Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117 (1999)

Heft: 36

Artikel: Bauwerke Glatt und Ausbau der oberen Stollenquerschnittshälfte: das Bauprojekt

Autor: Stengele, Daniel / Benz, Alex / Wiederkehr, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79784

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

einzuarbeiten. Das Know-how muss es sich über die Ausschreibungsunterlagen (Bauprojekt), die Projektleitung und über das Qualitätsmanagment-Organ beschaffen.

Die Bauherrschaft beurteilte die Modelle aufgrund der folgenden Kriterien:

- Mobilisationszeit
- Know-how-Transfer
- Kosten-, Termin- und Funktionssicherheit
- Projektoptimierung
- Qualitätsmanagement
- Haftung.

Das übergeordnete Entscheidungsgremium bestätigte den bereits früher anvisierten Entscheid für das Modell 3. Ausschlaggebend für diesen Entscheid waren die Vorteile der klar fixierten Schnittstellen und Verantwortungen gegenüber dem Nachteil eines mehrmonatigen Planungsunterbruchs. Damit war dem Gesamtplaner der Platz in der Organisationsstruktur und seine Aufgabe - das PQM im Auftrag der Bauherrschaft - eindeutig zugewiesen; der entsprechende Auftrag wurde erteilt.

Die mit respektablem Aufwand durchgeführten und minutiös dokumentierten Abklärungen zu den verschiedenen Vorgehensweisen für die Vergabe der Planungs-, Projektierungs- und Ausführungsarbeiten der Bauwerke Glatt haben schliesslich zu Lösungen geführt, mit denen den spezifischen Voraussetzungen des Gesamtvorhabens optimal entsprochen werden konnte. Der bisher reibungslose Ablauf der Arbeiten bestätigt in der Rückschau die Zweckmässigkeit der gewählten Verfahren.

Adresse der Verfasser:
Daniel Stengele, Ing. HTL, Entsorgung+Recycling Zürich, Bändlistr. 108, 8010 Zürich, *Ernst Naef*, dipl. Ing. ETH/SIA, und *Fritz Iff*, dipl. Ing. ETH/SIA, Fietz AG Bauingenieure, Fraumünsterstr. 9, 8001 Zürich

Daniel Stengele, Alex Benz, Peter Wiederkehr, Zürich

Bauwerke Glatt und Ausbau der oberen Stollenquerschnittshälfte

Das Bauprojekt

Der Gesamtplaner wurde von der Bauherrschaft aufgrund eines zweistufigen Auswahlverfahrens mit der Ausarbeitung des Bauprojekts für die Bauwerke Glatt beauftragt. Der folgende Beitrag beschreibt Organisation und Planungsinstrumente, die innerhalb von knapp zehn Monaten, ausgehend vom Vorlageprojekt und der spezifischen Zielsetzung für die Bauwerke Glatt, die Entwicklung des Projekts in einem mehrteiligen Prozess bis zur Ausschreibungsreife ermöglichten.

Die für die Bauwerke Glatt in dieser Phase geltende Projektorganisation war wie folgt ausgestaltet: Für den Gesamtplaner war der Ansprechpartner auf der Seite der Bauherrschaft der Projektleiter Bauwerke Glatt. Dieser wurde einerseits durch den auf gleicher Ebene in der Projektorganisation angesiedelten Projektleiter Betriebe und anderseits durch einen externen Berater unterstützt. Der Projektleiter Bauwerke Glatt rapportierte regelmässig über den Stand der Dinge an den ihm überstellten Gesamtprojektleiter. Ein übergeordnetes Entscheidungsgremium verabschiedete wichtige Projektierungsschritte und -ergebnisse und fungierte als Entscheidungsinstanz bei strittigen Themen. Der direkte Ansprechpartner für den Projektleiter Bauwerke Glatt war der Projektleiter des Gesamtplaners, der aus dem federführenden Büro stammte. Diese schlanke, auf zwei Gesprächspartner zugeschnittene Projektorganisation hat sich bewährt. Für den Erfolg war auch die direkte und gut organisierte Arbeitsweise massgebend.

Die bauherrenseitige Projektleitung und die Vertreter des Gesamtplaners führten im Zweiwochenrhythmus Projektsitzungen mit stehender Traktandenliste und ständigen Teilnehmern durch. Zu diesen Sitzungen, die jeweils einen Vormittag belegten, brachte der Gesamtplaner einen Standbericht mit, der das Geschehen der letzten beiden Wochen zusammenfasste und einen Ausblick auf die zwei kommenden Wochen vermittelte. Mit diesen Standberichten informierte der Projektleiter Bauwerke Glatt auch den Gesamtprojektleiter. Die Sitzungsprotokolle wurden bauherrenseitig erstellt, ebenso die resultierenden Geschäftslisten mit dem Überblick über alle von den Beteiligten im zeitlichen Nahbereich zu erledigenden Aufgaben.

Zur erfolgreichen Arbeitsweise des rasch eingespielten Projektteams trug ausserdem bei, dass die massgebenden Amtsstellen - Inspektorate, Suva, AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft) - rechtzeitig begrüsst und in den Projektierungsprozess einbezogen wurden. Dieses Vorgehen ermöglichte es, die notwendigen Bewilligungen in kurzer Zeit und ohne einschränkende Auflagen zu erhalten. In technischen Fragen stützte sich die Projektleitung auf entsprechende Stellungnahmen von internen und externen Experten.

Wichtiges Element in der Projektorganisation war der frühe Einbezug der Belange des künftigen Betreibers. Die Gesamtprojektleitung trug dieser Notwendigkeit Rechnung, indem sie die Belange des Betriebs über den Projektleiter Betriebe bereits in der Projektierungsphase in das Gesamtvorhaben einfliessen liess. Der Projektleiter Betriebe übt im Rahmen des Gesamtvorhabens und im Auftrag der Gesamtprojektleitung die Funktion der Begleitung und Koordination von Spezialisteneinsätzen im Zusammenhang mit dem Betrieb aus. Er nimmt die Interessen des Betreibers mit Unterstützung der Betriebsorganisation wahr, wobei die Bereiche Klärwerke, Technischer Dienst und Kanalnetzbetrieb abzudecken sind.

An den regelmässig stattfindenden Koordinations- und Projektsitzungen mit dem Gesamtplaner wurden die aus der Grösse und Komplexität des Projekts hervorgehenden Probleme behandelt und offene Punkte und Anfragen direkt vom Projektleiter Betriebe an den Betreiber bzw. an die zuständigen Stellen des Betriebs weitergeleitet. So konnten die Betriebserfahrungen mit der bisherigen Anlage ohne Verzögerungen über eine Stellungnahme des Projektleiters Betriebe in die Projektplanung einfliessen.

Rückblickend darf gesagt werden, dass die Projektbegleitung und Koordina-

tion durch den Projektleiter Betriebe die Schnittstellenproblematik vereinfachte und die Konsensbereitschaft aller beteiligten Parteien positiv beeinflusste.

Zusammensetzung und Funktionsweise des Planerteams

Die Organisationsstruktur des Planerteams wurde bereits bei Beginn des Auswahlverfahrens auf den Charakter der Aufgabenstellung abgestimmt. Neben der gezielten Besetzung der Hauptfachgebiete durch Partnerfirmen lag eine weitere Priorität bei der Festlegung von einfachen und zweckmässigen Arbeitsabläufen. Die Auftragsanalyse führte zur Bildung eines Kernteams um die drei Hauptfachgebiete Abwasser-, Bau- und Installationstechnik über alle Teilobjekte. Damit konnten der Projektanfoderung nach einer einheitlichen und übergreifenden Planung der einzelnen Fachgebiete über die gesamte Projektachse entsprochen und die Verantwortlichkeiten klar geregelt werden. Die Eingliederung der drei Hauptfachbereichsleiter in die Teamführung erlaubte kurze Informationswege und die Besetzung einer kompetenten Teamführungs-Stellvertretung. Ein viertes Mitglied war verantwortlich für die übergreifende Fachkoordination und das Projectcontrolling. Die Leitung des Führungsgremiums oblag aufgrund der das Projekt beherrschenden Abwassertechnik dem Abwasseringenieur. Alle weiteren Fachgebiete und Subplaner (Qualitätsmanagement u.a.) wurden den jeweiligen Teampartnern mit spezifischer Aufgabenabgrenzung zugeordnet.

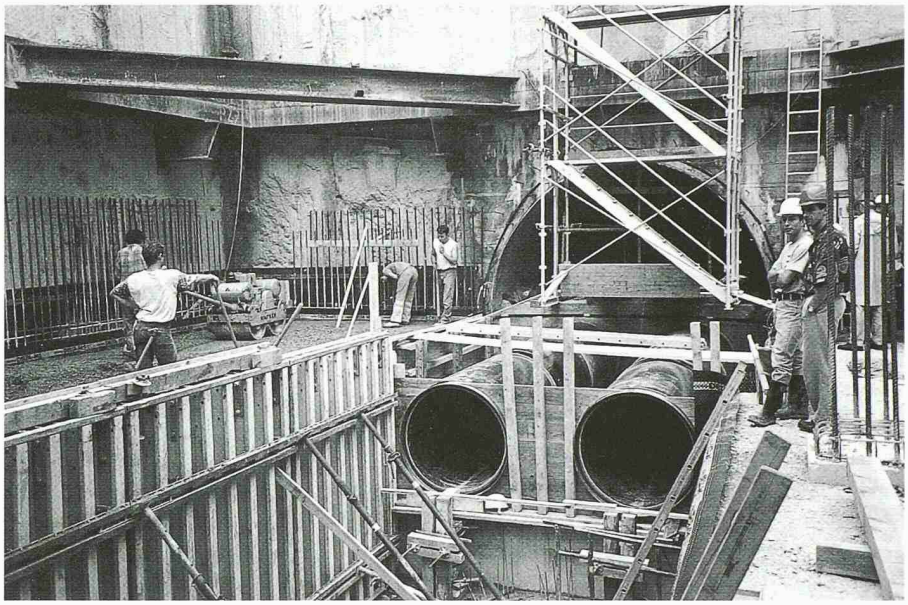
Mit der Beschränkung auf drei Hauptfachbereiche konnten grössere personalaufwendige Sitzungen vermieden werden. Im kleinen Rahmen des Projektstabs wurden die entscheidenden Strategien entwickelt, gleichzeitig die Fachkoordination sichergestellt und somit die Basis für die Projektarbeit in den verschiedenen untergeordneten Fachbereichen gelegt.

Aufbauend auf den individuellen Qualitätsmanagementsystemen der einzelnen Kernteam-Partner wurde übergeordnet ein projektbezogenes Qualitätsmanagment für die Projektierungsphase bis und mit der Generalunternehmer-Evaluation entwickelt. Dieses zeichnete sich vor allem durch eine einfache und praxisbezogene Handhabung für alle Beteiligten aus.

Aufgabenstellung

Das Gesamtplanerteam war aufgefordert, unter Beachtung der vorgegebenen Rahmenbedingungen und Zielvorgaben eigene Lösungsansätze für die Gestaltung der Bauwerke Glatt aufzuzeigen und auf ihre Machbarkeit zu prüfen. Die Anlagen sollten wenig störungsanfällig sein und einen immissions- und energiearmen Betrieb ermöglichen, der dank automatischer Steuereinheiten und Fernüberwachung ohne Personal auskommt. Ausserdem war anzustreben, die Installationen im begehbaren Bereich des Stollens auf ein Minimum zu reduzieren und alle Anlagekomponenten in den Kopfbauwerken anzuordnen.

Die zentrale und zugleich heikelste Aufgabe bestand jedoch darin, ein zweckmässiges Abflussregime für das zufliessende Abwasser zu entwickeln, das den hohen betrieblichen und technischen Anforderungen sowohl bei Trocken- wie bei Regenwetterbedingungen zu genügen vermag. Alle Aspekte der hydraulischen Berechnungen waren auf die Vorgaben der bestehenden Bauwerke, die unterschiedlichen Wasserstände bei den Vorflutern Glatt und Leutschenbach und auf die Forderungen des Betriebs abzustimmen. Die daraus sich ergebenden Lösungsansätze beeinflussten direkt Form und Strukturierung der verschiedenen Bau- und Anlageteile.



1
Baustelle Dienstgebäude

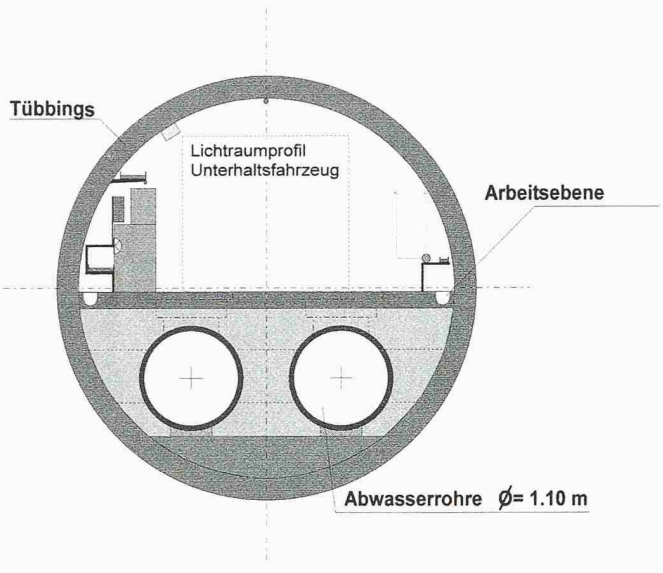
Projektentwicklung

Die Entwicklung des Bauvorhabens spielte sich im Rahmen eines klassischen Projektdurchlaufs ab. Dabei wurde für die erste Phase - Konzeptentwurf und Vorprojektbearbeitung - eine verhältnismässig grosse Zeitspanne eingesetzt, die es ermöglichte, eine Vielzahl von Alternativen in einem frühen Projektstadium sorgfältig zu prüfen. Wie sich später bestätigte, begründeten die Varianten und die in der Folge zusammen mit der Projektleitung getroffenen Entscheide eine solide Basis für den weiteren Projektverlauf. Vor Abschluss und Genehmigung des Vorprojekts konnten alle anstehenden Probleme bereinigt werden.

Die anschliessende Ausreifung des Bauprojekts war auf den Entscheid der Bauherrschaft ausgerichtet, die Realisierung und die Ausführungsplanung einem Generalunternehmer zu übertragen. Der aufgrund dieser Strategie gewählte modulare Aufbau des Bauprojekts erlaubte die Verwendung der Dokumente sowohl für den Inhalt der Projektmappe wie als Bestandteil des funktionalen Pflichtenhefts für die Ausschreibung. Dadurch war es möglich, den Projektstand in unveränderter Form dem Generalunternehmer zu übermitteln, diesem aber gleichzeitig einen hohen Freiheitsgrad bei der Ausführung einzuräumen.

Abwassertechnik

Anhand eines Fliessschemas mit den definitiven Wassermengen entwickelte sich ein erstes Projektkonzept mit den Entwürfen und Ideen für die verschiedenen Objekte und Anlageteile. Im Besonderen musste eine betriebsfreundliche und wirtschaftliche Lösung zur Ableitung der stark schwankenden Zulaufwassermengen von 0,2 m^3/s bis im Extremfall 16,3 m^3/s gesucht



2
Querschnitt mit Lichtraumprofil für Stollenfahrzeug

werden. Das Schluckvermögen der beiden Abwasserrohre beträgt rund 3 m^3/s. Die restliche Abwassermenge muss durch das neue Regenbeckensystem (bestehende umgebaute Vorklärbecken) geleitet werden. Den folgenden Forderungen aus dem Betriebs-, Sicherheits- und Nutzungskonzept war Rechnung zu tragen:

- Verhinderung des Zuschlagens der Abwasserrohre im Stollen
- Fernhaltung von groben, explosiven oder leicht entzündbaren Stoffen aus dem Stollen
- Automatische Abschottung der Stollenrohre bei Störfällen und Umleitung in die Sicherheitsbecken
- Bereitstellung von Auffangvolumen für Störfälle (Sicherheitsbecken) vor dem Stollen
- Automatische Erkennung von explosiven Stoffen im Zulaufsystem
- Weitgehend automatischer, fernüberwachter Betriebsablauf ohne personelle Besetzung vor Ort
- Möglichst gute Nutzung der bestehenden Vorklärbecken als Regenbecken.

Eine im gemeinsamen Zulaufkanal vor dem neuen Betriebsgebäude angeordnete, zentral gelegene Hochwasserentlastung ermöglicht neben der Aufteilung des Abwasserstroms auf die beiden Stollenrohre auch die Entlastung zu den Regenbecken. Für den Störfall ist eine sohlenbündige, rückstaufreie Ableitung zu den Sicherheitsbecken vorgesehen. Eine in rund drei bis vier Fliessminuten Entfernung im Zulaufsystem installierte Detektionssonde steuert die elektro-hydraulisch angetriebenen und mit unterbruchsloser Stromversorgung versehenen Absperrorgane.

Nach der Aufteilung in die beiden Stollenrohre durchfliesst das Abwasser den Steinfang und den Grobrechen. Das Steingut wird mit einem Greiferkran ausgeräumt und extern entsorgt. Der Grobrechen verfügt über eine automatisch betätigte Harkenräumung mit direktem Abwurf in eine bereitstehende Mulde. Anschliessend wird das vom Grobgut befreite Abwasser durch die Abflussdrossel dem Wirbelfallschacht zugeleitet. Über eine Gefällsstufe von rund 10 m mit gleichzeitiger Richtungsänderung von 180° gelangt das Abwasser durch den Überleitungsstollen ins Limmattal. Die mittlere Fliesszeit durch den Stollen beträgt rund eine Stunde.

Die Regenbecken werden aus Wartungsgründen gestaffelt beschickt. Auf der Auslaufseite befindet sich bei jedem Becken eine automatische Rechenanlage. Ein zentrales Pumpwerk entleert die Becken und fördert das Abwasser zur Hochwasserentlastung zurück. Ebenso wird nach der gestaffelten Beckenentleerung aus dem Pumwerk Abwasser in die Bodenrinnen der Regenbecken gepumpt. Der so erzeugte Abwasserstrom schwemmt den abgesetzten Bodenschlamm zum Entleerungssumpf, und eine manuelle Reinigung erübrigt sich weitgehend.

Hydraulik

Die wichtigsten übergeordneten Elemente der Gesamthydraulik wurden bereits auf S. 753 ff. behandelt. Im Folgenden seien vor allem die besonderen hydraulischen Belange im Zusammenhang mit der Zuleitung auf der Seite Glatt näher beschrieben. Die Auslegung der Anlage erfolgte so, dass die Stollenrohre immer als Freispiegelkanäle mit einem maximalen Abfluss pro Stollenrohr von 1,5 m^3/s betrieben werden können. Neben einem optimalen Normalbetrieb legen zwei verschiedene Ereignisse und im Extremfall deren Kombination die Rahmenbedingungen für die Auslegung fest: zum ersten eine maximale Zuleitung aus dem Siedlungsgebiet von Zürich-Nord, zum zweiten ein extremes Hochwassser der Glatt, wodurch die Anlage vom Auslauf her eingestaut oder das Gelände im Extremfall sogar grossräumig überflutet wird. Zur Simulation der Ereignisse wurden stationäre Staukurvenberechnungen für die Gesamtanlage durchgeführt. Bei der Wahl und der Grösse der notwendigen Abflussdrossel spielten verschiedene Rahmenbedingungen eine Rolle:

- Der Durchfluss bei der Drossel muss immer kleiner als 1,5 m^3/s sein
- Der Rückstau in das Kanalnetz der Stadt soll möglichst gering sein (Ablagerungen)
- Die Entlastung in die Regenbecken und anschliessend in die Glatt soll erst bei möglichst grossen Abflüssen einsetzen (Gewässerschutz und Reinigung)
- Die Drosselung soll ungesteuert erfolgen (keine mechanischen Teile)
- Die Drossel soll beidseitig gut zugänglich sein (Kontrolle, Unterhalt).

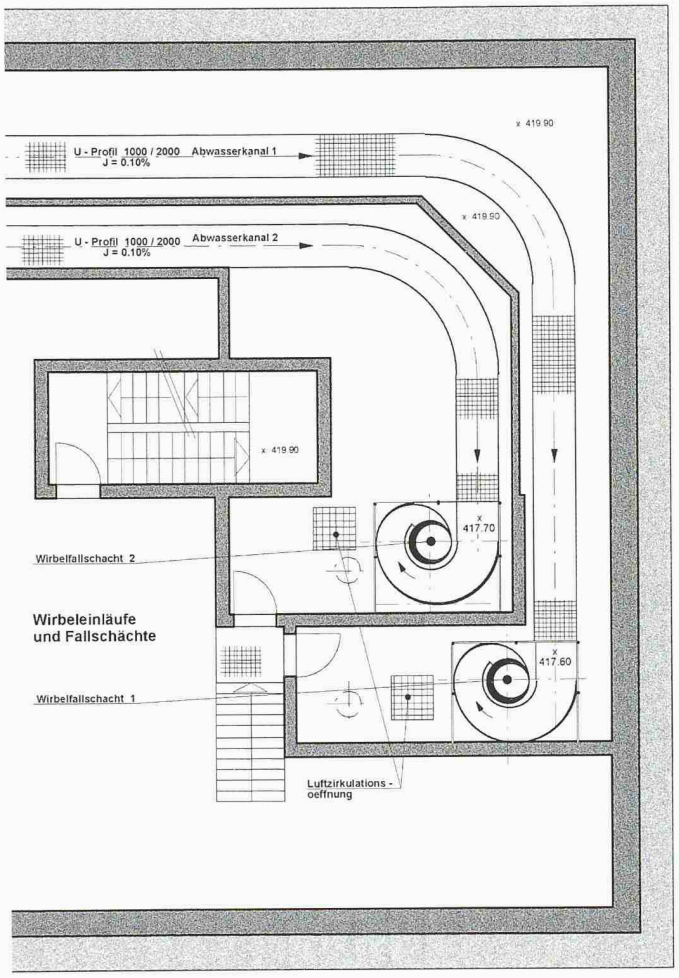
Aufgrund dieser Bedingungen wurde die Drossel im ersten Untergeschoss angeordnet.

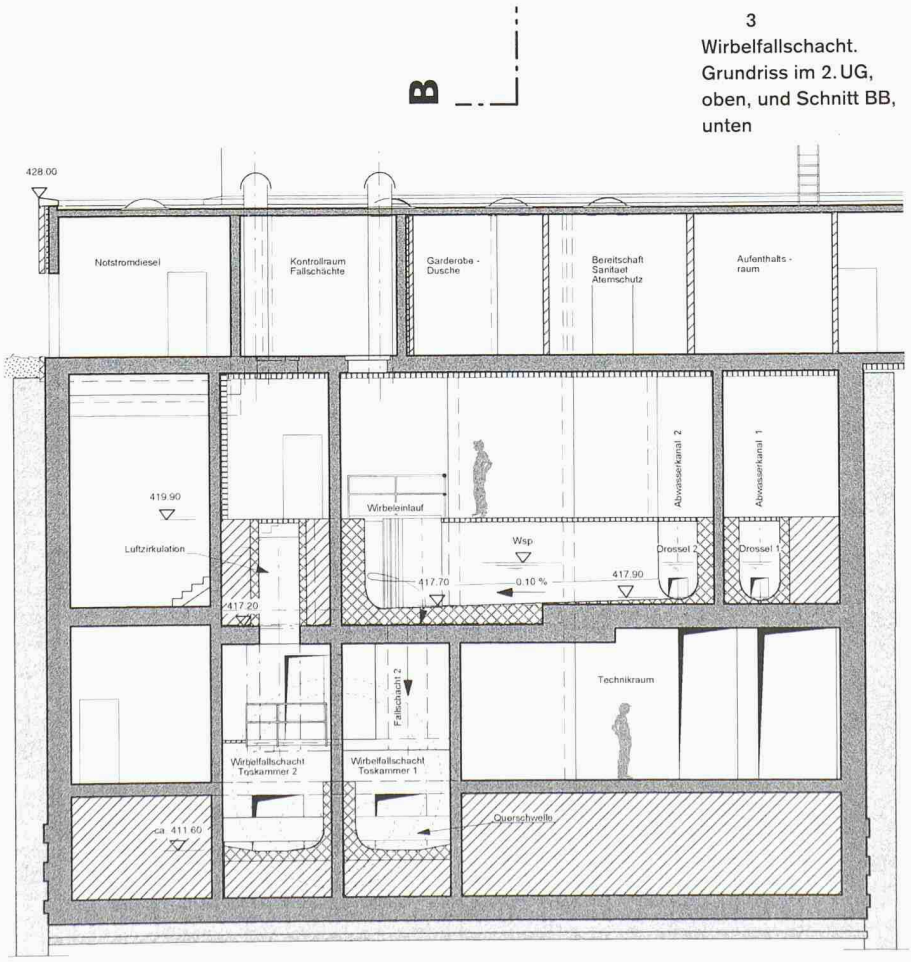
Ein Wirbelfallschacht überwindet die verbleibende Höhendifferenz bis zum Stollenzugang. Betriebliche, technische und wirtschaftliche Überlegungen führten zum Verzicht auf eine energetische Nutzung der Gefällsstufe. Zur Energieumwandlung und Beruhigung des Wassers nach dem Austritt aus dem Fallrohr dient eine Toskammer. Eine bodennahe Querschwelle sorgt dafür, dass der berechnete Fliesswechsel von einem schiessenden in einen strömenden Zustand vor dem Eintritt in die Stollenrohre erfolgt.

Das Betriebskonzept sieht vor, bei Trockenwetterabfluss nur eines der beiden Stollenrohre einzusetzen. Auf diese Weise kann eine ausreichende Schleppkraft auch bei Niederwasser unerwünschte Ablagerungen verhindern.

Bautechnik

Die Raumbedürfnisse des neuen Betriebsgebäudes erfordern ein Bauwerk, das partiell weniger tief ist als die bestehende Baugrube. Das verbleibende Baugrubenvolumen kann deshalb mit Recycling-Beton aufgefüllt und so direkt als Auftriebssicherung (142 kN/m^2) für das Gebäude genutzt werden. Die Höhenlage des Gebäudes





3
Wirbelfallschacht. Grundriss im 2. UG, oben, und Schnitt BB, unten

wurde so gewählt, dass auch bei Hochwasser keine Flutung der Untergeschosse bzw. des Tunnelquerschnitts via Erdgeschoss möglich ist.

Die Umnutzung der vier Vorklär- und der beiden Absetzbecken als Regen- bzw. Sicherheitsbecken erfordert eine umfassende Instandsetzung, die Erhöhung der Seitenwände sowie das Aufbringen eines hochwertigen Oberflächenschutzes. Sowohl die Becken wie auch die doppelstöckigen Verbindungskanäle sind gegen Auftrieb gesichert und wasserdicht ausgeführt.

Beim Stollenzugang Limmat wird mit Rücksicht auf den späteren Betrieb nur das absolut Notwendigste installiert. Dies führt dazu, dass in baulicher Hinsicht nur die Ausbildung der Abwasserkanäle mit darüberliegender Decke als Fahrbereich für die Stollenfahrzeuge erstellt werden müssen.

Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Aufgrund der Aufgabenstellung und der Rahmenbedingungen zeichneten sich bereits früh zwei Bearbeitungsschwerpunkte ab:

- Energieversorgung und -übertragung
- Sicherheits- und Kommunikationseinrichtungen.

Energieversorgung und -übertragung

Hauptenergiebezüger im Stollen ist die Einrichtung zur Reinigung der Abwasserrohre. Die dafür benötigten rund 150 kW können entweder von den Einspeiseorten über die ganze Stollenlänge verteilt und in der Nähe der Reinigungsschächte an Steckdosen abgegriffen oder aber lokal mit einem Dieselmotor erzeugt werden. Im ersten Fall besteht die Aufgabe darin, etwa 200 kW, im zweiten etwa 50 kW elektrische Energie über die ganze Stollenlänge mit einem vertretbaren Spannungsabfall von maximal 5% zur Verfügung zu stellen. Bei dieser Grössenordnung von Leistung und der bekannten Stollenlänge wirkt sich der Spannungsabfall massiv auf den zu wählenden Kabelquerschnitt und damit auf die Kosten aus. Für beide Varianten erwies sich der Einsatz von Transformatoren, mit deren Hilfe die Spannung von 400 V auf 990 V an den beiden Einspeiseorten Betriebszentrale Glatt und Stollenzugang Limmat angehoben und an zehn gleichmässig verteilten Stellen im Stollen wieder auf 400 V gesenkt wird, als wirtschaftliche Lösung. Die Reduktion des relativen Spannungsverlusts um den Faktor von rund 2,5 erlaubt den Einsatz dünnerer Kabel.

Sicherheits- und Kommunikationseinrichtungen

Für die Auslegung dieser Anlagen waren weniger die Eintretenswahrscheinlichkeit von Störfällen als vielmehr die möglichen Folgen (Personenschäden, Gefährdung der Abwasserableitung aus Zürich-Nord) massgebend. So ist im Stollen neben einer Brandmelde- auch eine Gaswarnanlage vorgesehen. Im Zulaufsystem zur Betriebszentrale Glatt (Stollenzugang) sind Gasdetektoren zur frühzeitigen Erkennung von explosionsgefährlichen Stoffen angeordnet. Zur Kommunikation mit der Hauptschaltwarte im Klärwerk Werdhölzli stehen im Stollen und in den Kopfbauwerken Mobiltelefone und Funkgeräte zur Verfügung, wobei die Funkanlage auch für die Benützung durch die Feuerwehr vorgesehen ist.

Da neben den geschilderten Systemen auch die Daten von Videoüberwachungskameras und den Steuerungen zwischen der Betriebszentrale Glatt und dem Klärwerk Werdhölzli übertragen werden müssen, drängte sich der Einsatz von Lichtwellenleitern auf.

Heizungs- und Lüftungsanlagen

Die Wärmeerzeugung für die Raumheizung und die Lüftungsanlagen erfolgt mit einem Luft-Wasser-Wärmepumpensystem, das die Umweltenergie dem Stollenlüftungsstrom entzieht (Lufttemperatur über 15 °C). Diese Lösung wurde aus betriebstechnischen Gründen und Investitionskosten-Überlegungen dem Energieentzug aus dem Abwasser vorgezogen. Zur Energiespeicherung werden zwei 4000-Liter-Warmwasserspeicher im Bauwerk Glatt installiert.

Der Stollen wird durch ein Ventilationssystem mit leichtem Überdruck mechanisch belüftet. Die Aussenluft wird im Objekt «Stollenzugang Limmat» über eine rund 5 m^2 grosse Ansaugöffnung in den Stollen und bis zur Betriebszentrale Glatt geblasen. Diese Strömungsrichtung musste aufgrund der Umweltauflagen gewählt werden. Beidseits des oberen, begehbaren Stollenquerschnitts ist ein Abschlussbauwerk mit automatischen Toren vorgesehen, die im Normalfall geschlossen sind. Das Lüftungssystem ist für drei Betriebsfälle (Grund-, Normal- und Sturmlüftung) konzipiert.

Die obere Stollenhälfte weist einen Querschnitt von rund 8 m^2 auf, das Stollenvolumen mit Kaverne beträgt damit 45 000 m^3. Das Lüftungssystem wird primär automatisch über Luftqualitäts- sowie über Temperaturfühler gesteuert, die alle 500 m angeordnet sind. Da die Normal- und Sturmlüftung nur sehr selten in Betrieb sein werden, ist für die Grundlüftung ein separates Lüftungssystem mit Luftfiltrierung vorgesehen, das auch für den Betrieb der Wärmepumpe aktiviert wird. Die Sturmlüftung ist nur manuell schaltbar, die Lüftungsrichtung kann auf beide Seiten je nach Ort oder Distanz einer allfälligen Havarie geschaltet werden.

In beiden Kopfbauwerken sind zusätzliche mechanische Lüftungsanlagen für fensterlose und Elektroräume vorgesehen. Im Rechenraum und weiteren Anlagen im Untergeschoss sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnungseinheiten installiert.

Sanitärinstallationen

Die Sanitärinstallationen dienen einerseits der Trinkwasser-Versorgung (WC-Anlagen, Lavabos, Duschen usw.) für den allgemeinen Betrieb. Dies betrifft die beiden Kopfbauwerke sowie die Regen- und Sicherheitsbecken und das Areal Glatt. Anderseits ist für die Reinigung bzw. die Spülung der Abwasserrohre im Stollen eine mit Netzdruckwasser gespeiste, 5,3 km lange Versorgungsleitung für Brauchwasser vorgesehen. Die Wassereinspeisung für die Spülwasserversorgung ist sowohl von der Betriebszentrale Glatt wie auch vom Stollenzugang Limmat möglich. Die vorgesehenen Lösungen decken auch die Bedürfnisse und Anforderungen der Feuerwehr, der Gebäudeversicherung und der Feuerpolizei ab.

Stollenfahrzeuge

Die Abwasserrohre und die Installationen in der oberen Querschnittshälfte müssen periodisch kontrolliert, gereinigt und gegebenenfalls repariert werden. Die Reinigung erfolgt wie im übrigen Kanalnetz mit Wasser unter hohem Druck, wobei Schlauch und Spüldüse von oben her durch die Kontrollschächte einzuführen sind. Die beschränkten Platzverhältnisse erfordern eine besondere Fahrzeug-Komposition, auf der die vollständige Spülausrüstung samt Personal transportiert werden kann. Ferner wird an beiden Stollenenden je ein Rettungsfahrzeug bereitgestellt. Als Antrieb für Fahrzeuge und Hochdruckpumpe dienen schadstoffarme Dieselmotoren mit einer maximalen Lärmemission von 65 dB(A) in 7 m Abstand. Die Fahrzeuge verfügen über normale Luftbereifung, sie werden von Hand gelenkt und erreichen eine Geschwindigkeit von 20 km/h (Spülfahrzeug) bzw. 25 km/h (Rettungsfahrzeug). Der Abstand zur Stollenwand wird durch elektronische Sensoren überwacht.

Projektbezogenes Qualitätsmanagement (PQM)

In Anlehnung an das PQM-Konzept aus der Projektierungsphase wurde in Zusammenarbeit mit der Bauherrschaft ein PQM-Handbuch als Grundlage für die Ausführungsphase erstellt. Darin sind die bauherrenseitigen Bedürfnisse und Projektabläufe an der Schnittstelle zum Generalunternehmer festgelegt. Überdies sind darin alle projektbezogenen Qualitätsschwerpunkte enthalten, gegliedert nach verschiedenen Aspekten, Qualitätsmerkmalen, Fachgebieten und Bezugsobjekten, ergänzt mit Informationen über die Prüfkriterien und -zeitpunkte. Auf dieser Basis entwickelte der Generalunternehmer ein auf die verschiedenen Bauphasen abgestimmtes Qualitätssicherungsprogramm. Anschliessend erfolgte die gemeinsame Qualitätsvereinbarung zwischen Bauherrschaft und Generalunternehmer, die als integrierender Bestandteil im Vertrag festgehalten wurde. Schliesslich oblagen dem Generalunternehmer die Erarbeitung des Qualitätssicherungsplans, dessen Integration in das PQM-System sowie die Umsetzung, Verifizierung und Weiterentwicklung des gesamten Systems im Verlaufe des Projekts.

Schlussbetrachtung

Rückblickend kann festgehalten werden, dass sich unter der Voraussetzung eines auf allen Ebenen kompetenten, schlanken und straff organisierten Teams mit klaren Vorgaben auch ein hohes Ziel in kürzester Zeit erreichen lässt. Neben der interdisziplinären Zusammensetzung der Ingenieurgemeinschaft sind eine hohe Kritik- und Zusammenarbeitsbereitschaft wichtige Voraussetzungen zur erfolgreichen Bewältigung der komplexen Aufgabe.

Adresse der Verfasser:
Daniel Stengele, Ing. HTL, *Peter Wiederkehr*, Entsorgung + Recycling Zürich, Bändlistr. 108, 8010 Zürich, *Alex Benz*, Ing. HTL/STV, Koordinator Gesamtplaner Team 4, c/o Franz Benz Ingenieure AG, Bellariastr. 7, 8002 Zürich