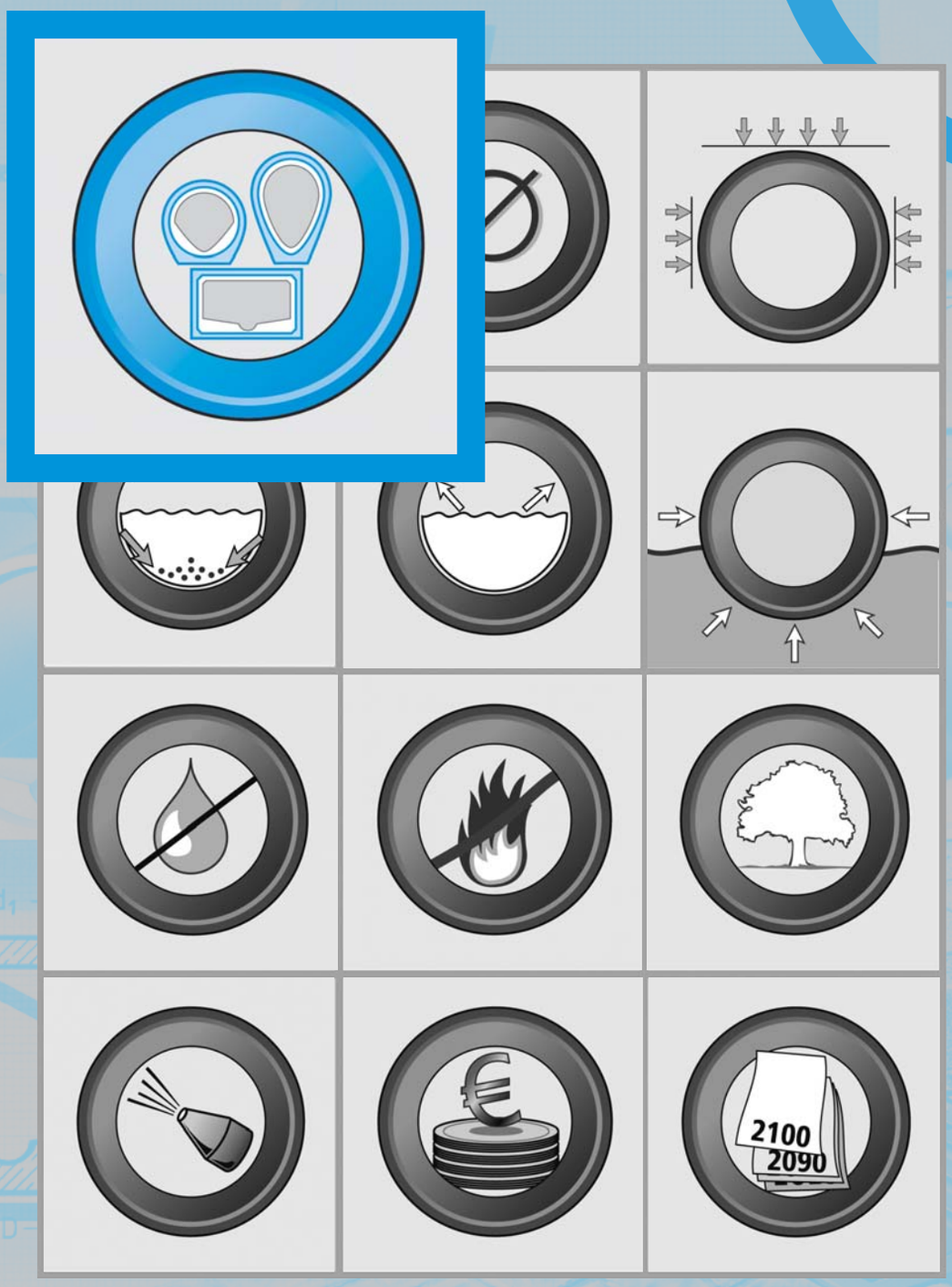
Rohrwerkstoffauswahl – ein Vergleich

Stand 2007

Ausgabe 9/12

FBS-LIEFERPROGRAMM – PRODUKTVIELFALT ZUR OPTIMALEN LÖSUNG



LEITFADEN FÜR PLANER, BAUHERREN UND AUSFÜHRENDE

WWW.ROHRWERKSTOFFAUSWAHL.DE

FBS-Lieferprogramm – Produktvielfalt zur optimalen Lösung vielfältiger Aufgaben

1. Einleitung

Der Bau von Abwasserleitungen und -kanälen unterliegt vielfältigen Anforderungen, die sich aus dem Betrieb und der Bauweise ergeben. Hierzu zählen insbesondere hydraulische und statische Anforderungen, die angestrebte Nutzungsdauer, Anforderungen aus Art, Menge und zeitlichem Anfall (Ganglinie) des abzuleitenden Abwassers sowie der betrieblichen Instandhaltung und Reinigung.

Diese Systemanforderungen wirken sich unmittelbar auf die technische Gestaltung des gesamten Lieferprogramms bestehend aus Rohren für die offene und geschlossene Bauweise (Vortriebsrohre, s. Exkurs Offene vs. geschlossene Bauweise), Schächten und Senkschächten sowie Formstücken und Sonderbauteilen aus. Mit dem Werkstoff Beton bzw. Stahlbeton lassen sich die Bauteile in einer Vielfalt und Varibilität fertigen, wie sie sonst mit keinem anderen Rohrwerkstoff möglich sind. Die sich aus der geschlossenen Bauweise ergebenden Anforderungen lassen sich in idealer Weise mit Beton- und Stahlbetonrohren realisieren: Selbst Nennweiten von 4,5 m und mehr stellen kein Problem dar, ebenso wenig die für Langestreckenvortrieb von über 1000 m mit mehreren Kurven erforderlichen großen Vortriebskräfte.

Alle diese Produkte aus Beton und Stahlbeton werden in Übereinstimmung mit dem Normen- und Regelwerk und – sofern der Hersteller Inhaber des entsprechenden FBS-Qualitätszeichens ist – nach den strengeren FBS-Qualitätsrichtlinien hergestellt und überwacht. Die wichtigsten Normen und Regeln sind: DIN 1045 [1], DIN EN 1916 [2], DIN V 1201 [5], DIN EN 1917 [3], DIN V 4034-1 [4], FBS-Qualitätsrichtlinie [10].

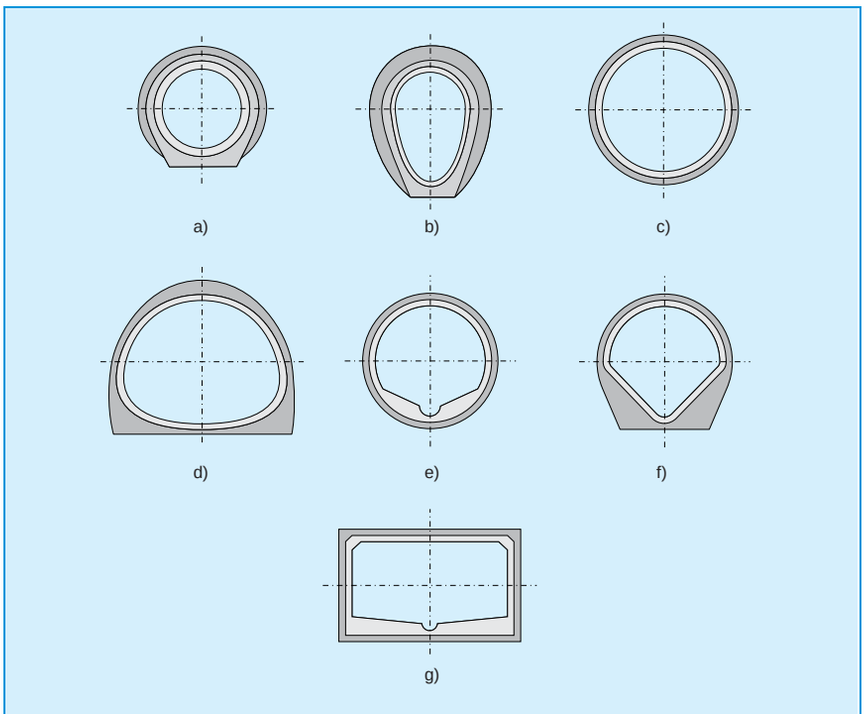


Bild 1 Beispiele für Querschnittsformen nach DIN 4263 [11] für FBS-Beton- und Stahlbetonrohre nach DIN EN 1916 [2] bzw. DIN V 1201 [5].

2. Lieferprogramm der FBS-Mitglieder

2.1 Formenvielfalt

Das besondere Potential des Baustoffs Beton liegt in seiner nahezu beliebigen Formbarkeit, welche die Herstellung von Rohren nach DIN 1916 und DIN V 1201 mit beliebigem hydraulischen Abflußquerschnitt wie z. B. Kreis-, Ei-, Maul-, Rechteckprofil nach DIN 4263, und gegliederten bzw. kombinierten zusammengesetzten Querschnitten und auch räumlich gekrümmten Bauteilen erlaubt (Bild 1).

Selbstverständlich ist auch die äußere Form nach statischen und bauverfahrenstechnischen Kriterien variabel; neben der kreisförmigen Außenkontur werden häufig Rohre mit Fuß oder polygonaler Außenkontur eingebaut. Abgesehen von der Querschnittsform ist natürlich auch die Baulänge in weiten Bereichen variabel und mittels Paßrohren cm-genau an die Baustellenerfordernisse anpaßbar.

Insbesondere beim Bau von Schachtbauwerken lassen sich mit Beton nahezu alle, auch sehr komplexe Situationen lösen: neben den Standardschächten nach DIN 1917 und DIN V 4034-1 [3, 4] werden große Vereinigungsbauwerke, Regenüberlaufbauwerke mit komplizierter Führung und Teilung der Abwasserströme als monolithische oder aufgelöste Fertigteile nach DIN 1045 konstruiert und hergestellt (Bild 2).

In einzelnen werden von den FBS-Mitgliedsfirmen folgende Produkte angeboten:

Bild 2: Kompliziertes Krümmer- und Schachtbauwerk mit Drachenquerschnitt im Hauptstrom und zufließendem Eiprofil, Sohlenbereich geklinkert [9].

2.2 Vielfalt des Betons und Zusatzmaßnahmen

Abgesehen von hydraulischen und bauverfahrenstechnischen sowie betrieblichen Anforderungen ergeben sich auch aus der Beschaffenheit des abzuleitenden Wassers – d. h. Regen-, Misch- und Schmutzwasser – in Abhängigkeit der Abwasserherkunft (beispielsweise kommunales oder industrielles Schmutzwasser) und der Kanalatmosphäre besondere Anforderungen an die Bauteile und den Beton. Mit den in den o.a. Normen geregelten Produkten und Betonen lassen sich etwa 95 % der im kommunalen Bereich zu erwartenden Expositionsklassen, welche die chemischen Einwirkungen auf den Beton klassifizieren, abdecken. Für die übrigen ca. 5 % stehen im Hinblick auf Festigkeit und Chemikalienwiderstand besonders leistungsfähige Betone – sogenannte hochfeste säurewiderstandsfähige Sonderbetone – zur Verfügung (s. s. Expertise „Chemikalienwiderstand von Beton“). Eine diesbezüglich besonders interessante Maßnahme wurde im Jahr 2005 in Berlin realisiert. Es kamen zwei unterschiedliche Rechteckprofiltypen mit Trockenwetterrinne und einem Stückgewicht von 34 t zum Einsatz, die aus einem säurewiderstandsfähigem Hochleistungsbeton hergestellt wurden (Bild 3) [6].

FBS-Betonrohre kreisförmig mit und ohne Fuß DN 300 bis DN 1500 sowie eiförmig 300/450 bis 1200/1800	FBS-Gelenkstücke
FBS-Stahlbetonrohre kreisförmig DN 300 bis > DN 4000 und eiförmig 300/450 bis 1400/2100 sowie mit Sonderquerschnitten	FBS-Passstücke
FBS-Rechteckprofile	FBS-Übergangsstücke
FBS-Vortriebsrohre aus Beton DN 300 bis DN 1000	FBS-Böschungsstücke
FBS-Vortriebsrohre aus Stahlbeton DN 300 bis > DN 4000	FBS-Anschlußstücke
FBS-Formstücke	FBS-Schachtfertigteile
FBS-Krümmer	FBS-Schachtbauwerke nach individuellen Planungsanforderungen

Bild 3: Schmutzwasserkanal Berlin-Alexanderstraße – Rechteckprofile L/B/H=3,0/4,2/3,3 m (außen) aus Hochleistungsbeton mit hohem Säurewiderstandsvermögen [6].

Alternativ besteht stets auch die Möglichkeit, Rohre aus den „Standardbetonen“ teilweise oder auch über den gesamten dem Abwasser und der Kanalatmosphäre ausgesetzten Innenumfang mit keramischen, gläsernen oder Kunststoffauskleidungen und Beschichtungen zu versehen (Planungshinweise s. [7]).

3 Vergleichende Gegenüberstellung und 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 mit kreisförmigem Abflußquerschnitt zur Verfügung steht, das es ihm ermöglicht, variabel und gezielt auf die üblichen hydraulischen, statischen, bauverfahrenstechnischen Belange sowie physikalischen, chemischen, biochemischen und biologischen Beanspruchungen zu reagieren.

Besondere hydraulische und statische Anforderungen und große erforderliche Nennweiten – wie sie in Ballungszentren zunehmend erforderlich werden – mit hohen Anforderungen in Bezug auf Standsicherheit und minimalen Baugrundverformungen lassen sich fast ausschließlich nur mit Beton- und Stahlbetonrohren und -schächten realisieren. Nur der Werkstoff Beton und Stahlbeton erlaubt die vom Planer geforderten Auswahl- und Variationsmöglichkeiten von Nennweite, Tragfähigkeit, Minimierung von Verfor-

Bild 6 a) FBS-Stahlbetonvortriebsrohr mit Kreisquerschnitt außen und Eiquerschnitt innen [8]

Exkurs: Offene vs. geschlossene Bauweise

Der Einbau von Abwasserleitungen erfolgt heute noch überwiegend in **offener Bauweise** nach DIN EN 1610 bzw. ATV-DVWK-A 139 durch Ausheben eines Grabens, Verlegen der Leitung im Schutze einer Böschung oder eines Verbaus und anschließendes Verfüllen des Grabens (Bild 4).

Bild 4: Verlegung von Betonrohren in offener Bauweise mit Hilfe von Verbaugeräten zur Sicherung der Grabenwände (Quelle: Emunds & Staudinger, Hückelhoven)

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

- 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 Verfahren des grabenlosen Leitungsbaus Berücksichtigung. Sie basieren auf dem Prinzip des Rohrvortriebs, bei denen von einem Startschacht aus mit Hilfe einer Pressstation Rohre durch den Baugrund bis in einen Zielschacht vorgetrieben werden. Der anstehende Boden wird vom Bohrkopf entweder verdrängt oder an der Ortsbrust abgebaut und nach über Tage abgefördert (Bild 5).

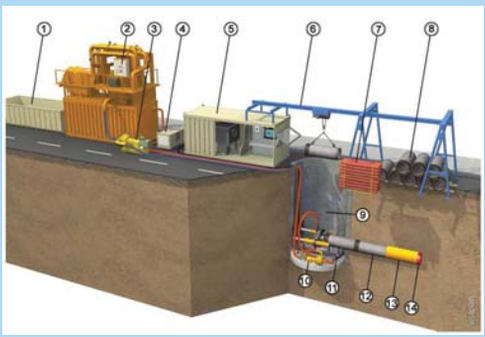


Bild 5 Prinzipskizze des Mikrotunnelbaus mit hydraulischer Förderung beim einphasigen Vortrieb (Quelle: Stein & Partner)

1) Bohrkleincontainer
2) Separationsanlage
3) Zuförderpumpe
4) Stromgenerator
5) 20-Fuß-Container mit Steuerstand und Hydraulikaggregat
6) Kranbahn
7) Förderleitungen
8) Vortriebsrohre
9) Startschacht
10) Abförderpumpe
11) Pressstation
12) Vortriebsrohrstrang
13) Vortriebsmaschine
14) Bohrkopf (Schneidrad)

Rohre aus Beton und Stahlbeton sind für beide Verfahren gleichermaßen aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften und Robustheit und der Möglichkeit der individuellen Anpassung von Wanddicke und Baulänge hervorragend geeignet. Unabhängig vom Bauverfahren müssen die Rohre für die unterschiedlichen Beanspruchungen im Bau- und Betriebszustand nach ATV-DVWK-A 127 (offene Bauweise) bzw. nach ATV-A 161 (geschlossene Bauweise) berechnet werden (s.a. Teilexpertise „Statische Berechnung / Biegesteifigkeit“).

mungen unter Berücksichtigung der Bauverfahrentechnik und insbesondere auch die Wahlmöglichkeit unterschiedlicher Querschnittsformen (Kreis-, Ei- und Maulquerschnitt und darauf aufbauende nicht genormte Querschnitte). Beispielsweise bietet sich die Wahl von Beton- und Stahlbetonrohren mit Eiquerschnitt oder Trockenwetterrinnen bei Mischwasserkanälen mit stark schwankenden Füllungsgraden oder bei geringem Trockenwetterabfluss an (Bild 6).

In innerstädtischen Bereichen bedingen die vorhandenen Höhen- und Gefälleverhältnisse, aber auch Einschränkungen durch geringe Überdeckungshöhen und benachbarte Bauwerke und Leitungen häufig, dass der geforderte Abflußquerschnitt mit kreisrunden Profile nicht oder nur mit großen betrieblichen Nachteilen (beispielsweise wenn zwei Parallelleitungen erforderlich werden) ausgeführt werden kann. Eine sehr gute Alternative dazu stellt die Wahl eines Rechteck- oder Maulquerschnittes aus Stahlbeton dar. Die monetäre Untersuchung derartiger Varianten führt fast immer zu Kostenvorteilen gegenüber einer Lösung mit kreisrunden Rohren, zumal die FBS-Mitglieder auch die stets erforderlichen Sonderbauteile und Schachtbauwerke anbieten (Bild 7).

Fazit:

Beton- und Stahlbetonrohre in FBS-Qualität einschließlich aller Sonderbauteile, Formstücke, Schachtfertigteile und Schachtbauwerke können nahezu in beliebigen Abmessungen und Nennweiten, Querschnittsformen und Baulängen für den Bau von Abwasserleitungen und -kanälen in offener und geschlossener Bauweise geliefert werden.

Je nach hydraulischer, statischer oder baulicher Erfordernis kommen Rohre mit Kreisquerschnitt ggf. mit werkseitig eingebauter Trockenwetterrinne, mit Drachenquerschnitt, Eiquerschnitt in normaler, überhöhter oder gedrückter Ausführung, Maulquerschnitte, Rechteck- oder Rahmenprofile mit den unterschiedlichsten Verhält-

Tabelle 1: Lieferprogramm von vorgefertigten Abwasserrohren mit Kreisquerschnitt ≤ 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]						2 u. 2,5 m
250	1 u. 2 m		2 u. 2,5 m					1, 2, 3 u. 5 m		
300	2 u. 2,5 m		2,5 m [5]			3 m [10]				
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 300 ≤ DN/ID ≤ 1500 ohne Fuß (Form K) oder mit Fuß (Form KF) hergestellt [10]. Andere, beliebige Querschnittsformen z. B. nach DIN 4263 [11] 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 ≤ DN/ID ≤ 4000 und größer ohne (K) oder mit Fuß (KF) hergestellt. Andere, beliebige Querschnittsformen nach DIN 4263 [11] 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 > DN/ID 600 sind nach Absprache lieferbar, Sonderlängen möglich.

12) DN/ID 150 auch als Ringbundware lieferbar.

13) Ohne und mit Fuß lieferbar.

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

*) Kein Anspruch auf Vollständigkeit

Tabelle 2 Lieferprogramm von vorgefertigten Abwasserrohren mit Kreisringquerschnitt ≤ DN/ID 1200 für die geschlossene Bauweise in Abhängigkeit von Werkstoff, Rohrnennweite und Regelbaulänge *)

DN/ID	Einfach-Vortriebsrohre							Vortriebsrohre mit Trag- und integrierter Korrosionsschutzschicht [9]		
	Stahl-beton [1]	Stein-zeug	Duktiler Guss [6]	GFK	Polymer-beton [7]	PE-HD	PVC-U	Stahlbeton-Steinzeug	Stahlbeton-PVC-U, PP, HDPE	Stahlbe-ton-GFK
150	–	1 m	–	–	1 m	– [8]	1 m	–	–	–
200				1, 2 u. 3 m						
250		1 u. 2 m			1 u. 2 m				2, 2,5 u. 3 m [5]	
300	1 u. 2 m [2]							2 m [4]		2 m
400		2 m								
500	2 m				2 m [3]					
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 und dickwandige, 2-lagig bewehrte Rohre in FBS-Qualität (Anmerkung: Vortriebsrohre aus Beton werden angeboten). Andere, beliebige Querschnittsformen können ebenfalls ausgeführt werden.

2) Für 1 m Baulänge: Bei DN/ID 300 nur als 1-lagig bewerte Rohre, bei DN/ID 400 nur als 2-lagig bewehrte Rohre 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 Einschieben nicht mehr hergestellt. Für 100 ≤ DN/ID ≤ 700 werden sie nur mit zugkraftschlüssigen TYTON-SIT- bzw. -TIS-K-Muffenverbindungen zur grabenlosen Verlegung von Abwasserdruckleitungen z. B. mittels Horizontal-Spülbohr„erfahren eingesetzt.

7) Auch mit Drachenquerschnitt für 800 ≤ DN/ID ≤ 1800 lieferbar.

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

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

*) Kein Anspruch auf Vollständigkeit

nissen von Höhe und Breite sowie andere Querschnitte zur Anwendung. Durch Variation von Wanddicke bzw. Bewehrungsanordnung und -grad können FBS-Stahlbetonrohre und Schächte individuell an die jeweiligen statischen Erfordernisse der Baumaßnahme angepasst werden.

Für besonders hohe Anforderungen an die Betondruckfestigkeit beispielsweise bei Vortriebsrohren sowie für besonders aggressive Umgebungsbedingen stehen Hochleistungsbetone zur Verfügung.

Literatur

[1] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion (07.01); Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität (07.2001); Teil 3: Bauausführung (07.2001); Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen (07.2001).

[2] DIN EN 1916: Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003)

[3] DIN EN 1917: Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton (04.2003).

[4] DIN V 4034-1: Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteilen für Abwasserleitungen und kanäle – Typ 1 und Typ 2; Teil 1: Anforderungen, Prüfungen und Bewertung der Konformität (08.2004).

[5] 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).

[6] Körkemeyer, K.; Weßing, K.: Infrastrukturmaßnahme Berlin-Alex-anderstraße – Bau des Mischwasser- und Regenüberlaufkanals unter Einsatz großformatiger Stahlbetonfertigteile mit Rechteckquerschnitt. Jahrbuch Beton und Fertigteil 2006, S. 148–153. Bauverlag GmbH, Gütersloh 2005.

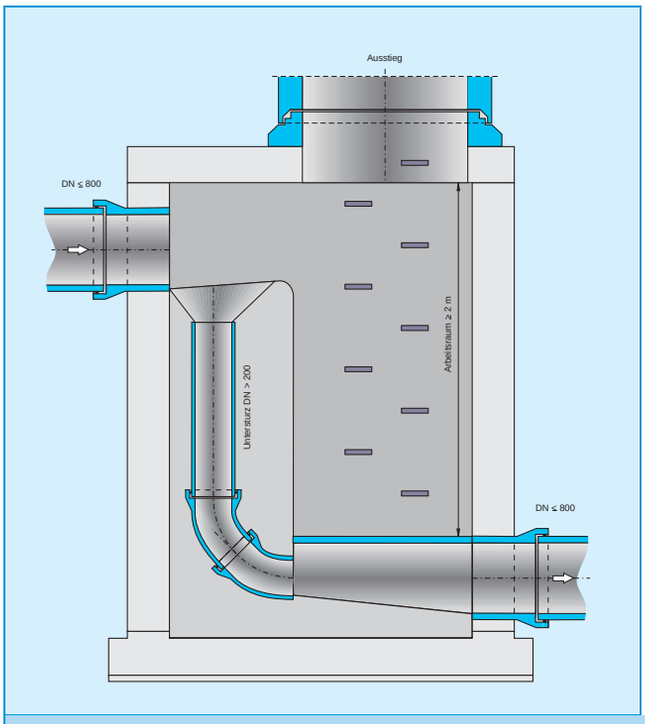
[7] Firmeninformation CPC-Consultants, Köln und Berlin, 2007 (www.cpc-consultants.de)

[8] Firmeninformation DW Betonrohre GmbH, Nievenheim.

[9] Technisches Handbuch. Hrsg. FBS, 2. überarbeitete Auflage. Bonn, 2006.

[10] FBS-Qualitätsrichtlinie – Teil 1 (FBS-QR Teil 1): Rohre und Formstücke aus Beton und Stahlbeton in FBS-Qualität für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle – Allgemeines, Ausführungen, Anforderungen und Prüfungen (08.2005).

[11] DIN 4263: Formen, Maße und geometrische Werte von Kanälen und Leitungen im Wasserwesen (04.1991).



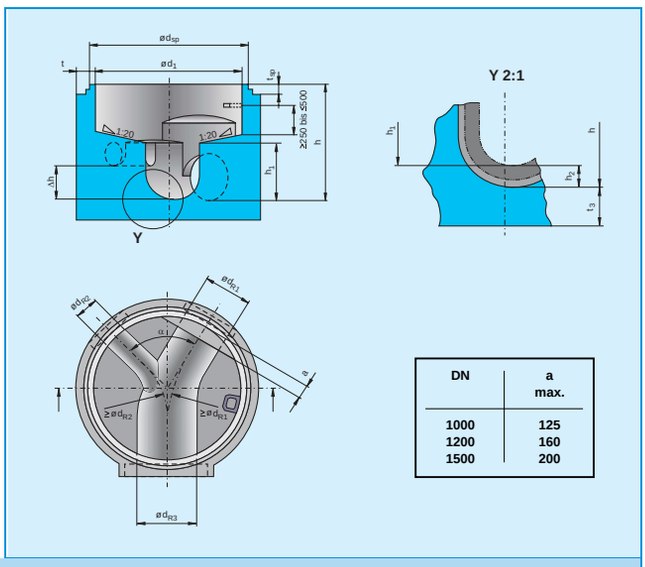


Bild 7: Beispiele für die Ausbildung eines Absturzschachtes (links) und eines Schachtgerinnes (rechts) nach DIN V 4034-1 [4] (Bilder entnommen aus [9]).