

In der Braunschweiger Innenstadt

Rohrvortrieb für wegweisendes Hochwasserschutzkonzept

Wenn die Geschichte die maßgebenden Randbedingungen für den Kanalbau vorgibt – und damit bereits für dessen Planung

**VON DR. OLAF SCHULZ UND
DIPL.-ING. CHRISTA AHRENS, GKE
CONSULT BRAUNSCHWEIG / BOCHUM**

Die Braunschweiger Innenstadt ist von einem Grabensystem durchzogen, das bereits zur Zeit Heinrichs des Löwen im 12. Jahrhundert die anfallenden Abwässer über einen kleinen Binnenhafen, der damals vor den Stadtmauern lag, der Oker zuführte. Bereits im 14. Jahrhundert wuchs die Stadt über ihre Grenzen hinaus.

In dieser Zeit wurde die Oker zu Wehrzwecken über zwei künstlich angelegte Umflutgräben um das größere Stadtgebiet beidseitig herumgeführt.

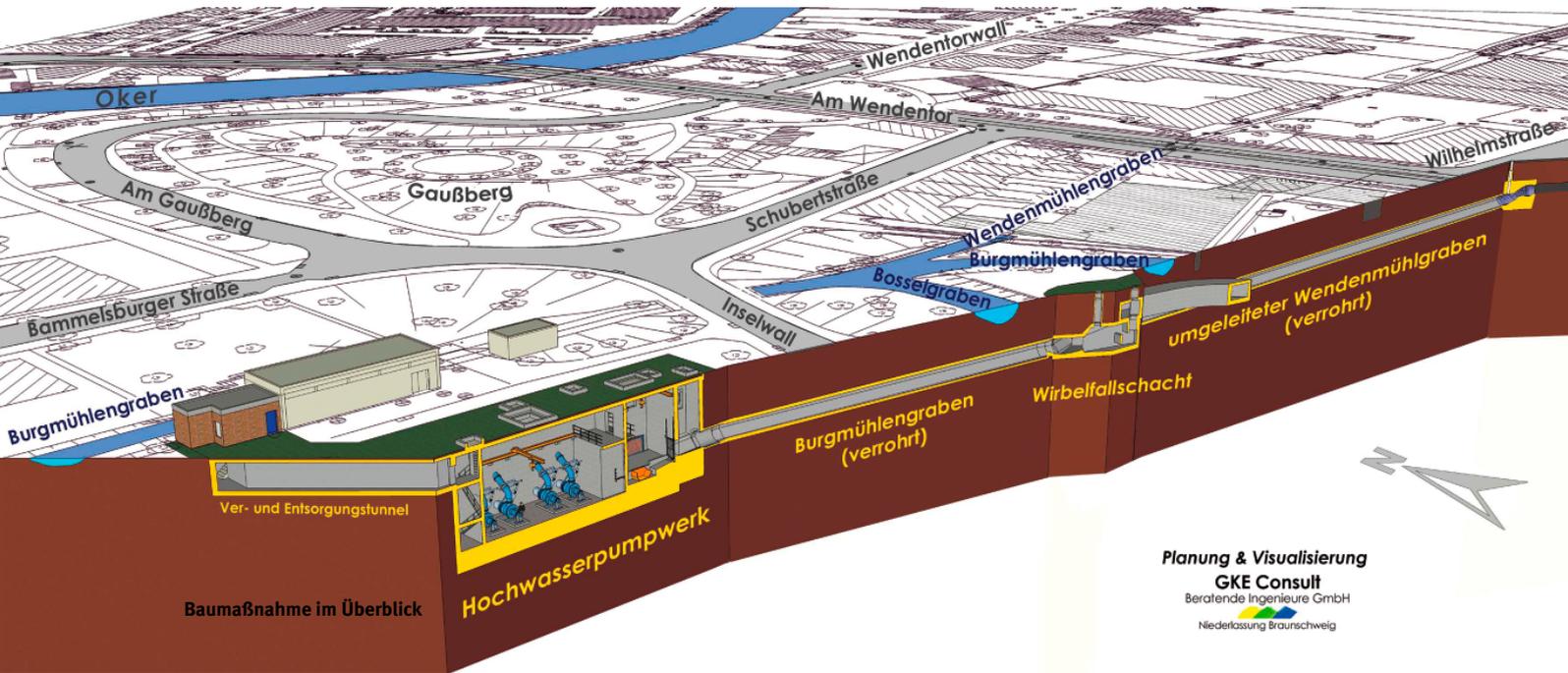
Das ursprüngliche Flussbett wurde aufgefüllt und besiedelt.

Historische Randbedingungen

Die Umflutgräben waren Teil damaliger Wehranlagen und bestehen bis heute als staugeregelte Fließgewässer. Auch der Verlauf des Gra-

bensystems ist bis heute in seinen wesentlichen Teilen erhalten geblieben. Die überwiegend verrohrten Gräben führen das Niederschlagswasser von der Oberfläche ab und nehmen seit dem Baubeginn am Braunschweiger Mischwasserkanalnetz im 19. Jahrhundert auch die anfallenden Mischwasserentlastungen auf. Im Bereich des damaligen Binnenhafens gelangen die Abwässer ans Tageslicht in den hier unverrohrten Rest des historischen Grabensystems und werden zu Oberflächengewäs-





Baumaßnahme im Überblick

Planung & Visualisierung
GKE Consult
 Beratende Ingenieure GmbH
 Niederlassung Braunschweig

sern. An dieser Stelle befindet sich bis heute der tiefste Punkt der großstädtischen Niederschlagsentwässerung Braunschweigs und befindet sich dabei zugleich mitten im Stadtgebiet und in allerbesten Lage gegenüber dem Carl-Friedrich-Gauß-Denkmal. Nach kurzer Fließstrecke hebt dann ein pegel-

gesteuertes Pumpwerk das anfallende Wasser mit bis zu 10.800 m³/h bzw. 3 m³/s in die nahegelegene Oker. Innerhalb der staugeregelten Umflutgräben befindet sich heute nicht nur die Braunschweiger Innenstadt mit rund 150 ha versiegelter Fläche, sondern auch der inzwischen denkmal-

geschützte, ehemalige Binnenhafen. Dessen genaue Lage ist allerdings leider unbekannt, denn das Gelände hat hier allein in den letzten 600 Jahren, u. a. durch Bautätigkeit, um rund sieben Meter an Höhe gewonnen. Nur die vier sogenannten Innenstadtgräben fließen hier heute noch erkennbar zusammen und stellen





Vortriebsmaschine vor dem Einsatz

zugleich praktisch eine einzige, sehr große Haupteinleitungsstelle von Mischwasserentlastungen dar.

Die vorliegende Entwässerungssituation weist an dieser innerstädtischen Haupteinleitungsstelle zunehmend Probleme auf. Diese werden primär durch den Fäkalstoffeintrag infolge Mischwasserentlastungen verursacht, die aufgrund der geringen Eigenströmung der Vorflutgewässer nicht immer hinreichend abtransportiert werden können, sodass im Bereich der Einleitungsstelle immer wieder starke Sauerstoffdefizite und Umschlagen des offenen Gewässers beobachtet werden können.

Als nachteilig für die Gewässerqualität wirkt sich zusätzlich das vorhandene Pumpwerk hinter der Einleitungsstelle aus. Bei stärkeren Mischwassereinleitungen wird der Pegel, der in diesem Bereich einmündenden offenen Gräben zwar durch entsprechend leistungsfähige Pumpen gehalten, ein Teil der Entlastungswassermenge verbleibt bei jedem einzelnen Entlastungsereignis im Bereich der offenen Fließgewässer, jedoch noch vor dem Pumpwerk.

Im Gegenzug können bei extremen Niederschlagsereignissen die Pegel der Umflutgräben soweit ansteigen, dass ggf. unzureichende oder keine Ableitungskapazitäten mehr für die Entwässerung der innerstädtischen Mischwasserentlastungen bestehen.

Zur Problemlösung wurde durch GKE Consult Beratende Ingenieure GmbH für die Braunschweiger Innenstadt ein Entwässerungskonzept in zwei Stufen erarbeitet.

Die erste Stufe bestand im Aufstellen eines detaillierten Niederschlag-Abfluss-Modells für die Oberfläche und den Kanal, einschließlich der Erfassung und Darstellung von über 100

Sonderbauwerken. Über ein begleitendes Messprogramm im Kanalnetz wurde das Rechenmodell anschließend sehr realitätsnah und damit hochwertig kalibriert. Inzwischen stellt das bestehende Rechenmodell das wesentliche Instrument dar, um Fragestellungen zur Beurteilung möglicher Baumaßnahmen zu lösen.

In der zweiten Stufe wurden technische und übrige Anforderungen an eine Neuordnung der Entwässerungssituation zusammengetragen sowie insbesondere Angaben zu baugrundtechnischen, zum Teil historisch geprägten Randbedingungen.

Unter Abwägung möglicher Bau- und Betriebskosten und dem Ziel einer Verbesserung des Hochwasserschutzes für die Braunschweiger Innenstadt wurde eine Neuordnung der Entwässerungssituation aufgestellt. Ziel für den künftigen Hochwasserschutz der Innenstadt war es unter anderem, für die Entwässerung



Blick in den vorgetriebenen Rohrstrang S1-Z1

der Innenstadt erstmals eine Kapazität von zusätzlich $3 \text{ m}^3/\text{s}$ bereitzustellen. Dabei können das bestehende und das neue Pumpwerk künftig redundant betrieben werden. Theoretisch steht damit für schwerste Unwetter künftig die doppelte Nennleistung bereit.

Wesentliches Ergebnis des neuen Entwässerungskonzeptes ist eine hydraulische Trennung der bestehenden Gräben in Oberflächengewässer, künftig ohne Fäkalstoffeinträge sowie in verbleibende Mischwasserentlastungskanäle. Diese werden künftig über einen neuen Transportkanal (DN 2000) einer mechanischen Vorbehandlung zugeführt und anschließend in die Oker gehoben.

Mit der Herstellung des Transportkanals und dem Bau eines zweiten Pumpwerkes mit Mischwasserbehandlungsanlage wird von der Stadtentwässerung Braunschweig GmbH (SEBS) im Auftrag der Stadt Braunschweig der erste Schritt des Maßnahmenpaketes in die Praxis umgesetzt.

Umfang der Baumaßnahmen

Die Maßnahme ist in folgende vier Bauabschnitte gegliedert:

1. BA: Baugruben und Rohrvortrieb
2. BA: Bautechnik MW-Pumpwerk mit MW-Behandlungsanlage
3. BA: M- und E-Technik
4. BA: Umschluss des MW-Kanalnetzes

Für die Rohrvortriebsarbeiten der neuen Kanaltrasse kam eine 17 m lange und 60 Tonnen schwere Vortriebsmaschine zum Einsatz.

Die Stadt Braunschweig schrieb im Sommer 2007 den Rohrvortrieb für die zwei Haltungen als Drachenprofil DN 2000 (DA 2400) mit 115 m und 55 m Länge aus. Die Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung aller Gewerke erfolgt durch das Ingenieurbüro GKE Consult Beratende Ingenieure GmbH, Bochum und Braunschweig.

Die Baufirma Meier & John, Hamburg, erhielt den Zuschlag für die Ausführung des 1. Bauabschnittes.

Die herzustellende Kanaltrasse verläuft, vom künftigen Wirbelfallschacht als Startbaugrube in den Kreuzungsbereich „Wilhelmstraße / Wendenstraße“ hinein und in die Gegenrichtung bis auf Höhe des vorhandenen Pumpwerkes am „Inselwall“ in die Zielbaugrube Z1. Dabei wurden u. a. mehrspurige Hauptverkehrsstraßen (Wilhelmstraße / Wendenstraße), Straßenbahngleise, ein ehemaliges Trümmergrundstück und die zwei Vorflu-



DN 2000 Drachenprofil mit hydraulischer Fuge vor dem Einbau

ter Burgmühlengraben und Bosselgraben gequert. Grundwasserabsenkungen waren technisch hochbedenklich und genehmigungsrechtlich nicht ohne Weiteres möglich.

Im ersten Bauabschnitt wurden zunächst der Startschacht (S1) und die Zielschächte (Z1 und Z2) hergestellt. Im Bereich der Startbaugrube S1 wird derzeit nach Abschluss der Vortriebsarbeiten ein Wirbelfallschacht hergestellt, durch den der Burgmühlengraben zu einem späteren Zeitpunkt an den neuen Kanal umgeschlossen werden soll.

Randbedingungen des Rohrvortriebs

Die Unterquerung von Vorflutern und einer stark befahrenen Ausfallstraße mit Straßenbahnlinie im Bereich der Baumaßnahme schloss eine offene Bauweise aus.

Entsprechend eines umfassend aufgestellten Baugrundgutachtens durch die geo-log Ingenieurgesellschaft GmbH, Braunschweig, war aufgrund der Historie des Baufeldes mit diversen Hindernissen zu rechnen.

Es wurde ein gesteuerter Rohrvortrieb mit offenem Haubenschild und Druckluftstützung ausgeschrieben. Bei diesem Vortriebsverfahren wird die Schildschneide als voreilender Verbau in den anstehenden Boden gepresst, um Setzungen zu vermeiden. Die Neigung des Hau-

benschildes wird hierbei den Bodenverhältnissen angepasst.

Die Stützung der Ortsbrust erfolgt durch das Haubenschild und durch die, den Grundwasserbedingungen angepasste Druckluftstützung. Dazu wurde die Arbeitskammer mit Druckluft beaufschlagt (0,5 bar). Das Ein- bzw. Ausschleusen erfolgte über eine sogenannte Topfschleuse. Die Ortsbrust ist jederzeit einsehbar und begehbar, sodass auch größere Hindernisse ($> 0,1 \text{ m}^3$) im Zuge des Vortriebes abgebaut und abtransportiert werden können.

Das abgebaute Material wird mit einem Förderband über einen Brecher in ein Spülbecken transportiert, wo das Boden-Sand-Gemisch hydraulisch übertage gefördert wird. Zur Sicherung gegen Erosionsausbläser bei der Kreuzung im Bereich der Vorfluter Bosselgraben und Burgmühlengraben wurden zusätzliche Maßnahmen getroffen, u. a. die zeitweilige Verrohrung der Gräben und der Einbau von Dämmerbeton. Das Auffahren des ersten Teilstücks in der Geraden (S1-Z2) mit einer Länge von 115 m begann im Oktober 2007. Der Vortrieb wurde zunächst durch Ammoniakausgasung und danach durch die sich im Baufeld befindende Stadtmauer erschwert.

Ursache für die Ammoniakbelastung waren offensichtlich chemische Umsetzungsprozesse in den Sedimenten des alten Okerlaufs, der

beim Vortrieb angeschnitten wurde. Bei einer Belastung durch Ammoniak über 10 ppm durfte je Maschinenführerschicht nur mit Vollschutzmasken für 2 Stunden an der Ortsbrust gearbeitet werden.

Nach dem Passieren der Stadtmauer mit rd. 6 m Mächtigkeit wurden dann die geplanten Vortriebsleistungen erzielt. Beeindruckend war das bereits damals vollfugig hergestellte Natursteinmauerwerk, das bis heute über eine erstaunliche Festigkeit verfügt.

Beim Vortrieb des zweiten Teilstücks betrug die Vortriebslänge zwar nur rd. 50 m, wies dabei jedoch Radien in Raumkurven von rund 200 m auf. Durch die gewählten Radien kann der Bau auf städtischem Grundstück sichergestellt werden. Erschwert wurde der Vortrieb hier durch querliegende Hölzer mit darüber liegenden Sandsteinquadern im historischen Baugrund. In den Bereichen des geraden Vortriebs S1-Z2 wurden Profile mit einer Länge von 3 m verbaut, in Kurvenfahrten wurden Rohrlängen von 1,7 m verwendet. Für die Rohre im Bereich der geraden Vortriebsstrecke S1-Z2 wurden herkömmliche Druckübertragungsringe aus Holzwerkstoffen verwendet.

Die eng gekrümmte Vortriebsachse in S1-Z1 verursacht erhebliche Kräfte quer zur Rohrachse. Um daraus resultierende Schäden am Rohr zu verhindern, kam auch bei dieser Maßnahme



Herstellung der Zielbaugrube Z1

die hydraulische Fuge zum Einsatz, die nach dem hydraulischen Prinzip der kommunizierenden Gefäße funktioniert. Ein großer Vorteil der hydraulischen Fuge sind vergleichsweise geringere Zwängungskräfte, sodass auch bei Verwinkelungen der Rohre die Mantelreibung und somit auch die Vortriebskräfte relativ gering bleiben. Die hydraulische Fuge wurde als

permanente Abdichtung der Rohrmuffen im Bauwerk ausgebildet. Zusätzlich wurde der Vortrieb vom innovativen Echtzeitüberwachungssystem Jackcontrol begleitet. Dies ermöglichte eine kontinuierliche Lagebestimmung während des Vortriebs und somit ein frühzeitiges Erkennen von Abweichungen von der Solltrasse.



Zielbaugrube Z1 nach dem Lenzen

Zielbaugrube

Die Zielbaugrube, Z1 befindet sich in unmittelbarer Nähe des vorhandenen Hochwasserpumpwerks im angrenzenden Park.

Im Anschluss an den ersten Bauabschnitt zur Herstellung der Kanaltrasse realisiert die SEBS den Bau eines zweiten Mischwasserpumpwerks neben dem bereits vorhandenen Pumpwerk am Inselwall.

Das neue Pumpwerk mit Mischwasserbehandlungsanlage wird rund 10 m tief in den Boden gebaut. Die Schmutzfracht, die bisher bei heftigen Niederschlägen durch Überläufe des Mischwassernetzes in die Oker gelangten, sollen zukünftig zurückgehalten und umweltverträglich entsorgt werden. Das rd. 33 x 12 m große unterirdische Gebäude darf keine oberirdischen Bauteile nach sich ziehen, um den guten Eindruck des angrenzenden Inselwallparks nicht zu stören, an dessen Rand das Pumpwerk entsteht. Bei der Auslegung und Herstellung des Baugrubenverbau und der Baugrubensohle für die Zielbaugrube Z1 war zwingend darauf zu achten, dass der Spundwandverbau und die Baugrubensohle auch nach Abschluss des ersten Bauabschnittes für die jetzt erfolgende Herstellung des Schmutzwasserpumpwerkes mit Mischwasserbehandlungsanlage standsicher und wasserdicht sind.

Die Rückverankerung der Sohle in der Zielbaugrube Z1 mit den Abmessungen 12 x 33 m wurde als kombinierte Pfahl-Platten-Gründung über ein Mikropfahlsystem ausgeführt. Die rd. 50 Verpressanker sind in Längen von 14 bis 20 m hergestellt. Anschließend wurden zur Herstellung der Sohle die Bewehrung und der Unterwasserbeton von Tauchern eingebaut.

Fazit und Ausblick

Für die Neuordnung der Braunschweiger Innenstadtentwässerung wurde im 1. Bauabschnitt im Dezember 2007 der Rohrvortrieb unter schwierigen, historisch geprägten, geotechnischen und räumlichen Randbedingungen durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen.

Die Bauausführung des 2. und 3. Bauabschnittes ist für 2008 vorgesehen. Die gesamte Maßnahme schließt mit dem 4. Bauabschnitt voraussichtlich Anfang 2009. Die Gesamtkosten belaufen sich auf rd. 6,5 Millionen Euro. Bei der anspruchsvollen Rohrvortriebsstrecke für die Herstellung der Gewässerkreuzung kam innovative Technik zum Einsatz, die kombiniert mit professionellem und gutem Zusammenwirken aller am Bau Beteiligten zu einem erfolgreichen Abschluss des 1. Bauabschnittes geführt hat. ■