3R Fachzeitschrift für sichere und effiziente Rohrleitungssysteme

Sonderdruck aus der 3R 4-5 | 2018
ISSN 2191-9798
Vulkan Verlag
www.3R-Rohre.de

Hydraulische Ertüchtigung des Hauptsammlers Nord-West in Ingolstadt – geschweißte PE 100-Kanalrohre DN 1800

Von Jochen Obermayer, Martin Salomon und Joachim Kerschner

Die Ingolstädter Kommunalbetriebe als Auftraggeber des hier vorgestellten Bauvorhabens sind in der Rechtsform einer Anstalt des öffentlichen Rechts mit eigener Rechtspersönlichkeit organisiert. Das Unternehmen ist organisatorisch und rechtlich selbstständig und verfügt über eine vom kommunalen Haushalt getrennte eigene Rechnungslegung. Da das Kanalnetz mit der Stadt wächst, ist der Neubau bzw. die Ertüchtigung von Kanälen eine wichtige Aufgabe. Bei der Auswahl der benötigten Dimension der Kanalrohre fließen neben der Anzahl der angeschlossenen Grundstücke auch statistische Starkregenereignisse mit ein. Grundlage für die strategische Ausrichtung des Kanalnetzes ist der Generalentwässerungsplan, der die Entwicklung der Stadt in den nächsten 15 Jahren berücksichtigt. Die Stadtgebietsfläche von Ingolstadt beträgt 133,35 km², bei einem Anschlussgrad von 99,7 % beträgt die zu behandelnde Abwassermenge ca. 21,1 Mio. m³/a. Die Gesamtlänge des Kanalnetzes beträgt 599 km – davon sind 434 km Mischwasserkanäle.

Vorstellung des Bauvorhabens

Der Abwasserkanal „Hauptsammler Nord-West" wurde im Auftrag der Ingolstädter Kommunalbetriebe in weiten Teilen hydraulisch ertüchtigt. Dies war notwendig, weil Ingolstadt weiter „wächst" – in diesem Zusammenhang musste der größte Kanal im Netz der INKB den gewachsenen hydraulischen Anforderungen angepasst werden. In einem ersten Bauabschnitt wurde hierzu südlich der im Jahr 2015 neu erstellten Unterführung an der Nordtangente ein Teilstück mit einem Innendurchmesser von 1800 mm neu gebaut. Der erste Bauabschnitt wurde im Westen auf Höhe der Regerstraße begonnen und quert im weiteren Verlauf die Ettinger Straße und endet im Osten auf Höhe der Spretistraße (***Bild 1***).

Die hier vorgestellte Baumaßnahme beinhaltete die Errichtung des ersten Teilstücks südlich der Unterführung im Bereich der Richard-Wagner-Straße und Hindenburgstraße, Ortbeton- und Fertigteilschachtbauwerke sowie die Anbindung bzw. die Umbindung an das vorhandene Kanalnetz. Ferner wurde im Kreuzungsbereich mit der Ettinger Straße

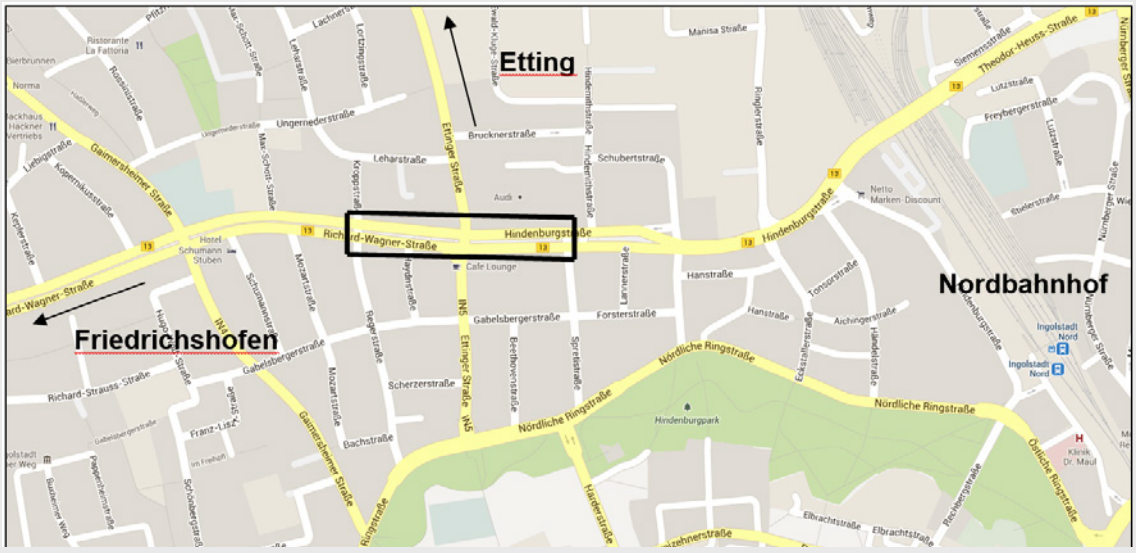

Bild 1: *Umgebungsplan der Baumaßnahme*

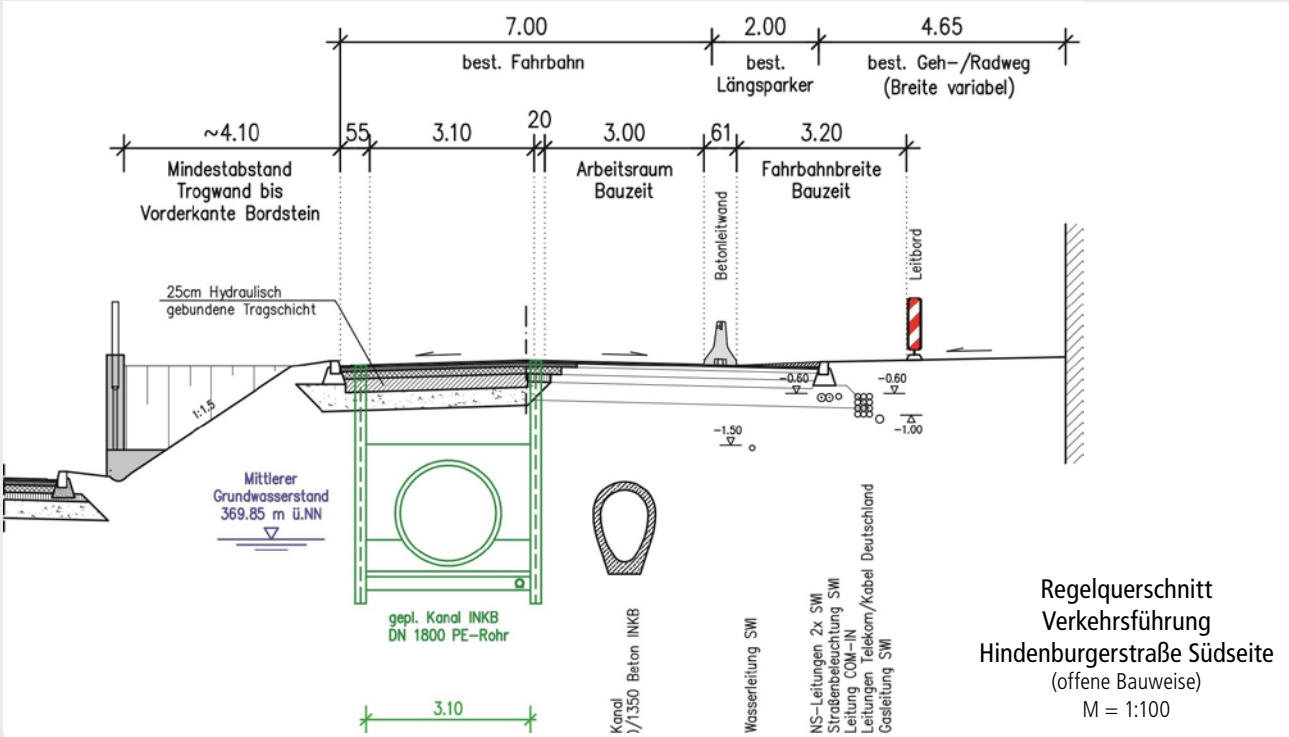

***Bild 2**: Regelquerschnitt – alter Kanal – neuer Kanal – Verkehrsführung*

ein Verbindungskanal sowie ein Anschlussschacht in Ortbetonbauweise hergestellt. Alle vorhandenen Anschlussleitungen von Hausanschlüssen und Straßensinkkästen wurden an den neuen Kanalhauptsammler umgebunden.

Der neu zu erstellende Kanal ersetzt den bestehenden Betonrohrkanal EI 900/1350. Es wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass die Funktionsfähigkeit des Bestandskanals bis zur Inbetriebnahme der neuen Kanaltrasse nicht beeinträchtigt wurde – Stichwort: Vorflut.

Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens im Baustellenbereich sollte der Streifen, der für die Kanalbauarbeiten in Anspruch genommen wird, möglichst schmal sein, so, dass in jedem Fall noch eine Richtungsfahrbahn für den Verkehr genutzt werden konnte. Weiterhin musste der ÖPNV sowie die Fußwegverbindungen und die Grundstückszugänge erhalten werden.

So wurde als Haupttrasse für den neuen Kanal DN 1800 die linke Fahrbahn des nach Osten führenden Teils der Hindenburgstraße und Richard-Wagner-Straße genutzt.

Im ersten Bauentwurf des Planungsbüros Goldbrunner vom April 2015 war als Rohrwerkstoff für den Kanal DN 1800 noch Stahlbeton (mit Trockenwettergerinne) vorgesehen.

Im Rahmen der Planung wurde auch die Herstellung des Kanals in einer geschlossenen Bauweise oder teilgeschlossenen Bauweise diskutiert. Die angetroffenen Bodenverhältnisse mit ihren inhomogenen Verhältnissen in Verbindung mit dem zu erwartenden Grundwasserandrang und der relativ geringen Überdeckung haben jedoch dazu geführt, dass eine offene Bauweise angeraten wurde (***Bild 2***).

Die „schmale" Baustelleneinrichtung konnte beim Einsatz von Stahlbetonrohren nicht eingehalten werden. Aufgrund des größeren Außendurchmessers und des um ein vielfach höheren Gewichtes der Stahlbetonrohre hätte die Grabenbreite erhöht werden müssen. Weiterhin wäre der Einsatz von schwerem Gerät nur mit einer Vollsperrung der Straße durchzuführen gewesen.

Somit war der Hauptgrund für die Wahl des Rohrwerkstoffes PE das Rohrgewicht (ca. 210 kg/lfdm) und das damit verbundene leichte Handling bzw. die weiteren Eigenschaften von PE-Kanalrohren, wie

- dauerhaft dicht durch zugfeste, stoffschlüssige Schweißverbindung
- Standardrohrlänge 6,0 m → hohe Verlegeleistung
- gute chemische Beständigkeit – resistent gegen biogene Korrosion
- glatte, abriebfeste Oberfläche – k > 0,05 mm – keine TW-Rinne erforderlich
- für geringe Überdeckung geeignet
- allgemein bauaufsichtliche Zulassung für Werkstoff und Rohr

wurden in einer Bewertungsmatrix mit in die Werkstoffauswahl einbezogen.

Die INKB führte fortlaufende Messungen zu den GW-Ständen im Umgriff der Baumaßnahme durch. Der dabei durch die INKB festgestellte mittlere GW-Stand für das Baugebiet wird mit 370,35 m bis 369,70 m ü. NN angegeben. Es war davon auszugehen, dass der Kanalgraben in größerem Umfang in grundwasserführende Schichten eingreift.

***Bild 3**: Herstellung der Wickelrohre bei der FRANK Kunststofftechnik GmbH*

***Bild 4**: Wandaufbau des profilierten Kanalrohres*

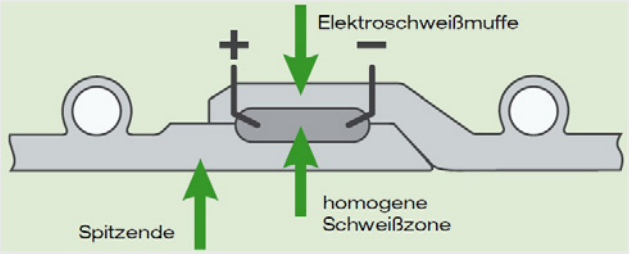

***Bild 5**: Schweißverbindung – integrierte E-Muffe*

Erforderliche Trockenhaltungen des Kanalgrabens wurden durch einen Spundwandverbau sowie mit Maßnahmen zur offenen Wasserhaltung bewerkstelligt.

Rohrwerkstoff und Herstellung der Rohre

Die Herstellung der profilierten Kanalrohre DN 1800 aus PE mit integrierter E-Muffe sowie der Schächte und Bauteile erfolgte bei der FRANK Kunststofftechnik GmbH im hessischen Wölfersheim.
Als Rohrwerkstoff kam PE 100 Ineos Eltex TUB121N6000 zum Einsatz.

Hier einige ausgesuchte Werkstoffkennwerte:

» Dichte	940 kg/m³ nach ISO 1183
» Querdehnzahl	0,38
» Kurzeit-E-Modul	800 N/mm²
» Langzeit-E-Modul (50 a)	170 N/mm²
» Kurzzeit-Festigkeit	21 N/mm²
» 50-Jahre-Festigkeit	19 N/mm²

Polyethylen (PE 100) ist ein Thermoplast, das neben einem geringen spezifischen Gewicht auch eine ausgezeichnete Verarbeitbarkeit, Schweißbarkeit und Verformbarkeit aufweist. Polyethylen ist besonders beständig gegenüber aggressiven Medien (Säuren und Laugen). Des Weiteren ermöglicht der molekulare Aufbau des Werkstoffes, der aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt ist, eine stoffliche Wiederverwertung. Polyethylen ist zu 100 % recycelbar.

Nachweis der Langzeitfestigkeit

In der DIN 8074, Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Maße und DIN 8075, Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen ist folgende Aussage zur Langzeitfestigkeit getroffen: „Die bisher mit 50 Jahren angesetzte Betriebszeit kann aufgrund langjähriger Versuche und Erfahrungen für PE-Rohre bei Anwendungstemperaturen von 20 °C auf eine mindestens 100-jährige Betriebsfähigkeit erweitert werden.“ [1]

Herstellung von Wickelrohren

Die PE 100-Formmasse wird im schmelzförmigen Zustand als fortlaufendes, überlappendes Band spiralförmig auf eine Metalltrommel aufgewickelt (***Bild 3***). Über einen Coextruder kann eine zweite, funktionale und/oder inspektionsfreundliche Innenschicht aufgebracht werden.
Als Kalibrierung dient eine Metalltrommel, die den Innendurchmesser (DN) des Rohres bestimmt. Die Kühlung der Rohre erfolgt langsam über ein Gebläse. So können Eigenspannungen, die durch die Volumenschwindung und den Produktionsprozess verursacht werden, reduziert werden. Durch mehrlagiges Übereinander-Wickeln der Formmasse und Variieren der aufgetragenen Materialmenge können unterschiedliche Wanddicken ausgeführt werden.
PKS-Kanalrohre sind in den Nennweiten DN 300 bis DN 3500 verfügbar. Die Festlegung der Grundwanddicke erfolgt gemäß den Mindestanforderungen der DIN EN 13476-3 bzw. betrieblichen Anforderungen.
Die Herstellung und Qualitätssicherung erfolgt im Rahmen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-40.26-359 (***Bild 4***).

Schweißverbindungen und Dichtheitsprüfung

Beim Rohrsystem PKS (Profilkanalrohrsystem) werden die einzelnen Rohre (aber auch Schächte/Bauteile) standardmäßig mit der integrierten Heizwendel-Muffe (E-Muffe) geschweißt (***Bild 5***). Beim Herstellprozess werden Muffe und Spitzende an das Rohr angeformt. Bei der Montage auf der Baustelle wird dann das Spitzende in die Muffe gesteckt und anschließend

***Bild 6**: Rohr DN 1800 mit E-Muffe – Schweißgerät im Vordergrund und Muffenprüfgerät*

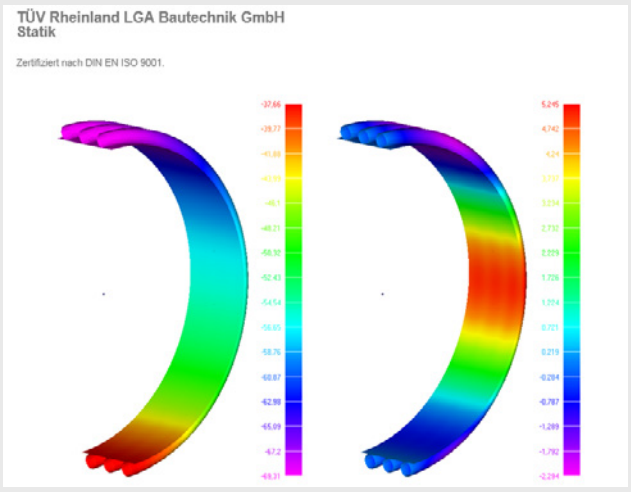

***Bild 7**: Grafische Darstellung Verformungsnachweis in der FE-Statik*

zusammen geschweißt. Die Schweißparameter werden dabei über einen Barcode auf das Schweißgerät übertragen. Das Schweißgerät protokolliert automatisch den Schweißvorgang. Nach erfolgter Schweißung und abgelaufener Abkühlzeit wurden die Schweißverbindungen mittels Muffendruckprüfung (***Bild 6***) gemäß DIN EN 1610 Verfahren „L" geprüft. So konnte sichergestellt werden, dass alle Schweißverbindungen vor der Verfüllung des Rohrgrabens als „dicht" beurteilt werden konnten. Der Zeitaufwand für dieses Prüfverfahren ist sehr gering, da andere Arbeiten durch das im Rohr stehende Prüfgerät nicht beeinträchtigt werden.

Statische Berechnung der Rohre

Grundsätzlich erfolgt die statische Berechnung von erdverlegten Kanalrohren gemäß ATV-DWA A 127. Für die Vorauswahl eines geeigneten Rohres wurde auch dieses Berechnungsverfahren angewandt. Deutlich genauer und die Einbaubedingungen besser abbildend ist eine Berechnung mittels Finite-Elemente (FE). Mit diesem Verfahren werden die Einbaubedingungen und das Rohr in kleine Elemente (finite Elemente) zerlegt. So ergibt sich eine sehr genaue Berechnung.
Maßgeblich wurden die Grabenbreite (3100 mm) sowie der Einsatz der Bodengruppe G1 mit einem Verdichtungsgrad von D_{pr} = 97 % und den Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen A3 und B3 in die Berechnung übernommen.
Bei biegeweichen Rohrwerkstoffen werden immer drei Nachweise geführt: Verformungs-, Stabilitäts- und Spannungsnachweis. Die Ergebnisse der Nachweise zeigt ***Bild 7***.
Eine wesentliche Vorgabe des Auftraggebers war, dass die Verformungen im Langzeitnachweis nicht größer als 2 % sein sollten, um negativen Einfluss auf die direkt über dem Rohr liegende Hauptverkehrsstraße zu verhindern.

Bauablauf/Details

Um eine möglichst kurze Bauzeit sowie möglichst wenig Beeinträchtigungen des Verkehrs zu gewährleisten, wurde bereits in der Ausschreibung der Samstag als Regelarbeitstag mit ausgewiesen. Nach der Einrichtung Verkehrsführung (siehe Regelquerschnitt Bild 2) wurde mit dem Rammen der Kanalspunddielen begonnen. Nach erfolgtem Aushub wurden zuerst die in Ortbeton-Bauweise geplanten Schächte hergestellt. An den Schächten wurden dann die PE-Kanalrohre zugfest und wasserdicht einbetoniert (***Bild 8***).

***Bild 8**: PE-Kanalrohr in die Schalung Ortbetonschacht eingelegt*

***Bild 9**: Grabenaufbau mit Verbau, Rohrbettung und Vlies – Einbringen der Rohre mit „leichtem" Gerät über schmale Baustraße*

***Bild 10**: Bagger für Aushub und Wiederverfüllung auf Stahlplatte*

Der Aufbau der Bettung über der Aushubsohle sah zunächst einen Bodenaustausch mit Einbau einer Schottertragschicht 0/32 vor. Über diese Tragschicht wurde ein filterstabiles Vlies eingebracht, seitlich an den Spunddielen nach oben gezogen und mittels Magneten fixiert. Auf das Vlies wurde dann die untere Rohrbettung aus Kies 8/16 eingebracht.
Das Einbringen der Rohre in den Graben konnte wegen des geringen Gewichts mit einem Mobilbagger erfolgen. Dadurch wurde in diesem Bereich die Fahrbahn nicht beschädigt und die Arbeiten konnten unabhängig vom Grabenaushub und dem Verfüllen der Baugrube erfolgen.
Die Herstellung der seitlichen Bettung der Rohre erfolgte ebenfalls mit Kies 8/16. Darüber wurde dann das Vlies übereinandergeschlagen. Zur „Versiegelung" der Rohrbettung wurde anschließend eine 10 bis 15 cm dicke Schicht aus Flüssigboden eingebracht (***Bild 11***). Darüber erfolgte dann die restliche Verfüllung der Leitungszone mit Sand/Kies 0/32. Bis zur Fahrbahnoberfläche wurde dann mit dem Einbau eines „Straßenkoffers" abgeschlossen.

Wie schon unter „Statische Berechnung der Rohre" beschrieben, war eine wesentliche Vorgabe, dass die Langzeitverformung der Rohre 2 % nicht überschreiten sollte. Aus diesem Grund wurden bereits während der Bauphase Messungen am Innendurchmesser der Rohre (horizontal und vertikal) durchgeführt. Diese Messungen wurden nach dem Verlegen der Rohre auf der Bettung, nach dem Herstellen der seitlichen Bettung und Grabenverfüllung und abschließend nach dem Ziehen der Spundwände durchgeführt. So wurde sichergestellt, dass die Rohre nicht bereits beim Einbau „vorverformt" wurden.
Eine besondere Technik für den Grabenaushub und die Grabenverfüllung hatte sich die ausführende Baufirma (Wadle GmbH aus Niederbayern) ausgedacht. Durch eine verschiebesichere Stahlplatte auf den Spunddielen hatte der Bagger einen

***Bild 11**: Abdeckung der seitlichen Rohrbettung mit Flüssigboden*

***Bild 12**: Einstiegschächte als Tangentialschächte*

***Bild 13**: Seitlicher Anschluss DN 1000 ohne Schachtbauwerk*

***Bild 14**: Herstellung nachträglicher Hausanschlüsse*

optimalen Standplatz für diese Arbeiten (***Bild 10***). Die Baustraße neben dem Graben blieb so für den An- und Abtransport der Baumaterialen und das Einbringen der Rohre frei.

Details

In der Bauausführung konnten spezielle Lösungen durch den Einsatz der PE-Kanalrohre verwendet werden – hier einige ausgewählte Beispiele.

Einstiegschächte als Tangentialschächte

Schächte, die „nur" zum Einsteigen in den Kanal genutzt werden, konnten als Tangentialschächte (***Bild 12***) ausgeführt werden. Es wird eine Schachtrohr DN 1000 seitlich (tangential) im Werk an das Hauptrohr angebaut. So kann in diesem Bereich die Sohle des Hauptrohres durchgeführt werden (keine hydraulischen Verluste) und der Bauablauf wird nicht durch die Herstellung eines größeren Schachtbauwerkes unterbrochen.

Seitlicher Anschluss DN 1000 ohne Schachtbauwerk

Auch diese Bauweise ist eine „Spezialität" bei Kunststoffkanalrohren. Der Seitenanschluss wird im Werk handwerklich an das Hauptrohr angeschweißt (***Bild 13***). Somit kann auch hier auf die Herstellung eines Schachtbauwerkes verzichtet werden.

Herstellung nachträglicher Hausanschlüsse

Nach fertiger Verlegung des Hauptkanals DN 1800 mussten einige „große" Hausanschlüsse nachträglich eingeführt werden (***Bild 14***). Hier lag die Aufgabenstellung darin, dass der neue Hauptsammler bereits in Betrieb war (Trockenwetterabfluss) und die einzubindenden Hausanschlüsse DN 200 oder größer waren. Weiterhin lagen die Hausanschlüsse unterhalb Kämpfer im Rohr DN 1800, so dass eine handwerkliche Einbindung mit Anpassung und Schweißung (Warmgasextrusions-Schweißung) erforderlich war. Auch diese Aufgabenstellung konnte durch die gute Verarbeitbarkeit des Rohrwerkstoffes PE gelöst werden.

Fazit

Durch die Wahl von PE 100 als Rohrwerkstoff konnte das hier vorgestellte Bauvorhaben dem Stand der Technik entsprechend wirtschaftlich und termingerecht abgeschlossen werden. Das hohe Verkehrsaufkommen im Bereich der Baustelle konnte in jeder Phase des Bauablaufes aufrechterhalten werden. Verkehrsbeeinträchtigungen konnten auf ein Minimum reduziert werden.

Literatur

[1] DIN 8074/8075 „Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100" (2011-12)

SCHLAGWÖRTER: Hydraulische Ertüchtigung, profiliertes PE 100-Kanalrohr DN 1800

AUTOREN

JOCHEN OBERMAYER
Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf
Tel. +49 6105 4085178
j.obermayer@frank-gmbh.de

MARTIN SALOMON
Ingolstädter Kommunalbetriebe (INKB)
Tel. +49 841 305-3333
kontakt@in-kb.de

JOACHIM KERSCHNER
Goldbrunner Ingenieure GmbH, Ingolstadt
Tel. +49 841 14 26 303-0
ingolstadt@ib-goldbrunner.de