

# **Unterirdische Autobahnabzweige der Westumfahrung Zürich**

Hans-Norbert Mattes

Pöyry Infra AG

## Publikation



### Unterirdische Autobahnabzweige der Westumfahrung Zürich

*von Hans-Norbert Mattes, Hans-Martin Braun  
und Christian Amstad*

Kolloquium „Bergmännisches Auffahren von grossen Querschnitten“  
ETH Zürich, 13. Dezember 2007

Competence. Service. Solutions.

Hans-Norbert Mattes und Hans-Martin Braun, Pöyry Infra AG, und  
Christian Amstad, Baudirektion des Kantons Zürich

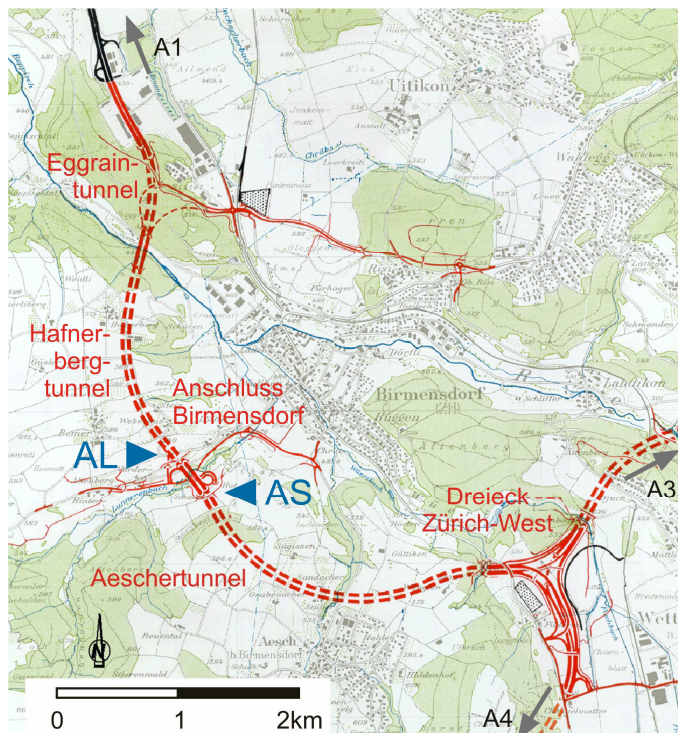
## UNTERIRDISCHE AUTOBAHNABZWEIGE DER WEST-UMFAHRUNG ZÜRICH

Die Westumfahrung Zürich verbindet die Autobahnen A1 Richtung Bern/Basel und A3 Richtung Chur. Am Autobahndreieck Zürich West zweigt die A4 Richtung Luzern ab. Die Westumfahrung wird Anfang 2009 vollständig dem Verkehr übergeben und wesentlich zur Entlastung der Stadt Zürich vom Transitverkehr beitragen.

Der Teilabschnitt N 20.1.4 Umfahrung Birmensdorf (Bild 1) besteht im Wesentlichen aus zwei Brücken und drei Tunnelbauwerken: dem Eggraintunnel (500 m) mit Ein- und Ausfahrtstunnel Ristet (350 m und 450 m), dem Hafnerbergtunnel (1.400 m), und dem Aeschertunnel (2.200 m). Der Anschluss Birmensdorf liegt im engen Einschnitt des Lunnerentals. Die Ausfahrtspuren zweigen daher bereits unterirdisch von den Hauptrohren des Hafnerberg- und des Aeschertunnels ab, wozu diese auf einer Länge von ca. 170 m aufgeweitet wurden. Nachfolgend wird die Aufweitung Schauber im Aeschertunnel näher vorgestellt.

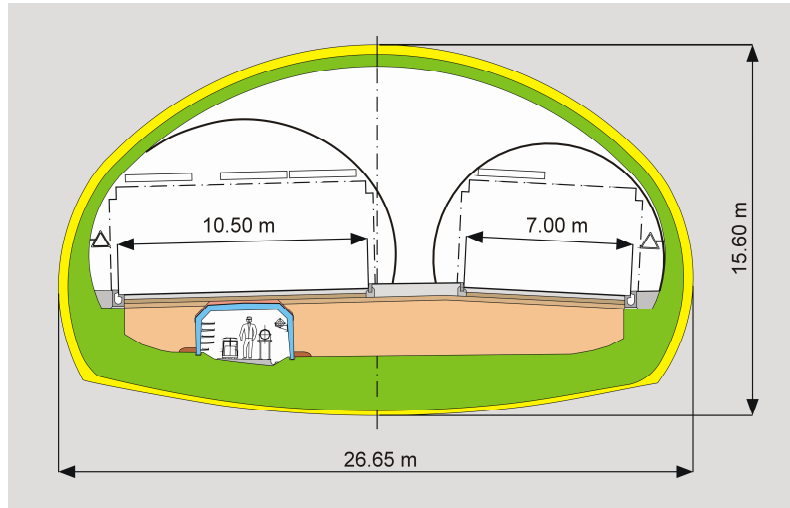
### 1 LINIENFÜHRUNG, TUNNELLAYOUT

Die Richtungstunnel der Umfahrung Birmensdorf sind dreispurig mit einem Lichtraum von 10.5 m Breite und 4.5 m Höhe ausgebaut (zwei Fahrstreifen, eine Standspur), die Ein- Ausfahrtstunnel jeweils zweispurig (je eine Fahr- und Standspur). Für die Hauptrohren resultiert daraus ein Ausbruchquerschnitt von 135 bis 140 m<sup>2</sup>.



**Bild 1** N 20.1.4 Umfahrung Birmensdorf mit den Aufweitzonen Löffler (AL) und Schauber (AS).

Die fünfspurigen Aufweitungsprofile vor den Ausfahrten zum Autobahnanschluss Birmensdorf weisen im Maximum eine Querschnittsfläche von ca. 340 m<sup>2</sup> auf (Bild 2).



**Bild 2** Maximaler Querschnitt im Aufweitungsbereich, mit durchgehender Haupttröhre (links) und Ausfahrtstunnel (rechts).

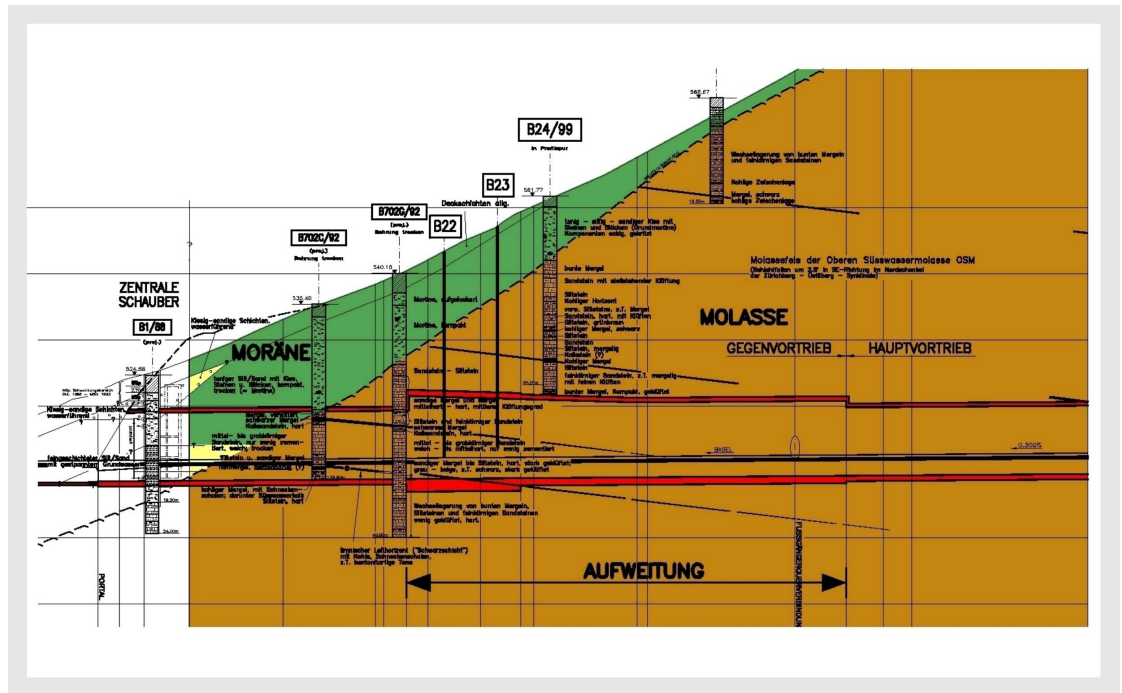
Alle Tunnel sind als Maulprofil ausgebildet und mit PVC-Dichtungsbahnen gegen Druckwasser abgedichtet. Unter den Hauptfahrbahnen gibt ein befahrbarer Werkleitungskanal aus Betonfertigteilen Raum für die Entwässerungsleitung, die Lösch- und Brauchwasserleitung, sowie die Kabeltrassen. Der Werkleitungskanal durchläuft die Tunnel- und Brückenbauwerke durchgängig auf voller Länge, und ist über Abgänge an den Tunnelportalen und im Bereich der Fahrzeugquerschläge zugänglich. Wegen erhöhter Sicherheitsanforderungen wurde im Aeschertunnel eine nachträglich projektierte Zwischendecke zum Zweck der Brandgasabsaugung eingebaut.

## 2

### GEOLOGIE, VORTRIEBSMETHODEN

Die Tunnel der Westumfahrung Zürich führen durch eiszeitliche Moräne (Lockergestein) und Obere Süßwassermolasse (Fels). Die Moräne ist vorbelastet, steinreich, und teilweise mit mächtigen Findlingen durchsetzt. Die nahezu horizontal gelagerte Molasse besteht aus einer unregelmässigen Wechsellagerung von Sandstein, Siltstein und Tonmergel. Grund- und Bergwasser wurden beim Vortrieb in geringem Masse angetroffen.

Die Regelprofile des Aeschertunnels wurden im Lockergestein unter dem Schutz eines vorlaufenden Jettingschirmes im Baggervortrieb aufgeföhren. Die Jettingetappen mit je 35 Jettingsäulen (d=60 cm) erstreckten sich über 13 m Länge, eine Ausbruchetappe war jeweils 11 m lang. Die Abschlagslängen in der Kalotte betragen 1 bis 2 m. Gitterträger im Abstand von 1 m, zwei Lagen Bewehrungsnetze und 25 bis 30 cm Nassspritzbeton dienten als Sicherungsmittel. Der Strossen-/ Sohlbruch wurde in Abschlagslängen von 4 bis 5 m bei gleichen Sicherungsmitteln nachgezogen.



**Bild 3** Geologie im Ausfahrtsbereich Schaubert.

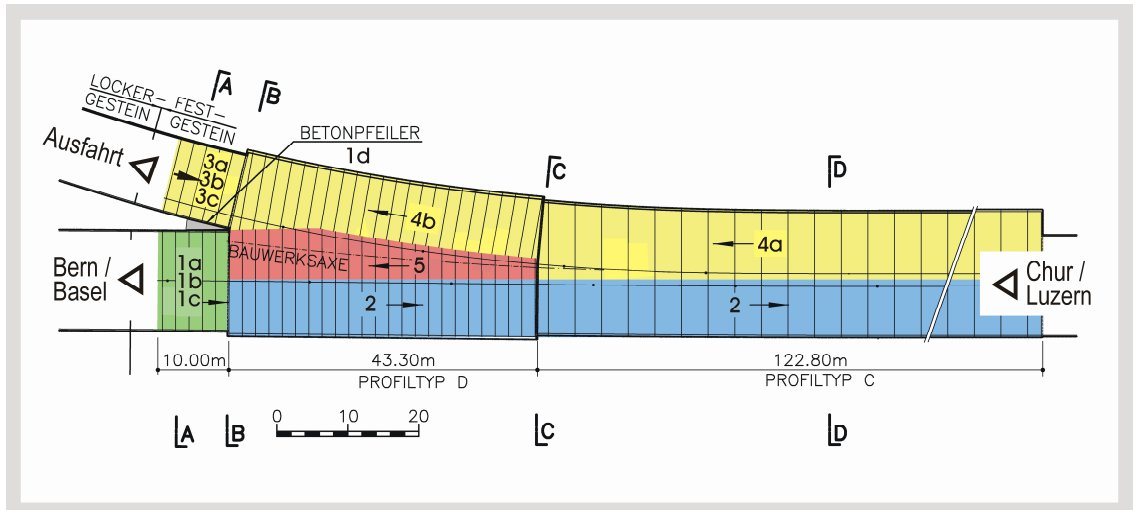
Im Molassefels wurde auf Sprengvortrieb mit Abschlagslängen von 2 bis 4 m in der Kalotte und 4 bis 5 m in der Strosse umgestellt. Als Sicherungsmittel kamen Faserspritzbeton (5 cm) sowie einer Lage Bewehrungsnetz und 25 bis 30 cm Spritzbeton zum Einsatz. In Ausnahmefällen wurden auch im Felsvortrieb Gitterträger in der Kalotte versetzt.

### 3 AUSBRUCHPHASEN UND SICHERUNGSMITTEL DER AUFWERTUNGEN

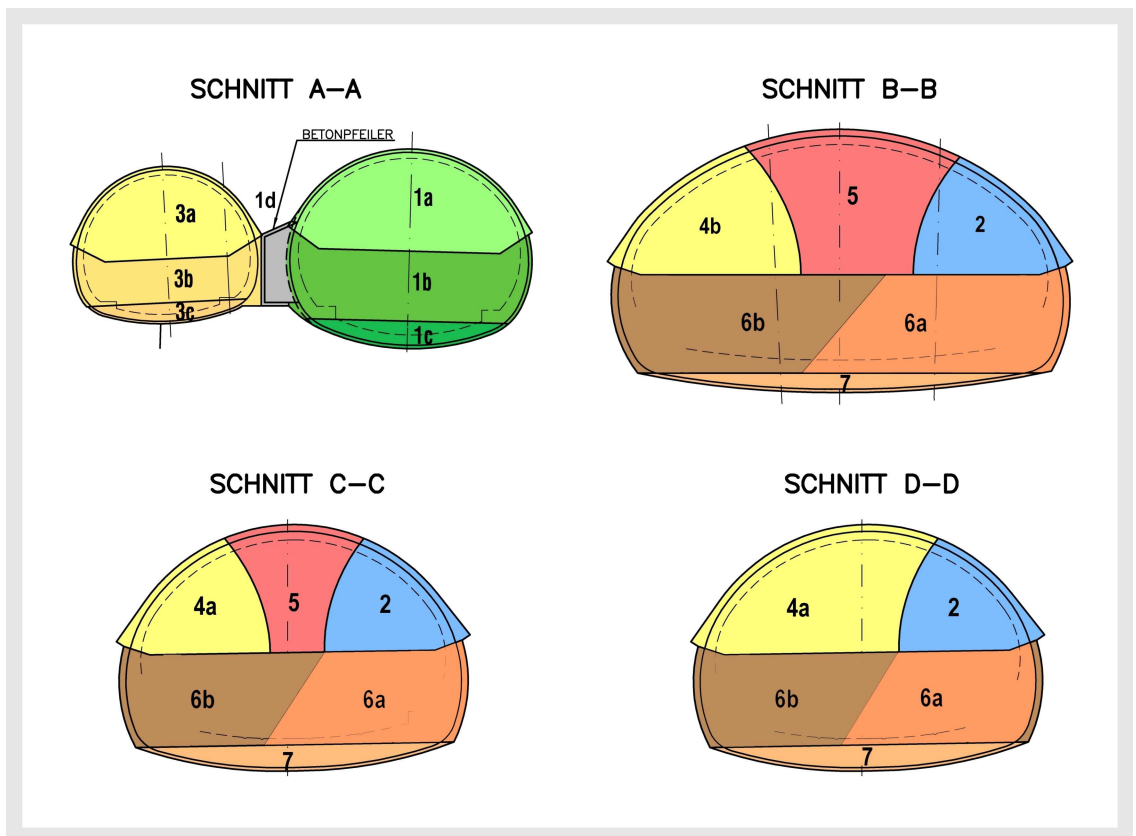
Die Tunnelröhren weiten sich im Bereich der Abzweige Löffler und Schaubert bis zu einem maximalen Ausbruchprofil von 27 m Breite und 15 m Höhe auf (Bild 2). Beide Aufweitungen sind nahezu baugleich.

Aufgrund der portalnahen Lage beträgt die Felsüberdeckung im Bereich Schaubert nur 5 m, mit 15 m überlagernder Moräne (Bild 3). Die in den Bildern 4 und 5 dargestellten Schemaskizzen zeigen die Herstellung der Aufweitung Schaubert in mehreren Teilausbrüchen.

Vorgängig wurde die Kalotte des Haupttunnels erstellt (Sequenz 1a). Im Zielbereich zur späteren Brillenwand erfolgte sodann auf 10 m Länge der Sohlschluss (Sequenzen 1b und 1c). Zur späteren Aufnahme von Lastumlagerungen wurde der Mittelpfeiler zwischen Haupt- und Ausfahrtstunnel ausgebrochen und auf 10 m Länge durch Beton ersetzt (Sequenz 1d). Es folgten der Ausbruch des Paramentstollens auf einer Länge von 166 m (Sequenz 2), sowie der Ausbruch der Kalotte Ausfahrtstunnel, ebenfalls mit 10 m Sohlschluss im Zielbereich zur Brillenwand (Sequenzen 3a–3c). Mit der Sequenz 4a, dem Ausbruch der „Restkalotte“ im Profiltyp C, begannen die eigentlichen Aufweitungsarbeiten. Nach exakt 112.80 m Aufweitungsvortrieb wurde der Paramentstollen des Profiltyps D ausgebrochen (Sequenz 4b), wobei in Vortriebsrichtung links gesehen der so genannte „Kalottenkern“ stehen blieb.



**Bild 4** Schematische Ausbruchfolge (Draufsicht).



**Bild 5** Schematische Ausbruchfolge (Querschnitte).

Bis zum Durchschlag zum Ausfahrtstunnel erfolgten alle Ausbrüche im Sprengvortrieb. Der Vortrieb des Kalottenkerns (Sequenz 5, Bild 6) wurde hingegen schonend mittels Hydraulikhammer und Bagger durchgeführt, weil bei diesem letzten Stützelement der Kalotte im Zielbereich zur Brillenwand (27 m Spannweite) das Risiko von Sprengungen zu hoch erschien. Der Ausbruch erfolgte in Etappen von max. 1 m mit unmittelbar nachfolgender Sicherung.

Der Ausbruch der Strosse erfolgte in zwei Teilausbrüchen (Sequenzen 6a und 6b, Bild 7). Den Abschluss der Vortriebsarbeiten bildete der Sohlausbruch (Sequenz 7).

Im Aufweitungsbereich wurden als Erstsicherung generell 5 cm Faserspritzbeton aufgetragen. Anschliessend wurden pro Abschlag und Teilausbruch jeweils 6 bis 8 Reibrohranker eingebaut (Swellex 4 m, mit bis zu 270 bar Wasserdruck aufgedrückt). Zwei Lagen Bewehrungsnetze, 8 bis 10 Mörtelanker von 6 bis 8 m Länge, und 30 cm Nassspritzbeton in zwei Lagen vervollständigten die Ausbruchssicherung.

Mittels Extensometer- und Konvergenzmessungen wurde das Verformungsverhalten der aufgeweiteten Kalotte anfänglich mehrmals täglich verfolgt. Zum erfreulich setzungsarmen Verhalten der Tunnelfirste (max. 18 mm) trugen das gewählte Ausbruchverfahren, die eingesetzten Sicherungsmittel, und vermutlich auch das Ausbleiben von Bergwasser infolge der tiefen Grundwasserspiegel im Jahreshochsommer 2003 bei.



**Bild 6** Abbruch des Kalottenkerns (Sequenz 5).



**Bild 7** Vortrieb im Strosen-/Sohlbereich (Sequenzen 6a/6b).

#### 4 GEWÖLBEHERSTELLUNG

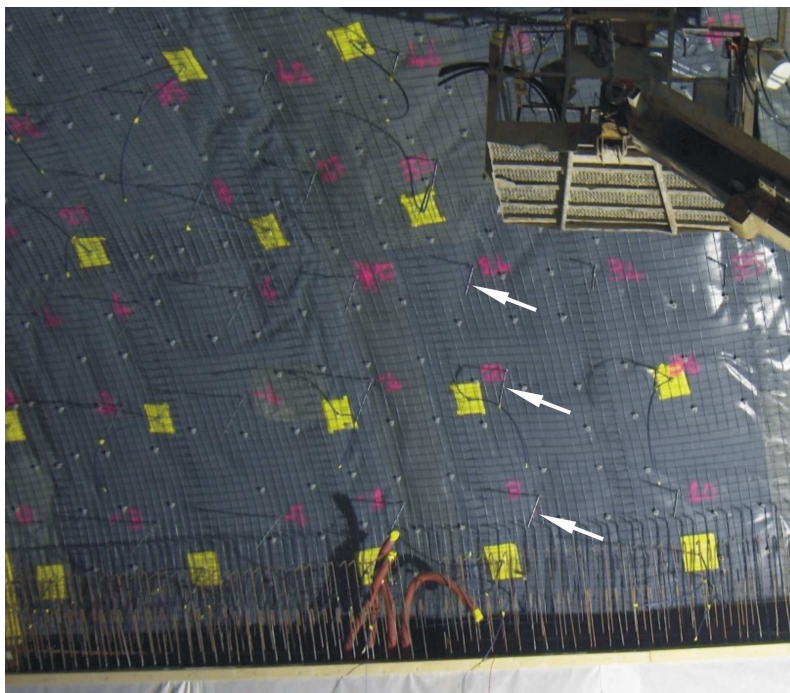
Da die Aufweitungssohle im Bereich von quellfähigen Tonschichten liegt, wurde nach der Vollabdichtung aus 3 mm starken PVC-Bahnen ein bis zu 2,5 m mächtiges, bewehrtes Sohlegewölbe eingebaut. Auf diesem wurden die Fertigteilelemente des Werkleitungskanals versetzt und mit zementstabilisiertem Ausbruchmaterial hinterfüllt. Anschliessend wurden auf beiden Seiten der Aufweitung bis in eine Höhe von 4,5 m über der Fahrbahn die einhäuptig geschalteten, bewehrten Paramentwände betoniert.

Das Firstgewölbe wurde wegen des stetig aufweitenden Profils mit Spritzbeton der Güte SB40/30 FT hergestellt. Der Aufbau besteht von aussen nach innen aus einem Schutzvlies 1.000 g/m<sup>2</sup>, der Druckwasser haltenden PVC-Dichtungsbahn 3 mm mit innen liegender Schutzfolie, und zuletzt dem in vier Lagen aufgetragenen Spritzbeton d=50 cm.

Zur Aufhängung der Bewehrung wurden im Raster von 1.5 m x 1.5 m BA-Anker versetzt (Bild 8). Dabei durchdrangen die ca. 50 cm tiefen Bohrlöcher planmässig die Abdichtung. Die Anker bestehen aus einer starren PVC-Hülse mit Innengewinde und einem aufgeschweissten PVC-Folienstück 3 mm. Das PVC-Folienstück wurde mit der Dichtungsbahn des Gewölbes verschweisst. In die starren Hülsen der BA-Anker wurden Gewindestangen eingedreht, welche als Aufhängungspunkte für die Bewehrung des Spritzbetongewölbes dienen.

Nach Fixierung eines feinmaschigen Gitters erfolgte der Auftrag einer ersten, dünnen Lage Spritzbeton. Dabei stellte das anfängliche „Nachfedern“ der rasterförmig fixierten, einer Kassettendecke ähnlichen Abdichtungs- und Schutzfolie eine besondere Herausforderung dar.

Bis zum Eintritt der Gewölbewirkung nahmen die BA-Anker die gesamte Last der Bewehrung und der Spritzbetonschale auf.



**Bild 8** BA-Anker (Pfeile) und auf die Abdichtung aufgeklebte Injektionsstützen (gelbe Felder) vor Herstellen der Spritzbeton-Innenschale.



## 5 ABDICHTUNGSDetails UND NACHINJEKTION

Jeder einzelne der ca. 1'500 BA-Anker durchdringt die PVC-Bahnen und stellt somit eine potentielle Schwachstelle in der Abdichtung dar. Beim Einbau der BA-Anker wurden daher besonders strenge Qualitätsmassstäbe angesetzt.

Der Hohlraum zwischen der ersten Lage Gewölbespritzbeton und der ursprünglich „durchhängenden“ PVC-Abdichtung wurde über ca. 850 Injektionsstutzen verpresst. Diese sind im Raster von 2 m x 2 m mit Hilfe eines starken Klebebandes an der innen liegenden Schutzfolie aufgeklebt. In den Ringspalt wurden insgesamt ca. 145 m<sup>3</sup> Suspension injiziert, was einer mittleren Stärke von 4.4 cm entspricht.

Ein Jahr nach Fertigstellung des Gewölbes und dem vermutlich abgeschlossenen Wiedereinstau der Tunnelröhren traten vereinzelte Feuchtstellen auf, die aber in einer kurzen Nachinjektionskampagne beseitigt werden konnten.

Autoren:

Dipl.-Ing. FH Hans-Norbert Mattes und Dipl.-Geol. Dr. Hans-Martin Braun,  
Pöyry Infra AG, Hardturmstrasse 161, 8037 Zürich, <http://www.poyry.ch>  
Dipl.-Bauing. ETH Christian Amstad,  
Baudirektion des Kantons Zürich, Walcheplatz 2, 8090 Zürich

## PROJEKTBETEILIGTE

### **Bauherr**

Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich, VIS

### **Oberbauleitung**

Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt

### **Projektverfasser und Bauleitung**

Pöyry Infra AG, Zürich (vormals Electrowatt Infra AG)

### **Bauunternehmung**

Arbeitsgemeinschaft Aeschertunnel  
Prader-Losinger SA, Zürich (vormals Prader AG)  
Implenia AG, Zürich (vormals Zschokke Locher AG)  
Murer-Strabag AG, Erstfeld (vormals Murer AG)  
CSC Bauunternehmung AG, Zürich