100 lieferbar.
⁹⁾ Auch als Eiquerschnitt (400/600 bis 1400/2100) lieferbar.
¹⁰⁾ Auch in der Zwischennennweite DN/ID 900 lieferbar.
¹¹⁾ Vollwandrohre aus PE-HD, coextrudiert, helle Innen- und schwarze Außenschicht, Rohre $> \text{DN/ID } 600$ sind nach Absprache lieferbar, Sonderlängen möglich.
¹²⁾ DN/ID 150 auch als Ringbündware lieferbar.
¹³⁾ Ohne und mit Fuß lieferbar.
¹⁴⁾ Nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, wird nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

*) Kein Anspruch auf Vollständigkeit

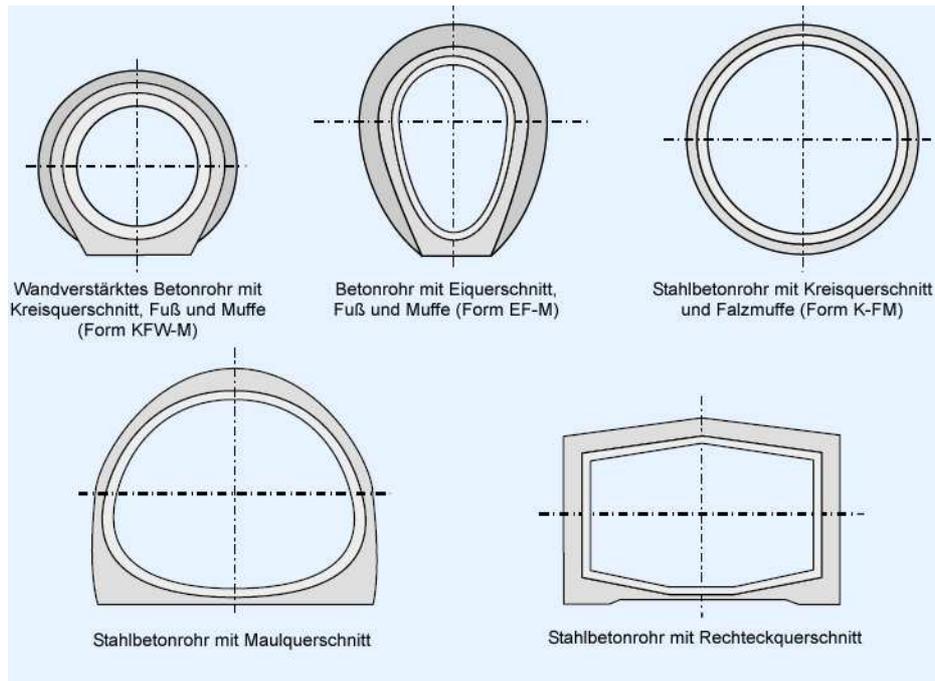


Bild 3 Beispiele für Querschnittformen nach DIN 4263 [14] für FBS-Beton- und Stahlbetonrohre nach DIN EN 1916 [15] bzw. DIN V 1201 [16] in Anlehnung an [17] für die offene Bauweise

Tabelle 2 Lieferprogramm von vorgefertigten Abwasserrohren mit Kreisringquerschnitt \leq DN/ID 1200 für die geschlossene Bauweise in Abhängigkeit von Werkstoff, Rohrenweite und Regelbaulänge ^{*)}

DN/ID	Einfach-Vortriebsrohre							Vortriebsrohre mit Trag- und integrierter Korrosionsschutzschicht ⁹⁾		
	Stahlbeton ¹⁾	Steinzeug	Duktiler Guss ⁶⁾	GFK	Polymerbeton ⁷⁾	PE-HD	PVC-U	Stahlbeton-Steinzeug	Stahlbeton-PVC-U	Stahlbeton-GFK
150	-	1 m	-	-	1 m	-	-	-	-	-
200				-						
250		1 u. 2 m								
300	1 u. 2 m ²⁾	2 m	-	1, 2 u. 3 m	1 u. 2 m	-	1 m	-	-	-
400										
500	2 m	2 m		-	1, 2 u. 3 m					
600										
700										
800										
1000	2 u. 3 m	-	-	1, 2, 3 u. 6 m	2 u. 3 m	-	-	-	-	3 m
1200										

¹⁾ Als dünnwandige, 1-lagig bewehrte (Typ K-OM) und dickwandige, 2-lagig bewehrte (Typ KW-OM) Rohre in FBS-Qualität (Anmerkung: Vortriebsrohre aus Beton werden nicht angeboten). Andere, beliebige Querschnittsformen (Bild 4) können ebenfalls ausgeführt werden.

²⁾ Für 1 m Baulänge: Bei DN/ID 300 nur als Typ KW-OM, bei DN/ID 400 nur als Typ K-OM lieferbar

³⁾ Auch in den Zwischennennweiten DN/ID 350, 450, 550, 650, 750, 750, 850, 900 und 1100 lieferbar

⁴⁾ Ab DN/ID 1200 auch als KeraLine-Vortriebsrohr mit Korrosionsschutz aus keramischen Spaltplatten erhältlich

⁵⁾ Auch in der Nennweite DN/ID 900 lieferbar

⁶⁾ Duktile Gussrohre werden für den Vortrieb durch Einpressen oder Einschleiben nicht mehr hergestellt. Für $100 \leq \text{DN/ID} \leq 700$ werden sie nur mit zugkraftschlüssigen TYTON-SIT- bzw. -TIS-K-Muffenverbindungen zur grabenlosen Verlegung von Abwasserdruckleitungen z.B. mittels Horizontal-Spülbohrverfahren [5] eingesetzt.

⁷⁾ Auch mit Drachenquerschnitt für $800 \leq \text{DN/ID} \leq 1800$ lieferbar.

⁸⁾ PE-HD-Rohre können werkstoffbedingt nur geringe Druckkräfte aufnehmen, so dass für den Vortrieb durch Einpressen oder Einschleiben nicht geeignet sind. Ihr Einsatz beschränkt sich auf Abwasserdruckleitungen mit zugkraftschlüssigen Rohrverbindungen, die z.B. mittel Horizontal-Spülbohrverfahren [5] grabenlos verlegt werden.

⁹⁾ Nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, wird nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

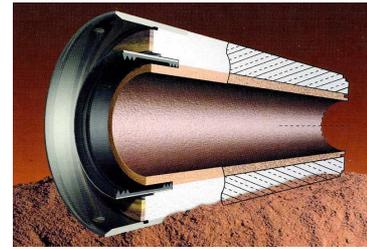
^{*)} Kein Anspruch auf Vollständigkeit



a) FBS-Vortriebsrohre mit Kreisringquerschnitt (Quelle: FBS)



a) Vortriebsrohr mit Kreisquerschnitt außen und Eiquerschnitt innen [18]



b) Stahlbeton-Steinzeug-Vortriebsrohr mit Kreisringquerschnitt [19]

Bild 4 Beispiele für Stahlbeton-Vortriebsrohre

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus der in den Tabellen 1 und 2 enthaltenen Gegenüberstellung wird ersichtlich, dass dem planenden Ingenieur ein sehr breites Spektrum von Abwasserrohren zur Verfügung steht, das es ihm ermöglicht, variabel und gezielt auf hydraulische, statische, bauverfahrenstechnische Belange sowie physikalische, chemische, biochemische und biologische Beanspruchungen zu reagieren.

Zur Lösung hydraulischer Anforderungen stehen neben der Variationsmöglichkeit der Nennweite und damit der Größe des Abflussquerschnittes insbesondere auch die Wahlmöglichkeit unterschiedlicher Querschnittsformen (Kreis-, Ei- und Maulquerschnitt und darauf aufbauende nicht genormte Querschnitte) zur Verfügung.

So bietet sich z.B. die Wahl eines Rohres mit Eiquerschnitt bei Mischwasserkanälen mit geringem Trockenwetterabfluss oder eines Rechteck- oder Maulquerschnittes bei geringen Überdeckungshöhen an.

Bei der offenen Bauweise ist prinzipiell der Einsatz aller Rohrwerkstoffe und -querschnittsformen möglich [20]. In jedem Fall sollten bei der Wahl des Rohrwerkstoffes die Einbaubedingungen und betrieblichen Einwirkungen mit Bezug auf die zu erwartenden physikalischen, chemischen, biochemischen und biologischen Beanspruchungen im Hinblick auf eine lange Nutzungsdauer berücksichtigt werden.

Bei Einbau in geschlossener Bauweise kommen Vortriebsrohre zum Einsatz.

Da diese beim Vortrieb durch Einpressen oder Einschieben hohen Vortriebskräften in Längsrichtung ausgesetzt sind, werden im hier betrachteten nichtbegehbaren Nennweitenbereich überwiegend biegesteife Rohre aus Beton/Stahlbeton, Steinzeug, Polymerbeton sowie biegeweiche Rohre aus GFK mit druckkraftschlüssigen Verbindungen eingesetzt [21]. Die Baulänge der Rohre kann werkstoffabhängig zwischen 1,0 m und 3,0 m variieren. Dieser Wert bestimmt auch maßgeblich die Startschachtabmessungen [5, 8].

Fazit:

Beton- und Stahlbetonrohre in FBS-Qualität können nahezu in beliebiger Nennweite, Querschnittsform und Baulänge für den Bau von Abwasserleitungen und -kanälen in offener und geschlossener Bauweise geliefert werden. Am häufigsten wird der Kreisquerschnitt mit und ohne Fuß eingesetzt. Je nach hydraulischer, statischer oder baulicher Erfordernis kommen auch Rohre mit Kreisquerschnitt und werkseitig eingebauter Trockenwetterrinne oder innerem Drachenquerschnitt, Eiquerschnitt in normaler, überhöhter oder gedrückter Ausführung, Maulquerschnitte, Rechteck- oder Rahmenprofile mit den unterschiedlichsten Verhältnissen von Höhe und Breite sowie andere zur Anwendung. Durch Variation von Wanddicke bzw. Bewehrungsanordnung und -grad können FBS-Stahlbetonrohre individuell an die jeweiligen statischen Erfordernisse der Baumaßnahme angepasst werden.

4 Literatur

- [1] DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen (10.1997)
DIN EN 1610 Beiblatt 1: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen – Verzeichnis einschlägiger Normen und Richtlinien (Stand vom Februar 1997).
- [2] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen (01.2002).
- [3] Firmeninformation Emunds+Staudinger GmbH, Hückelhoven.
- [4] Stein, D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1998.
- [5] Stein, D.: Grabenloser Leitungsbau. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2003.
- [6] DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen (03.2000).
- [7] Arbeitsblatt ATV-A 125: Rohrvortrieb (09.1996).
- [8] Stein, D., Brauer, A.: Praxisorientierter Leitfaden zur Anwendung von Verfahren des Mikrotunnelbaus zur umweltgerechten, kostenminimierten Verlegung von Abwasserleitungen und -kanälen. Unveröffentlichter Forschungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes NRW. Bochum, Mai 2004.
- [9] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen (08.2000).
- [10] Arbeitsblatt ATV-A 161: Statische Berechnung von Vortriebsrohren (01.1990).

-
- [11] Stein, D., Beckmann, D., Brauer, A.: Leitfaden zur Auswahl von Rohrwerkstoffen für kommunale Entwässerungssysteme – Teilexpertise „Statische Berechnung / Biegesteifigkeit“. Expertise der Prof.-Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum im Auftrag der FBS e.V., Bonn. Bochum, Dezember 2004.
- [12] FBS-Qualitätsrichtlinie – Teil 1 (FBS-QR Teil 1): Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Ausführungen, Anforderungen, Prüfungen (09.2004).
- [13] Firmeninformation Harzer Betonwarenwerke Rolf Pöthmann Handelsgesellschaft mbH, Vienenburg.
- [14] DIN 4263: Formen, Maße und geometrische Werte von Kanälen und Leitungen im Wasserwesen (04.1991).
- [15] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).
DIN EN 1916 Berichtigung 1: Berichtigungen zu DIN EN 1916 (05.2004).
- [16] DIN V 1201: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton für Abwasserleitungen und -kanäle – Typ 1 und Typ 2 – Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität (Vornorm 08.2004).
- [17] Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS), Bonn: Technisches Handbuch. Bonn 1999.
- [18] Firmeninformation DW Betonrohre GmbH, Nievenheim.
- [19] Steinzeug Abwassersysteme GmbH (Hrsg.): Handbuch Steinzeug – Ein komplettes Programm für die moderne Abwasserkanalisation. Köln 1998.
- [20] DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme (08.1997).
- [21] DIN EN 14457: Allgemeine Anforderungen an Bauteile, die bei grabenlosem Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen verwendet werden (09.2004).