



# Abwasserkanäle und Leitungen aus Polymerbeton

Dipl.-Ing. Thomas D. Bloomfield, Oberhausen

**meyer**<sup>®</sup>

# Abwasserkanäle und -leitungen aus Polymerbeton

Dipl.-Ing. Thomas D. Bloomfield\*, Oberhausen

**Auf Grund der hervorragenden Materialeigenschaften wird sich der Werkstoff Polymerbeton in den nächsten Jahren weiter durchsetzen. Ein ideales Anwendungsgebiet ist die geschlossene Bauweise. Hier kommen die Vorteile, hohe Festigkeit des Materials und hervorragende Maßhaltigkeit der Rohre, voll zur Geltung. Polymerbetonrohre mit den dazugehörigen Schächten aus Polymerbeton bilden ein vollständig dichtes und korrosionsbeständiges System und erfüllen somit die heutigen Anforderungen an neu zu verlegende Leitungen.**

Hochgefüllter Reaktionsharzbeton wird seit Jahrzehnten in der chemischen Industrie, im Maschinenbau (Maschinenfundamente), im Bauwesen (Fassadenelemente, Sanitärteile) und in der Elektrotechnik wegen seiner vorteilhaften Eigenschaften, insbesondere Festigkeit bei gleichzeitiger Elastizität sowie Korrosionsbeständigkeit, eingesetzt. Der Werkstoff wird auch als Polymerbeton oder Mineralguß bezeichnet und setzt sich aus dem Bindemittel Reaktionsharz und einem großen Anteil meist mineralischer Füllstoffe zusammen.

Die Entwicklung von Rohren aus Polymerbeton datiert aus dem Anfang der 60er Jahre. Ziel war die „wesentliche Erhöhung der Beständigkeit gegenüber chemischem Angriff von innen und außen sowie der Fertigkeiten gegenüber Beanspruchungen durch äußere und innere Lasten, wobei die Beibehaltung aller, besonders der wirtschaftlichen Vorteile des Rohres als vorgefertigtes Fertigteil erreicht werden sollte“ [1]. So wurden bis zum Jahre 1969 in Deutschland rund 50000 t Rohre aus

Polymerbeton in den Nennweiten DN 300 bis DN 3500 mit Polyesterharz oder Epoxidharz als Bindemittel in vorgespannter bewehrter und unbewehrter Ausführung erzeugt und hauptsächlich als Abwassersammler in der chemischen Industrie eingesetzt und erprobt, so daß schon damals über die Technologie des Produktes gesicherte Aussagen gemacht werden konnten.



1 Kanalbaustelle mit Rohren DN 2000 aus Polymerbeton in einem Industriebetrieb



2 Verlegung von Kanalrohren aus Polymerbeton

Trotz dieser Erfolge und der hervorragenden Eigenschaften des Produktes konnten sich Rohre aus Polymerbeton zunächst nicht auf Dauer auf dem Markt durchsetzen. Die Herstellung wurde entweder aus Kostengründen oder wegen der nicht ausreichend beherrschten fertigungstechnischen Besonderheiten nach einiger Zeit wieder aufgegeben.

Die Verfahren zur Serienfertigung von Rohren und Schächten aus Polymerbeton wurden jedoch in den letzten zehn Jahren grundlegend verbessert, so daß heute Polymerbeton als kostengünstige Alternative zu anderen korrosionsbeständigen Rohrmaterialien zur Verfügung steht.

## Der Werkstoff

Rohre aus Polymerbeton bestehen bis zu 90 % aus quarzitischen feuergetrockneten Füllstoffen, d. h. mineralischen Sanden und Kiesen mit einer Sieblinie von 0 bis 16 mm sowie Reaktionsharzen als Bindemittel. Sie enthalten keinen Zement. Statt dessen bewirkt das Reaktionsharz nach der Aushärtung den Verbund zwischen den Füllstoffen und verleiht den Rohren die zusätzlichen positiven Eigenschaften: Elastizität, Bruchsicherheit und Korrosionsbeständigkeit.

Kunststoffe sind makromolekulare Verbindungen, d. h. durch Zusammenschluß kleiner Grundmoleküle entstandene großräumige Moleküle. „Polymer“ (griech.) bedeutet „aus größeren Molekülen bestehend“. Somit werden Kunststoffe auch als hochpolymere Stoffe bezeichnet und Beton mit Kunststoff als Bindemittel eben als Polymerbeton.

Je nach den Anforderungen, die an die chemische Beständigkeit des Materials gestellt werden, kommen als Reaktionsharze Polyester, Vinylester oder Epoxidharz zur Anwendung.

Bei diesen Kunststoffen handelt es sich um sogenannte Duroplaste, die nach einer

chemischen Reaktion (Polymerisation bzw. Polyaddition) vollständig ausgehärtet und nicht wieder aufschmelzbar sind. Ganz im Gegensatz zu den Thermoplasten, wie PVC und PE, die sich unter dem Einfluß von Wärme verformen und schließlich schmelzen. Dies ist bedingt durch den unterschiedlichen Molekularaufbau. Bei Duroplasten entstehen während der Aushärtung Raumnetzwerkstrukturen, d. h. dreidimensionale chemische Verbindungen, wogegen bei Thermoplasten Fadenmoleküle ungeordnete Strukturen bilden, die sich gegeneinander verschieben können. Duroplaste verspröden auch nicht bei Temperaturen unter 0 °C.

## Herstellung

Polymerbetonrohre wurden bereits in unterschiedlichen Verfahren - im Schleuder-, Schleuderwalz- und Rüttelverfahren - sowohl mit als auch ohne Bewehrung hergestellt. Beim heute gebräuchlichen Rüttelverfahren werden die Materialien in einer computergesteuerten Dosier- und Aufbereitungsanlage gemischt und anschließend in vertikale Stahlformen, bestehend aus einem Innenkern und einer Außenform, eingebracht. Nach der Verdichtung auf dem Rütteltisch härtet das Rohr in der Form aus, wird entschalt und anschließend in einem Tunnelofen getempert. Auf diese Weise lassen sich kreisrunde und eiförmige Rohre sowie Sonderquerschnitte, aber auch Schachtringe, Schachthälse und Baugrubenteile erzeugen. Die Rohrverbindung wird als separate Steckkupplung aus glasfaserverstärktem Polyesterharz im Wickelverfahren hergestellt. Dabei werden die Elastomer-, Dicht- und Distanzringe mit einlaminiert, Sie erfüllen selbstverständlich die Anforderungen, die in der DIN 4060 an „Dichtringe aus Elastomeren für Rohrverbindungen“ gestellt werden.

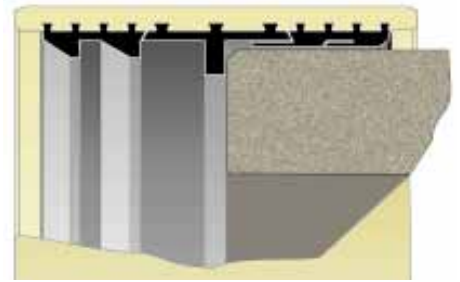
## Eigenschaften

- Druckfestigkeit 100 bis 120 N/mm<sup>2</sup>
- E-Modul 28.000 N/mm<sup>2</sup>
- Zugfestigkeit 6 N/mm<sup>2</sup>
- Ringbiegezugfestigkeit 16 N/mm<sup>2</sup>
- Schwellfestigkeit 6 N/mm<sup>2</sup>
- Abriebfestigkeit 0,2 mm/ 100.000 Lastspiele (Darmstädter Verfahren)
- absolute Wandrauheit 0,1 mm

Polymerbetonrohre mit Polyesterharz als Reaktionsharz sind in jedem Fall beständig gegen „sehr stark angreifende und aggressive“ Medien gemäß DIN 4030. Je nach Harztyp können sie sogar eingesetzt werden bei pH-Werten von 1 bis 13. Für extrem belastete Abwässer (CKW oder AKW) können Polymerbetonrohre auch mit Epoxidharz hergestellt werden. Die Vorteile von Rohren aus Polymerbeton liegen somit in ihrer hohen Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Abwässern bzw. Böden, ihrer großen statischen Belastbarkeit bei gleichzeitig relativ geringem Gewicht, ihrer niedrigen Innenwandrauheit und hohen Abriebfestigkeit.

## Kanalrohre

Kanalrohre aus Polymerbeton werden standardmäßig mit glatten Enden in einer Baulänge von 3000 mm und in Durchmessern von DN 300 bis DN 2500 hergestellt. Es gibt keine Unterteilung in z. B. normalwandige und wandverstärkte Rohre. Eine einheitliche Rohrwandung pro Nennweite erleichtert die Lagerhaltung und deckt 85 % aller Einbaufälle im Sand-/Kiesauflager ab. Dem Planer werden hierzu als erste Unterstützung Auflagerempfehlungen zur Verfügung gestellt, aus denen hervorgeht, welches Auflager unter bestimmten Voraussetzungen ausreichende Sicherheiten bietet. Den Berechnungen hat das ATV-Arbeitsblatt A 127 „Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen“, 2. Auflage 1988, zugrunde gelegen, und die Empfehlungen wurden von einem vereidigten Sachverständigen überprüft. Falls erforderlich, wird natürlich eine ausführliche statische Berechnung für die exakten Bedingungen eines Bauvorhabens ausgearbeitet. Die Herstellung der Rohre in maßgenauen Gießformen aus Stahl sichert geringste Maßtoleranzen und kreisrunde Rohre über die gesamte Länge. Verbunden werden sie durch eine Steckkupplung aus glasfaserverstärktem Polyesterharz mit einer fest integrierten elastomeren Doppellippendichtung mit mittigem Anschlagsteg, die bereits werkseitig auf ein Rohrende aufgezogen wird. Die Rohre und Kupplungen sind so maßgenau aufeinander abgestimmt, daß die Rohrleitungen absolut wasserdicht sind und mit einem Druck bis zu 2,4 bar abgedrückt werden können.



3 GFK-Steckkupplung

Die Elastomerdichtungen sind fest in den Kupplungen verankert und gewährleisten eine den Rohren entsprechende Chemikalien- und Alterungsbeständigkeit. Die Montage erfolgt - wie bei allen Steckverbindungen - unter Verwendung handelsüblicher Gleitmittel. Die Rohre sind auch mit Seitenzuläufen 45° und 90° lieferbar.

## Eiprofile

Ei- und Maulprofile aus Polymerbeton werden in den Abmessungen gemäß DIN 4263 hergestellt. Andere Abmessungen, wie z.B. die in verschiedene „Klassen“ eingeteilten Eiprofile der „Sielbauvorschrift“ der Freien und Hansestadt Hamburg sind ebenso lieferbar.

Die Abmessungen von Eiprofilen betragen: Breite/Höhe 300/400 bis 700/1050 mm Baulänge=2,5 m, Wandstärke 40 bis 80 mm Breite/Höhe 800/1200 bis 1400/2100 mm Baulänge=2 m, Wandstärke 90 bis 150 mm.

Die Verbindung erfolgt genau wie bei den kreisrunden Rohren mit einer Steckkupplung aus glasfaserverstärktem Polyesterharz mit einer fest integrierten elastomeren Doppellippendichtung mit mittigem Anschlagsteg. Diese Kupplung ermöglicht eine genauso einfache Montage, wie die der kreisrunden Rohre. Zur Vereinfachung der Handhabung sind Transportanker in den Fuß der Eiprofile eingebaut. Eiprofile bieten eine Reihe von Vorteilen. Hydraulisch sind sie den kreisrunden Querschnitten bei starken Schwankungen des Abflusses mit kleinen Trockenwetterabflüssen überlegen. Beim Trockenwetterabfluß sorgt der schmalere Querschnitt in der Sohle durch die höhere Fließgeschwindigkeit für den besseren Abfluß. Die entsprechend höheren Schleppkräfte ergeben wesentlich geringere Ablagerungen. Bei Sturzregen steigt das Wasser bis zum oberen Abschnitt und nutzt die breite



4 Polymer concrete jacking pipe DN 1000 with steel sleeve

Reservekapazität. Weitere Vorteile gegenüber kreisrunden Rohren ergeben sich insichtlich der Belastbarkeit durch die geringere Auflastbreite und bei der Verlegung durch die schmalere Grabenbreite. Außerdem sind Eiprofile leichter zu begehen und einfacher zu reinigen. sorgt der schmalere Querschnitt in der Sohle durch die höhere Fließgeschwindigkeit für den besseren Abfluß. Die entsprechend höheren Schleppkräfte ergeben wesentlich geringere Ablagerungen. Bei Sturzregen steigt das Wasser bis zum oberen Abschnitt und nutzt die breite Reservekapazität. Weitere Vorteile gegenüber kreisrunden Rohren ergeben sich insichtlich der Belastbarkeit durch die geringere Auflastbreite und bei der Verlegung durch die schmalere Grabenbreite. Außerdem sind Eiprofile leichter zu begehen und einfacher zu reinigen.

## Vortriebsrohre

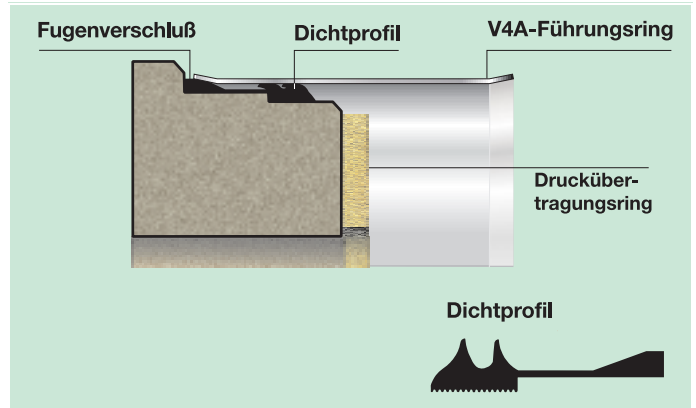
Vortriebsrohre aus Polymerbeton werden mit einer Wanddicke hergestellt, die den erfahrungsgemäßen Belastungen der Vortriebsrohre gerecht wird. Bei der Ermittlung der zulässigen Pressenkräfte wird angenommen, daß durch die Steuerbewegungen der Vortriebsmaschine die

gesamten Pressenkräfte exzentrisch auf die Hälfte des Rohrquerschnittes einwirken können. Die Abmessungen der gebräuchlichsten Durchmesser sind in Tabelle 1 aufgeführt:

In besonderen Fällen können auch größere Wanddicken zur Aufnahme höherer Pressenkräfte hergestellt werden.

Die Rohrverbindung besteht aus einer aufgezogenen und in die Rohrwand integrierten Manschette aus glasfaserverstärktem Kunststoff, alternativ aus nichtrostendem Stahl, mit Fugenverschluß aus Zellgummi sowie beiderseitigen Dichtprofilen, die mit der Rohrwand fest verbunden sind. Für die gleichmäßige Druckübertragung sorgt ein im Werk befestigter Ring aus Preßspan oder astfreiem Weichholz, wie z. B. Fichte oder Tanne, in einer Dicke von 10 bis 25 mm, je nach Rohrdurchmesser.

Der lichte Querschnitt von Vortriebsrohren muß nicht kreisförmig sein. Vortriebsrohre mit einem lichten Querschnitt in Ei-, Maul- oder Drachenprofil lassen sich ohne weiteres fertigen. Die Rohre werden miteinander durch Bolzen arretiert, um eine unerwünschte axiale Verrollung der einzelnen Rohre gegeneinander zu verhindern. Die Rohrverbindung ist analog zu den üblichen Vortriebsrohren.



5 Verbindung von Vortriebsrohren aus Polymerbeton DN 250 bis DN 900

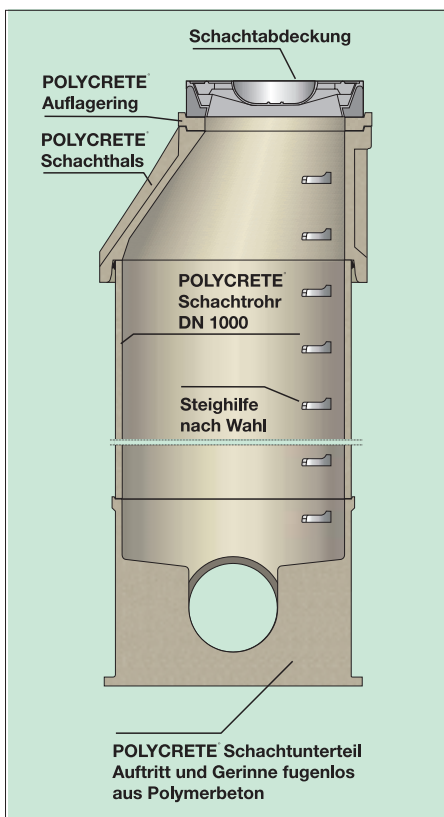
Tabelle 1: Die gebräuchlichsten Rohrdurchmesser für Vortriebsrohre

DN	Äußerer Durchmesser mm	Wanddicke mm	Baulänge m	Zulässige Pressenkraft t	Zulässige Pressenkraft kN	Rohrgewicht kg/m
150	200	29	1	16	160	37,5
200	275	37,5	1	21	210	62
250	360	55	1 und 2	53	530	117
300	400	50	1 und 2	51	510	122
400	550	75	1 und 2	150	1500	249
500	660	80	2	190	1900	324
600	760	80	2	224	2240	380
700	860	80	2	240	2400	435
800	960	80	2	272	2720	490
900	1000	100	2	448	4480	700
1000	1184	92	2 und 3	414	4140	697/703
1200	1482	141	3	570	5700	1327
1400	1720	160	3	740	7400	1750
1600	1940	170	3	890	8900	2100

Der Vortrieb selbst ist problemlos. Eine Verrollung des gesamten Rohrstranges während des Vortriebs muß jedoch verhindert werden.

Die extrem hohe Druckfestigkeit von Polymerbeton, die glatte Oberfläche der Rohre und die daraus resultierende niedrige Mantelreibung sowie die flexible GFK-Manschette, die sich den Steuerbewegungen der Vortriebsmaschine und der Bewegung der nachfolgenden Rohre anpaßt, prädestinieren Polymerbetonrohre für den Einsatz im Rohrvortrieb. Durch die glatte, nicht saugende Polymerbetonoberfläche erhöhen sich die Pressenkräfte auch nach längeren Stillstandszeiten, z. B. nach einem Wochenende, nur unwesentlich.

Es sind die kleinen Extras, die oft die Durchführung eines Rohrvortriebes wesentlich erleichtern: Für Baumaßnahmen, die eine Bentonitschmierung der Vortriebsrohre erforderlich machen, werden werkseitig Injektionsstutzen mit Rückschlagklappe und Verschlußstopfen in die Rohrwand eingebaut. Für längere Vortriebsstrecken können die notwendigen, exakt an die Rohre angepaßten Zwischenpreßstationen geliefert werden, in die die Hydraulikpressen bauseits eingesetzt



6 Systemschacht DN 1000 aus Polymerbeton

werden. Paßgenaue Anschlußstücke für die unterschiedlichen Maschinen werden kostengünstig in Polymerbeton hergestellt, und für Kurvenfahrten können asymmetrische Druckübertragungsringe hergestellt werden.

## Schächte

Grundgedanke bei der Herstellung von Schächten aus Polymerbeton war, zusammen mit den Polymerbetonrohren ein vollständiges korrosionsbeständiges und dichtes System zur Ableitung von Abwasser zu erstellen.

Hierbei sollte möglichst viel Arbeit von der Baustelle in die Werkhalle verlagert werden: Leicht zu transportierende und als Ganzes verlegbare Schachtbauwerke, die kurzfristig in exakt auf die jeweilige Baustelle abgestimmten Abmessungen dem Bauunternehmer zur Verfügung gestellt werden können. Dieses Ziel wurde durch besondere Fertigungsmethoden weitgehend erreicht. Heute können auch komplizierte Schächte mit unterschiedlichsten Rohranschlüssen, Sohlprüngen, Gerinnekrümmungen und inneren oder äußeren Unterstützen innerhalb weniger Tage ein-

baufertig auf die Baustelle geliefert werden. Die Systemschächte aus Polymerbeton entsprechen in Material und Wandaufbau vollkommen den Rohren. Das Schachtunterteil besteht aus einem Stück. Daran können alle Rohrarten mit den passenden Formstücken der jeweiligen Rohrart angeschlossen werden. Hierzu wird einfach das Schachtunterteil angebohrt und das entsprechende Formstück dicht eingeklebt. In Anlehnung an DIN 4034 ergeben sich die folgenden Durchmesserzuordnungen:

Systemschacht		Anschlüsse
DN 1000	bis	DN 500
DN 1200	bis	DN 800
DN 1500	bis	DN 1000

Bei größeren Anschlußdurchmessern werden Schächte als Plattenbauwerke aus Polymerbeton hergestellt, die weitgehend im Werk zusammengebaut werden und nur noch in Abhängigkeit von den Transportmöglichkeiten auf der Baustelle zusammengeklebt werden müssen.

Auftritt und Gerinne des Systemschachtes werden auf vorgeformtem Unterbeton aus fugenlosem Polymerbetonestrich maßgenau hergestellt. Die sehr glatte Fließsohle ist besonders strömungsgünstig. Steighilfen wie Steigeisen, Steigbügel oder Leitern werden in der Schachtwand mit nichtrostenden Schloßschrauben befestigt.

Der Schacht wird mit allen Anschlüssen und mit dem aufgeklebten Schachtrohr (von maximal 3 m Länge) in einem Stück geliefert. An einer Transportschelle angeschlagen, wird er in die Baugrube abgelassen und wie ein Formstück an die verlegte Leitung angeschlossen. Bei größeren Einbautiefen werden weitere Schachtrohre bauseits stumpf aufgeklebt. Für größere Einbautiefen der Schächte DN 1200 und DN 1500 empfiehlt es sich, aus Kostengründen die Schächte (unter Berücksichtigung der Stehhöhe) auf DN 1000 zu reduzieren. Hierfür werden Übergangsplatten aus Polymerbeton geliefert.

Durch den auskragenden Schachtboden wird der Schacht im Erdreich ohne Zusatzmaßnahmen auftriebssicher verankert. Bei sehr hohem Grundwasserspiegel kann bei Schächten mit durchgehendem Rohrschacht die Auskragung gegebenenfalls vergrößert werden. Schächte mit reduziertem Rohrschacht sind immer auftriebssicher.

## Paßlängen, Seitenanschlüsse

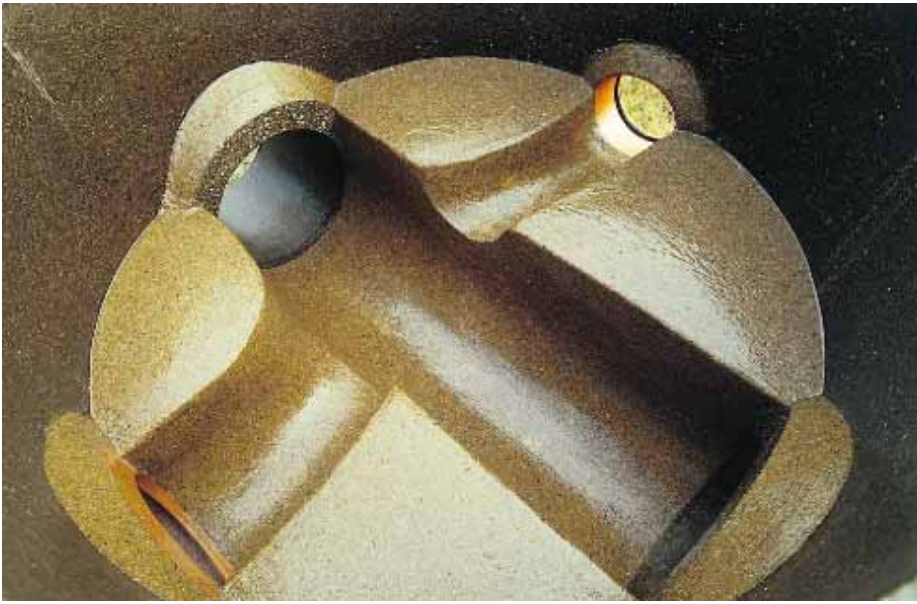
Rohre und Paßrohre werden im Werk maßgenau hergestellt, so daß normalerweise keine weitere Bearbeitung auf der Baustelle erforderlich ist. Sollten kurzfristig eine Trassenänderung erfolgen oder die genauen Schachtabstände nicht rechtzeitig feststehen, so ist eine Herstellung von Paßlängen auf der Baustelle möglich. Das Abtrennen der Rohre kann mit einer Trennscheibe vorgenommen werden. Da die Rohre über ihre gesamte Länge den gleichen Außendurchmesser aufweisen, kann nach dem Schneiden und Anfassen das so entstandene Paßrohr problemlos mit dem Rohrstrang verbunden werden. Seitenanschlüsse für die Grundstücks- und Straßentwässerung mit Durchmessern DN 150 oder DN 200 werden im Werk oder auf der Baustelle mit Muffen oder Stutzen zugelassener Rohrsysteme hergestellt. Die erforderlichen Anbohrungen für Muffen oder Schrägbohrungen für 45°-Anschlußstutzen werden mit handelsüblichen Kernbohrgeräten mit Diamantbohrkopf ausgeführt. Seitliche Anschlüsse mit 45° sind gemäß ATV-Arbeitsblatt A 139 nur bis DN 400 erforderlich. Alle anderen Anschlüsse erfolgen daher zweckmäßigerweise mit 90°.

## Einsatzgebiete

Rohre und Kontrollschächte aus Polymerbeton werden in der Regel zum Bau von Abwasserkanälen und -leitungen verwendet, die als Freispiegelleitungen betrieben werden. Sie können aber - im Falle einer offenen Verlegung - gemäß den Mindestanforderungen an Abwasserkanäle in Wasserschutzgebieten der Zone II auch als Abwasserdruckleitungen mit einem Nenndruck von PN 1,6 betrieben werden (siehe Entwurf ATV M 142).

## Wartung und Reinigung

Es gelingt nicht immer, die Querschnitte und Gefälle der Kanäle so zu wählen, daß unter wechselnden Abflußverhältnissen die Fließgeschwindigkeiten groß genug sind, um Ablagerungen und damit Reinigungsarbeiten zu vermeiden. Heute wird für diese Arbeiten praktisch ausschließlich die Hochdruckreinigung angewendet. Insofern wird auch zunehmend von den Betreibern beachtet, inwieweit die einzelnen Rohrmaterialien durch die Hochdruckreinigung beansprucht werden.



7 Auftritt und Gerinne eines Systemschachtes aus Polymerbeton

Neuere Untersuchungsergebnisse (2) zeigen für verschiedene Werkstoffe eine eindeutige Korrelation zwischen der Abriebfestigkeit und der Widerstandsfähigkeit gegenüber der Beanspruchung aus der Hochdruck-Kanalreinigung. Außerdem wurde festgestellt, daß ein hoher Sand- bzw. Füllstoffgehalt auf der Innenfläche der Rohrwand den Widerstand gegenüber der Hochdruckreinigung erheblich verbessert.

Bei Rohren aus Polymerbeton ist durch den gleichmäßig hohen Gehalt an quarzitäen Füllstoffen über die gesamte Rohrwand, d. h. eben auch auf der Innenwand der Roh-

re, eine hohe Abriebfestigkeit und ein sehr guter Widerstand gegen die Hochdruckspülung gewährleistet.

## Normen

Die Grundnorm DIN 54815 „Rohre und Formstücke aus Polymerbeton“ befindet sich in Vorbereitung und wird im Arbeitsausschuß 505.1 des Fachnormenausschusses Kunststoffe im DIN erarbeitet. Bei der Herstellung von Rohren aus Polymerbeton müssen nachfolgende Normen beachtet werden: Reaktionsharz mit

den Formstoffeigenschaften nach DIN 16946, Teil 2, mindestens Typ 1130. Quarzzuschläge nach DIN 4226, Teil 1, Tabelle 3 (Größtkorn 16 mm). Hinsichtlich des Laminataufbaues der Steckkupplung gelten folgende Normen: Glas entsprechend DIN 61850-55, ungesättigtes Polyesterharz (UP-GF) gemäß DN 16946, Teil 2, mindestens Typ 1130. Die elastomeren Dichtungsprofile müssen die Anforderungen der DIN 4060 erfüllen.

## Zulassung und Güteüberwachung

Für Abwasserrohre aus Polymerbeton und zugehörige Steckkupplungen aus GFK wurde vom Institut für Bautechnik, Berlin, das Prüfzeichen PA-I 3939 zugeteilt. Abwasserleitungen aus Bauteilen nach diesem Bescheid dürfen als erdverlegte Freispiegelleitungen und als Abwasserdruckleitungen mit einem Nenndruck PN 1,6 bar zur Ableitung häuslichen Abwassers im Sinne von DIN 1986 verwendet werden. Die Rohre werden einer regelmäßigen Eigenüberwachung unterzogen und unterliegen der Fremdüberwachung durch das Staatliche Materialprüfungsamt (MPA) Nordrhein-Westfalen.

### Literatur

[1] Müller, H. J.; Gleich, Dr. D.; Lamminger, M.: "Polybetonrohre", Herstellung und Anwendung". Beton und Stahlbetonbau, 64. Jahrgang Heft 5/1969. Verlag W. Ernst & Sohn.

[2] Steiner, H. R.: "Verhalten von Abwasserkanälen bei der Reinigung mit Hochdruckspülung" Vortrag, NO DIG 91 und 3. Internationaler Leitungsbau-Kongreß, Hamburg 31. 10. 1991.

**meyer**<sup>®</sup>

Meyer Rohr + Schacht GmbH  
 Otto-Brenner-Straße 5 · D-21337 Lüneburg  
 Phone: +49 (4131) 953-0 · Fax: +49 (4131) 953-255  
 eMail: [info@meyer-polycrete.com](mailto:info@meyer-polycrete.com)

Hoher Weg 7 · D-39576 Stendal  
 Phone: +(39 31) 6729-0 · Fax: +49(39 31) 6729-30  
 eMail: [meyer-stendal@t-online.de](mailto:meyer-stendal@t-online.de)

[www.meyer-polycrete.com](http://www.meyer-polycrete.com)