

Vortriebstechniken in Würzburg etabliert

VON DIPL.-GEOL. DR. U. SCHERER, MARGETSHÖCHHEIM

Die Stadt Würzburg setzt auf unterirdischen Rohrortrieb und macht mit dem Einsatz des Pipe-eating-Verfahrens im Kanalbau gute Erfahrungen.

Wie in vielen Kommunen, so muss auch in der Stadt Würzburg das Kanalsystem ständig erneuert, erweitert und neu dimensioniert werden, um steigenden Anforderungen hinsichtlich der Entwässerung Rechnung zu tragen.

Betreiber des Kanalnetzes in Würzburg ist der Entwässerungsbetrieb der Stadt Würzburg, kurz EBW. Die Länge des gesamten zu unterhaltenden Kanalnetzes beträgt ca. 525 km, zu dem noch ca. 200 km Hausanschlussleitungen kommen. So ist es nicht weiter verwunderlich, dass für die Jahre 2004 bis 2013 ein Finanzbedarf für Investitionen von 125 Mio. Euro besteht.

Von diesen 125 Mio. Euro werden 30 Mio. für den Neubau von Hauptsammlem, 15 Mio. für eine Aufdimensionierung, d.h. eine Nennweitenvergrößerung und weitere 15 Mio. für bauliche Sanierungen verwendet.

Durch die vielen Vorteile der geschlossenen Bauweise, wie

- geringere Verkehrsbeeinträchtigung
- längere Lebensdauer der Kanäle durch dicke Wandung bei Stb.-Vortriebsrohren
- geringere Erdbewegung und damit weniger Schwerlastverkehr im Stadtgebiet und Depositionen
- wesentlich geringere Umsatzeinbußen bei anliegenden Geschäften
- geringere Eingriffe in den Grundwasserhaushalt
- weniger „Flickenteppiche“ an den Straßenoberflächen

in Verbindung mit oftmals geringeren Bau- und Folgekosten hat die geschlossene Bauweise einen wichtigen Stellenwert beim EBW. Auf Grund positiver Erfahrungen hinsichtlich der Qualität in der Ausführung von Vortriebsarbeiten unterstützt der EBW als Mitglied im Güteschutz Kanalbau auch die Forderung nach einer Fremdüberwachung der Bauarbeiten, wie



Blick in die Baugrube beim gesteuerten Microtunnelvortrieb mit Steinzeugvortriebsrohren DN 400

sie bei Inhabern des Gütezeichens Kanalbaues obligatorisch ist.

Die konsequente Prüfung von Baumaßnahmen, ob die geschlossene Bauweise vorteilhafter ist als die konventionelle offene Bauweise, führte bei einer Baumaßnahme des Entwässerungsbetriebes in der Gartenstraße im Stadtteil Sanderau zum Einsatz verschiedenster Vortriebsverfahren wie:

- bemannter Vortrieb DN 1400,
- Pipe-eating-Verfahren mit Steinzeugvortriebsrohren DN 400
- Sacklochbohrungen für Hausanschlüsse und Sinkkästenanschlüsse.

Bei dieser Maßnahme sollte ein bestehender Sammler DN 400 durch den parallel dazu verlaufenden Neubau eines Sammlers DN 1400 Drachenprofil als Stauraumkanal ersetzt wer-

den und ein Kanal DN 250 unter Beibehaltung seiner Trasse erneuert und vergrößert werden. Beengte Platzverhältnisse erschwerten das Bauvorhaben, wobei insbesondere die Zufahrt zu einer Tiefgarage und zu einem Seniorenheim ständig, ohne auch nur kurzfristige Unterbrechungen, aufrecht erhalten bleiben musste.

Eine Verlegetiefe von ca. 5,5 m mit z.T. wasserempfindlichen Böden und im Bereich der Rohrsohle anstehendes Grundwasser veranlassen den Entwässerungsbetrieb die Maßnahme in geschlossener Bauweise auszuschreiben.

Für das Drachenprofil DN 1400 war ein unbemannter Microtunnel DN 1400 vorgesehen und das bestehende Steinzeugrohr DN 250 sollte im Pipe-eating-Verfahren erneuert werden. Auch für die zu erneuernden Haus- sowie Sinkkästenanschlüsse war überwiegend die geschlossene Bauweise vorgesehen.

Die Planung umfasste eine Doppelpressgrube in einer Biegung der Gartenstraße, von welcher aus die Stahlbetonvortriebsrohre DN 1400 Drachenprofil zunächst auf einer Länge von ca. 150 m fallend bis zum bestehenden Sammler im Kreuzungsbereich mit der Danziger Straße vorgepresst werden sollten, um anschließend nach einer 90° Drehung in der Doppelpressgrube steigend auf einer Länge von 108 m bis zur einer Zielgrube in einer Parkanlage vorgepresst zu werden. Das Längsgefälle für beide Haltungen betrug dabei 5 Promille.

Von der Zielgrube in der Parkanlage war dann der rechtwinklig zur Vortriebsachse DN 1400 verlaufende Steinzeugkanal DN 250 zu erneuern und dabei auf DN 400 aufzuweiten.

Das wirtschaftlichste Angebot nach Prüfung der Ausschreibungsergebnisse war das Angebot der Fa. Brandel-Bau GmbH aus Tauberbischofsheim, mit einem Sondervorschlag der Fa. Brunner Spezialtiefbau aus Frohnstetten, Inhaber des Gütezeichens Kanalbaues VO, das Drachenprofil DN 1400 nicht im Microtunnelverfahren, sondern im bemannten Rohrortrieb herzustellen.

Nachdem die Fa. Brandel-Bau Kanalbau nur in offener Bauweise ausführt, wurden bei diesem BV die verschiedenen Vortriebsgewerke an mehrere Subunternehmer, die sich auf die unterschiedlichen Vortriebsverfahren spezialisiert haben, vergeben. Auf die Vergabe der Arbeiten an Bieter mit dem entsprechenden Gütezeichen Kanalbau wurde dabei geachtet.

Der bemannte Vortrieb DN 1400 Drachenprofil

Laut geologischen Baugrundgutachten stehen bei diesem Bauvorhaben im tieferen Unter-

grund von ca. 7,0 m die Festgesteine des Mittleren Muschelkalkes an, welche dann in wechselnder Mächtigkeit von Residualtonen (Verwitterungstönen), Hangschutt, sowie den quartären Sanden und Kiesen des nahegelegenen Maines überlagert werden. Ferner sind auch künstliche Auffüllungen anzutreffen. Mit Steinen und Geröllen ist dabei sowohl in den Residualtonen, wie auch in den quartären Ablagerungen des Maines zu rechnen.

Der Grundwasserspiegel wurde bei Tiefen von ca. 4,6 bis 4,9 m erkundet, was bei einer Verlegetiefe von ca. 5,50 m, einen Wasserstand von etwa 1,1 - 1,4 m über Rohrsohle ergab. Auch der Umstand, dass eine der beiden Haltungen fallend auszuführen war, führte zu einer Ausschreibung der Rohrvortriebsarbeiten im unbemannten Microtunnelverfahren. Dennoch konnte der Rohrvortrieb DN 1400 entsprechend des Sondervorschlages im bemannten Vortrieb ausgeführt werden. Es ist gängige Praxis, dass Stahlbetonvortriebsrohre DN 1400, sowohl im unbemannten Microtunnelbohrverfahren als auch im bemannten Vortrieb mit einer Teilschnittmaschine ausgeführt werden. Nachdem jedes Verfahren sowohl Vor- wie auch Nachteile bietet, ist in jedem Fall zu prüfen, welches das effektivste und wirtschaftlichste Verfahren ist. Anstehendes Grundwasser ist ein Argument welches häufig für den Einsatz einer Microtunnel-Bohranlage spricht. Jedoch wird bei dem Argument „Grundwasser“ häufig dem Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens zu wenig Augenmerk geschenkt. Nicht das an der Ortsbrust anstehende Grundwasser ist entscheidend, ob ein bemannter Rohrvortrieb möglich ist, sondern der Durchlässigkeitsbeiwert Kf-Wert. Dieser Kf-Wert ist eine Kenngröße der Wasserdurchlässigkeit des Baugrundes, woraus der Wasserandrang an der Ortsbrust sowie die Stabilität des Bodens an der Ortsbrust resultiert, wobei natürlich auch der hydrostatische Druck durch Höhe der Wassersäule über der Rohrsohle entscheidend ist. Bei Lockergesteinen lassen sich die Kf-Werte in m/s grob wie folgt einteilen:

gut durchlässig	$k_f > 10^{-5}$	reine Kiese	10^{-3} bis 10^{-2} m/s
		feinkörnigen Sand	10^{-4} bis 10^{-3} m/s
schlecht durchlässig	$= k_f 10^{-5}$ $- 10^{-9}$	schluffiger Sand	10^{-5} bis 10^{-7} m/s
		toniger Schluff	10^{-6} bis 10^{-9} m/s
undurchlässig =	$k_f < 10^{-9}$	Ton	$< 10^{-9}$ m/s

Obwohl im Baugrundgutachten keine k_f -Werte angegeben waren, legten die Angaben im Baugrundgutachten: Vortrieb in den Residualtonen sowie in den schluffigen Fein- bis Mittelsanden, nahe, den Vortrieb im bemannten Vortriebsverfahren auszuführen.

Dies wurde dann bei den Vortriebsarbeiten bestätigt, nachdem beim fallenden Vortrieb eine Wasserhaltung an der Ortsbrust bis ca. 1,0 l/s völlig ausreichte, und beim steigenden Vortrieb das an der Ortsbrust zutretende Wasser problemlos über das Vortriebsrohr bis zu Startgrube abließ, wo eine Wasserhaltung mittels Pumpensumpf in der betonierten Baugrubensohle eingerichtet war. Die Stabilität der Ortsbrust war dabei nicht beeinträchtigt.

Bei den Vortriebsarbeiten DN 1400 konnte auch der bemannte Vortrieb einen seiner entscheidenden Vorteile gegenüber dem unbemannten Microtunnelvortrieb ausspielen. In der Vortriebsstrecke vorhandene Vortriebshindernisse in Form von Litzenankern konnten unterirdisch vom Vortriebsrohr aus an der offenen Ortsbrust problemlos beseitigt werden. Ferner ließ sich ein Teil der vorhandenen Hausanschlüsse, welche später an den neuen Sammler angeschlossen werden mussten, beim Queren provisorisch dükkern, was ein aufwändiges Umpumpen während der Vortriebsarbeiten DN 1400 ersparte.



Systemzeichnung des Pipe-eating: Der Bohrkopf baut das Altrohr ab. Gleichzeitig werden die neuen Rohre größerer Dimension sohlengleich verlegt.

Das Pipe-eating Verfahren

Bei diesem Bauvorhaben musste auf einer Länge von ca. 60 m unterhalb eines Fußweges ein bestehender Steinzeugkanal erneuert werden, wobei gleichzeitig die Nennweite DN 250 auf DN 400 vergrößert werden sollte. Auf Grund sehr beengter Platzverhältnisse mit einer an den Fußweg unmittelbar angrenzender Bebauung kam bei einer Tiefenlage von ca. 4,50 m eine Auswechslung nur in geschlossener Bauweise in Betracht, wobei die bestehende Kanaltrasse erhalten bleiben sollte. Auch sollte die Zufahrt zu einem bestehenden Supermarkt nur geringfügig beeinträchtigt werden.

Zum Erneuern von bestehenden Kanäle auf einer bestehenden Trasse im geschlossenen Verfahren kommen derzeit grundsätzlich zwei Verfahren in Betracht:

Das Berst-lining und das Pipe-eating

Das Berst-lining ist ein sehr kostengünstiges Verfahren, aber mit gravierenden Einschränkungen. Beim Berst-lining werden mit einer Bodendurchschlagsrakete mit einem speziellen Messerkopf, welche mit einem Seil von einem Zielschacht aus durch den Kanal durchgezogen wird, der bestehende Kanal zertrümmert und gleichzeitig ein neuer Kanal mit der Rakete mit eingezo-gen.

Der Einsatz dieses Verfahrens unterliegt allerdings weitgehenden Einschränkungen. Nachdem keiner Steuerungsmöglichkeit der Rakete besteht, können keine Unterbögen oder Sackungen ausgeglichen werden. Ferner basiert dieses Verfahren auf Bodenverdrängung. Daher ist eine Aufweitung nur um eine bis zwei Nennweiten möglich, wobei oft schon das neue Rohr dünnere Wandstärken aufweisen muss, um die Nennweite entsprechend zu vergrößern. Ferner muss der bestehende Altkanal noch soweit intakt sein, dass das Zugseil der Rakete durchgefädelt werden kann. Weiterhin kann das Rohr nur zentriert erneuert werden, d.h. die Fließsohle liegt beim neuen Rohr tiefer wie beim Altrohr.

Weitaus größere Möglichkeiten bietet hier das Pipe-eating-Verfahren. Das Pipe-eating-Verfahren entspricht im Prinzip einem gesteuerten Microtunnel-Bohrverfahren mit allen seinen Vorteilen. Beim Pipe-eating wird der Altkanal überfahren, dabei abgefräst und gleichzeitig Vortriebsrohre in der gleichen Trasse verlegt. Dies geschieht, in dem das bestehende Altrohr mit einer Microtunnelmaschine überfahren, dabei abgebaut und abgefördert wird.

Das Pipe-eating-Verfahren weist alle Vorteile eines grabenlosen Verfahren auf:

- Minimaler Bodenaushub, dessen Abtransport und Deponierung
- Versorgungsleitungen werden unterfahren, ohne die Gefahr von Beschädigungen beim Freilegen der Leitungen und keine Aufwendungen für evtl. Umverlegungsarbeiten
- Oberflächen müssen nicht aufgebrochen und wiederhergestellt werden bis auf die Start- und Zielgruben
- Schäden an benachbarter Bebauung infolge von Setzungen durch Aushubarbeiten und nachfolgender Wiederverfüllung im offenen Rohrgraben werden ausgeschlossen.
- die Vortriebsrohre weisen keine nach außen

auftragende Muffe auf und haben dadurch eine bessere Bettung

Beim Pipe-eating können alle handelsüblichen Vortriebsrohre, welche für den Microtunnelbau geeignet sind, eingesetzt werden. Es können alle unbewehrten Kanalwerkstoffe abgebaut und abgefordert werden. Die Maschinenausstattung ist die gleiche wie beim Microtunnelbau, jedoch müssen die Abbauwerkzeuge bzw. Fräsköpfe an die jeweilige Situation angepasst werden. Durch die Steuerbarkeit der Vortriebsmaschine können Aussackung und Unterbögen in der bestehenden Haltung ausgeglichen werden. Bei einem vorhergehenden Verpressen des Altrohres ist sogar ein exzentrisches Überfahren möglich, falls eine sohlengleiche Verlegung des Neurohres erforderlich ist. Die Dimension des Altrohres kann im Rahmen des üblichen Microtunnelbohrverfahrens nach oben uneingeschränkt vergrößert werden.

Mit diesen Arbeiten wurde seitens der Firma Brandel-Bau die Firma ARS Rohrvortrieb aus Marsberg im Sauerland beauftragt. Das Unternehmen ist auch Mitglied im Güteschutz Kanalbau mit dem Gütezeichen VM und hat bereits auf verschiedenen Baustellen bundesweit Erfahrungen im Pipe-eating gesammelt.

Ausgeführt wurden die Arbeiten mit einer Schneckenbohranlage der Firma Soltau/Wirth. Nachdem das Pipe-eating von der ehemaligen Zielgrube des bemannten Rohrvortrieb DN 1400 Drachenprofil ausgeführt wurde, stand eine Startgrube in den Maßen 5,0 x 5,0 m zur Verfügung, obwohl ansonsten eine Startgrube von 4,5 x 2,5 m für ein Pipe-eating mit Steinzeug-Vortriebsrohren DN 400 ausreichend ist.

Als Berggrube wurde vor dem bestehenden Kontrollschacht am Ende der Vortriebsstrecke eine Kopfgrube von 1,5 x 2,0 m zur Bergung der Vortriebsmaschine aufgemacht. Nach der Bergung wurden die Rohre bis zum Kontrollschacht weitergepresst, um dann mittels eines Gelenkstückes in den bestehenden Schacht eingebunden zu werden. Bei einem auf der Preßstrecke vorhandenen Zwischenschacht wurden vom Schacht aus im Sohlbereich von Hand entsprechende Öffnungen vor den Vortriebsarbeiten aufgestemmt, um ein ungehindertes Durchfahren mit der Microtunnel-Maschine zu gewährleisten.

Als Vortriebsrohre wurden Steinzeugvortriebsrohre „CreaDig“ der Deutschen Steinzeug GmbH nach DIN 295 mit Einzellängen von 2,0 m eingesetzt, nachdem durch eine gute chemische Beständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Resistenz bei Hochdruckspülungen, hohe Glattheit der Rohrwandung, sowie ein problem-

loses Herstellen von nachträglichen Anschlüssen, in kleinen Nennweiten bis DN 600 diese Rohre das bevorzugte Material des EBW sind. Mittels einer Druckprobe vor dem Absenken der Vortriebsrohre in die Startgrube konnten etwaige Transportschäden ausgeschlossen werden. Durch das Einbringen in einen gefräzten kreisrunden Minitunnel, sowie einer Wandstärke von 80 mm ohne aufragenden Muffen in Verbindungen mit Edelstahlmanschetten mit einem Mehrfachdichtsystem kann davon ausgegangen werden, dass eine Lebensdauer über 100 Jahren ohne irgendwelche Sanierungsmaßnahmen erreicht werden wird.

Die Hausanschlüsse

Moderne Bohrgeräte mit kompakten Abmessungen ermöglichen auch die Herstellung von Hausanschlüssen in geschlossener Bauweise. Hierbei können grundsätzlich zwei Verfahren unterschieden werden. Zum einen das Anbohren des Sammlers als Sacklochbohrung von einer Startgrube aus im Grundstücksbereich oder den Vortrieb der Kanalrohre aus dem Sammler heraus mit einer kleinen Zielgrube um An- bzw. Umbinden der Hausanschlüsse. Bohrungen aus dem Sammler heraus erfolgen grundsätzlich ungesteuert, wobei bei den Sacklochbohrung auch gesteuerte Verfahren eingesetzt werden können, wie beispielhaft die Steuerschnecke der Fa. Bohrtec.

Hausanschlußbohrungen aus dem Sammler heraus erfordern einen Mindestquerschnitt von 1200 mm. Zwar wurden bei diesem Projekt Vortriebsrohre DN 1400 eingesetzt, doch das werksseitig monolithisch ausgeformte Drachenprofil ließ einen Vortrieb der Hausanschlüsse aus dem Sammler heraus nicht zu.

Die Hausanschlußbohrungen wurden von der Fa. Bohrtec-Wollenhaupt aus Nossen, ein auf Hausanschlüsse im Vortrieb spezialisiertes Unternehmen, dementsprechend als Sacklochbohrung ausgeführt. Zum Einsatz kam dabei eine Bohranlage der Fa. Witte, welche speziell für Hausanschlußbohrungen von der Fa. Bohrtec-Wollenhaupt modifiziert wurde.

Zur Ausführung der Bohrarbeiten wurde in dem den Häusern vorgelagerten Grünstreifen eine Startgrube in den Abmessungen 2,3 m x 1,0 m mit einer Aushubtiefe von ca. 2,0 m hergestellt, wobei die Baugrubenwände mit einem Leichtverbau aus Aluminium verkleidet wurden.

Nach Einbau der Vortriebsanlage, was innerhalb von einem halben Arbeitstag erfolgen kann, wurden zunächst wiedergewinnbare Stahlrohrschutzhöhre mit einem DA von 244 mm für die Anschlüsse in der Nennweite DN 200 bzw.

mit einem DA von 219,1 mm für die Anschlussleitungen DN 150 bis zum Sammler im Schneckenbohrverfahren vorgetrieben, wobei die Vortriebslänge bei den Hausanschlüssen im Mittel ca. 8,0 m betrug. Nach Erreichen der Rohraußenwandung des Sammlers DN 1400 wurden dann die Schnecken gezoogen und mit einer Diamantbohrkrone im Schutze der Stahlrohre die Wandlung des Sammlers aufgebohrt. Der Antrieb der Diamantkrone erfolgt dabei über das Schneckenbohrgerät, welches mit einem speziellen Schnellgang für den Antrieb der Diamantbohrkrone ausgestattet ist. Anschließend wurden die Hausanschlußkanalrohre, in diesem Fall Akadur-Rohre DN 200 bzw. DN 150 in die Stahlrohrschutzhöhre von der Startgrube aus eingezogen, um dann vom begehbaren Vortriebsrohr aus, mittels einer Link-Seal-Dichtung wasserdicht in die Sammlerwandung eingebunden zu werden.

Bei nicht begehbaren Sammler können Rohre mit einer Spezialabdichtung, welche durch das Einpressen der Hausanschlußrohre in die Öffnung der Korbbohrung eine wasserdichte Einbindung bewirkt, eingesetzt werden. Zum Abschluss der Vortriebsarbeiten wurden dann die Stahlrohrschutzhöhre wieder gezoogen, wobei gleichzeitig der im Boden verbleibende Ringraum mit Dämmverpressung wurde. Die Anbindung des Hausanschlusses erfolgte dann in einem Kontrollschacht, der nach Ausbau der Vortriebsanlage in den Startschacht eingebracht wurde.

Ohne Berücksichtigung der Erdarbeiten für die Startgrube, sowie das Setzen der Schächte konnten pro Arbeitswoche von 5 Werktagen zwei Hausanschlüsse im Vortrieb hergestellt werden, ohne den Straßenkörper aufgraben zu müssen. Das im Bereich der Rohrsohle anstehende Grundwasser stellte hierbei keine Erschwernis dar, nachdem die Anbindung der Hausanschlüsse an den Sammler im Kämpferbereich oberhalb des Grundwassers erfolgte.

Fazit

Die Erwartungen des Entwässerungsbetriebes Würzburg als Bauherren an die Baumaßnahme hinsichtlich des Einsatzes der verschiedenen Vortriebsverfahren konnten die bislang überwiegend positiven Erfahrungen mit Rohrvortriebsarbeiten bestätigen und die eingangs genannten Vorteile untermauern. Auch das erstmalig eingesetzte Verfahren des Pipe-eatings mit dem Erneuern des Altrohres auf gleicher Trasse mit gleichzeitiger Aufdimensionierung entsprach hinsichtlich des Ablaufes voll und ganz den Erwartungen des Bauherren. ■