

# Uetlibergtunnel: Das Schlüsselbauwerk der Westumfahrung Zürich ist im Bau

Otto Schnell, Daniel Marti, Stefan Maurhofer, Josef Bolliger

Am 4. Mai 2001 erfolgte der Anschlag am letzten und mit 4,4 km längsten Tunnel der Westumfahrung von Zürich. Bis heute wurden rund 720 m Lockergesteinsvortrieb in der Kernbauweise erfolgreich aufgeföhren. Im folgenden wird der Lockergesteinsvortrieb sowie der TBM- und TBE-Vortrieb, mit der zur Anwendung gelangenden Hinterschneidetechnik, im Detail vorgestellt.

## Projektbeschreibung und Übersicht

Wie in den Ausgaben im Tunnel Heft 4/98, 4/99, 4/00 und 4/01 bereits vorgestellt, verbindet der Uetlibergtunnel als längster Tunnel der Westumfahrung von Zürich die Umfahrung Birmensdorf (N20.1.4) im Westen mit der bestehenden Nationalstrasse Zürich-Chur (A3) im Osten. Der Tunnel verbindet damit das Verkehrsdreieck Zürich West mit dem Verkehrsdreieck Zürich Süd.

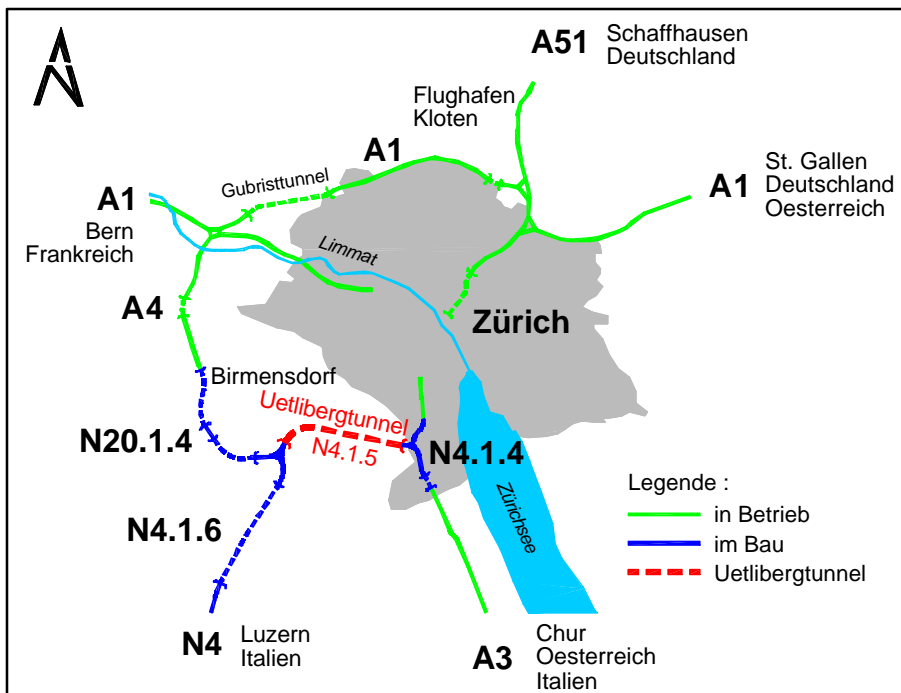


Bild A: Nationalstrassen im Raum Zürich

Das Projekt umfasst zwei parallele Röhren von je rund 4.4 km Länge. Diese sind alle 300 m mit einem begehbaren und alle 900 m mit einem befahrbaren Querschlag verbunden. Der Abstand der SOS Nischen beträgt 150 m. Am West- und Ostportal befindet sich je eine Portalstation mit technischen Räumen. Der Tunnel fällt vom Westportal im Wanneboden zum Ostportal beim Gänziloo mit einem Gefälle von 1.6%.

Otto Schnell      Dipl. Bauingenieur HTL, Baudirektion des Kantons Zürich, Tiefbauamt, Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH  
 Daniel Marti     Dipl. Bauingenieur ETH / Wirtschaftsingenieur FH, Projektleiter Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH  
 Stefan Maurhofer   Dipl. Bauingenieur FH, Chefbauleiter, Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH  
 Josef Bolliger     Dipl. Bauingenieur HTL, Projektleiter, ARGE Uetli, Stallikon/CH

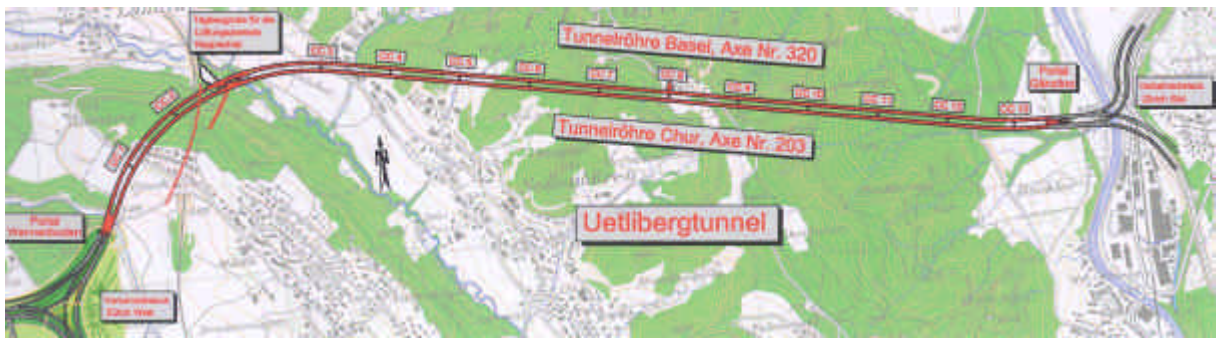


Bild B: Übersicht Projekt N4.1.5 Uetlibergtunnel

Im Reppischtal in Landikon ist eine unterirdische Lüftungszentrale angeordnet, welche über einer ebenfalls unterirdischen Verkehrsüberleitung zu liegen kommt. Der Tunnel wird im Normalfall durch die natürliche Längslüftung / Kolbenwirkung in beiden Röhren belüftet. Für die Röhre Basel wird eine Umweltlüftung installiert, welche es erlaubt, die aus dem Tunnel heranströmende Luftmenge vor dem Portal Wannenhofen abzusaugen. Die Luft wird im Kanalnetz längs der Tunnelröhren über der Zwischendecke zur Lüftungszentrale Reppischtal zurückgeführt und von dort über den Abluftstollen / Schacht Eichholz ins Freie ausgeblasen.

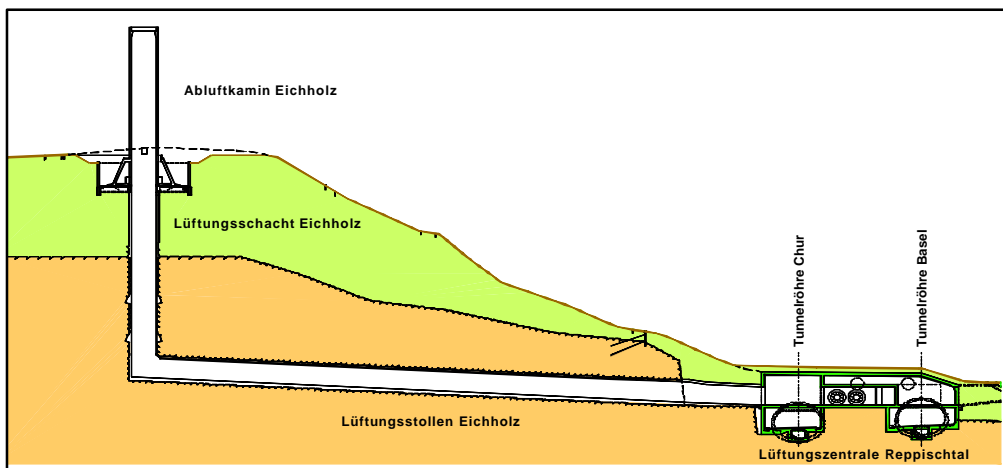


Bild C: Unterirdische Lüftungszentrale in Landikon

## Geologie

Von Westen nach Osten unterfährt der Uetlibergtunnel die zwei parallel laufenden Hügelzüge Ettenberg und Uetliberg. Dazwischen liegt das Reppischtal, welches das Tunnelbauwerk in zwei unabhängige, bergmännisch zu erstellende Tunnels unterteilt. Dabei handelt es sich um den rund 710 m langen Eichholtunnel unter dem Ettenberg und den 3.450 km langen Uetlibergtunnel unter dem gleichlautenden Hügelzug.

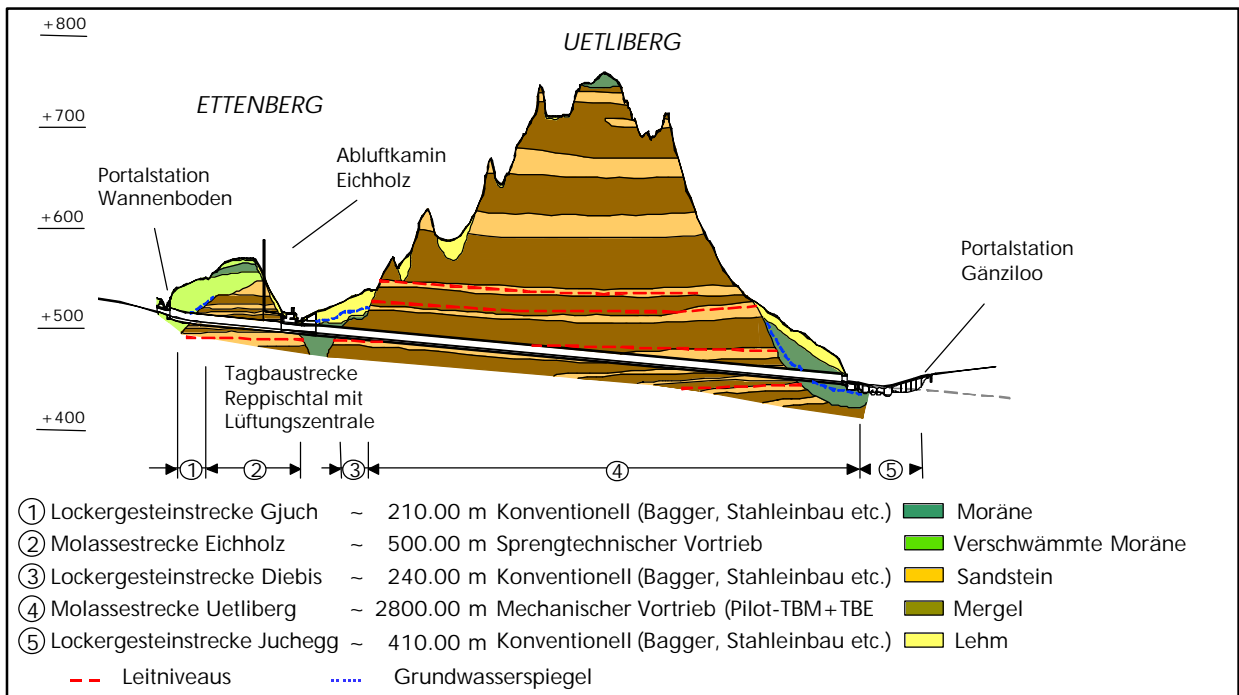


Bild D: Geologisches Längenprofil mit Vortriebsverfahren

Der Kern beider Hügelzüge besteht aus flach gelagerten Schichten der oberen Süsswassermolasse, einer Wechsellagerung von harten Sandsteinbänken und weichen Mergelschichten. Die maximale Überlagerung des Tunnels unter dem Uetliberg beträgt ca. 320 m. Zum Erreichen der Molassestrecken Eichholz (500 m) und Uetliberg (2'800 m) sind die drei Lockergesteinsabschnitte Gjuch, Diebis und Juchegg aufzufahren.

### Bauabläufe / Programme

Aus der Baugrube Reppischtal, welche in Etappen bis ins Jahr 2003 realisiert wird, erfolgt der fallende Vortrieb unter dem Uetliberg hindurch zum Verkehrsdreieck Zürich Süd in den Raum Brunau. Seit Frühling 2001 werden aus der Baugrube Reppischtal in Landikon die beiden Tunnelröhren der Lockergesteinsstrecke Diebis (LG-DIE = 2 x 240 m) in der Kernbauweise aufgefahren. Die Nordröhre (Tunnelröhre Basel) hat den Molassefels erreicht und die Startkaverne für die spätere Ausweitungstunnelbohrmaschine wurde sprengtechnisch ausgebrochen. Seit Anfangs April 2002 wurde die Tunnelbohrmaschine TBM (Wirth TB III 500 E, Durchmesser 5.00 m) in der Tunnelröhre Basel installiert, mit welcher seit Mitte Mai 2002 die gesamte Molassestrecke des Uetlibergs (MO-UET = 2 x 2'800 m) aufgefahren wird. Nach dem Auffahren der Molassestrecke wird der Pilotstollen von 5 Metern Durchmesser mit einer Ausweitungstunnelbohrmaschine (TBE) mit Hinterschneidtechnik ab Frühjahr 2003 auf das endgültige Profil von 14.20 bis 14.40 m ausgeweitet. Der Ausbruch eines Pilotstollens mit einer TBM, gefolgt von einer Ausweitung mit einer TBE, wird anschliessend in der Röhre Chur wiederholt.

Otto Schnell      Dipl. Bauingenieur HTL, Baudirektion des Kantons Zürich, Tiefbauamt, Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH  
 Daniel Marti      Dipl. Bauingenieur ETH / Wirtschaftsingenieur FH, Projektleiter Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH  
 Stefan Maurhofer      Dipl. Bauingenieur FH, Chefbauleiter, Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH  
 Josef Bolliger      Dipl. Bauingenieur HTL, Projektleiter, ARGE Uetli, Stallikon/CH

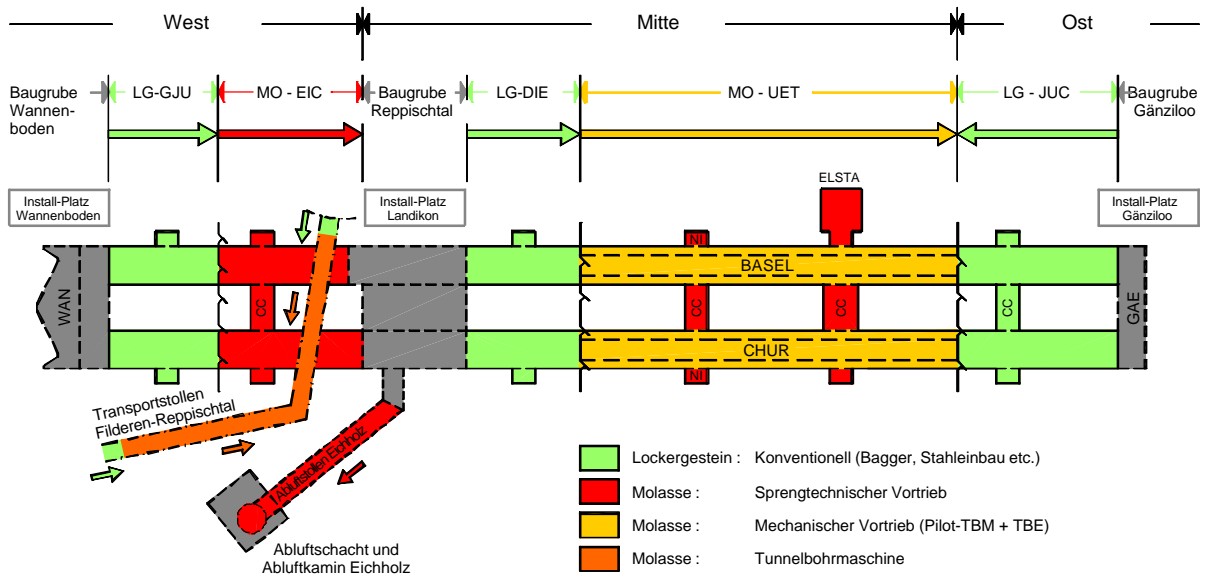


Bild E: Vortriebsrichtungen und -technik

Aus der Baugrube Gänziloo (Seite Brunau) erfolgt seit Februar 2002 der steigende Vortrieb der Lockergesteinsstrecke Juchegg (LG-JUC = 2 x 410 m). Die ersten Meter (ca. 60 m) des Tunnelvortriebes werden im Uetliberglehm im Schutze eines Rohrschirms ebenfalls in der Kernbauweise realisiert.

Seit Anfangs April 2002 erfolgt auch der fallende Vortrieb aus der Baugrube Wanneboden unter dem Ettenberg hindurch in Richtung der Baugrube im Reppischtal. Zuerst wird hier die Lockergesteinsstrecke Gjuch (LG-GJU = 2 x 210 m) aufgefahren und im Anschluss die 500 m lange Molassestrecke Eichholz (MO-EIC).

Jahr Quartal	1999				2000				2001				2002				2003				2004				2005				2006				2007				2008			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Installationsplätze (Vorarbeiten) Wanneboden, Landikon, Gänziloo	■																																							
Baugrube Wanneboden					■				■																															
Baugrube Reppischtal					■				■				■																											
Baugrube Gänziloo					■				■																															
Transportstollen Filderen-Reppischtal (inkl. Einr. Förderband 3 Mt.)									■				■																											
Lockergesteinsstrecke Gjuch und Molassestrecke Eichholz													■				■																							
Lockergesteinsstrecke Diebis und Molassestrecke Uetliberg																	■				■																			
Lockergesteinsstrecke Juchegg																	■				■																			
Abluftstollen, -schacht und -kamin Eichholz													■				■																							
Portalstation Wanneboden (inkl. 6 Mt. El.mech. Einr.)																	■				■																			
Lüftungszentrale Reppischtal (inkl. 6 Mt. El.mech. Einr.)																	■				■																			
Portalstation Gänziloo (inkl. 6 Mt. El.mech. Einr.)																	■				■																			
Belagsentwurf																					■				■															
Elektromech. Einrichtungen, Testphase																									■				■											
Eröffnung N4.1.5 Uetlibergtunnel																																					◆			

Bild F: Bauprogramm

- Otto Schnellli      Dipl. Bauingenieur HTL, Baudirektion des Kantons Zürich, Tiefbauamt, Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH
- Daniel Marti        Dipl. Bauingenieur ETH / Wirtschaftsingenieur FH, Projektleiter Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
- Stefan Maurhofer   Dipl. Bauingenieur FH, Chefbauleiter, Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
- Josef Bolliger       Dipl. Bauingenieur HTL, Projektleiter, ARGE Uetli, Stallikon/CH

## Projektelemente und Vortriebsverfahren

### Normalprofile Lockergesteinsstrecken und Molassestrecke Eichholz

Das Hufeisenprofil, welches in allen Lockergesteinsstrecken und in der Molassestrecke Eichholz zur Anwendung kommt, misst in der Breite rund 14.70 m und in der Höhe rund 12.70 m. Die Ausbruchfläche beträgt ca. 143 bis 148 m<sup>2</sup>.

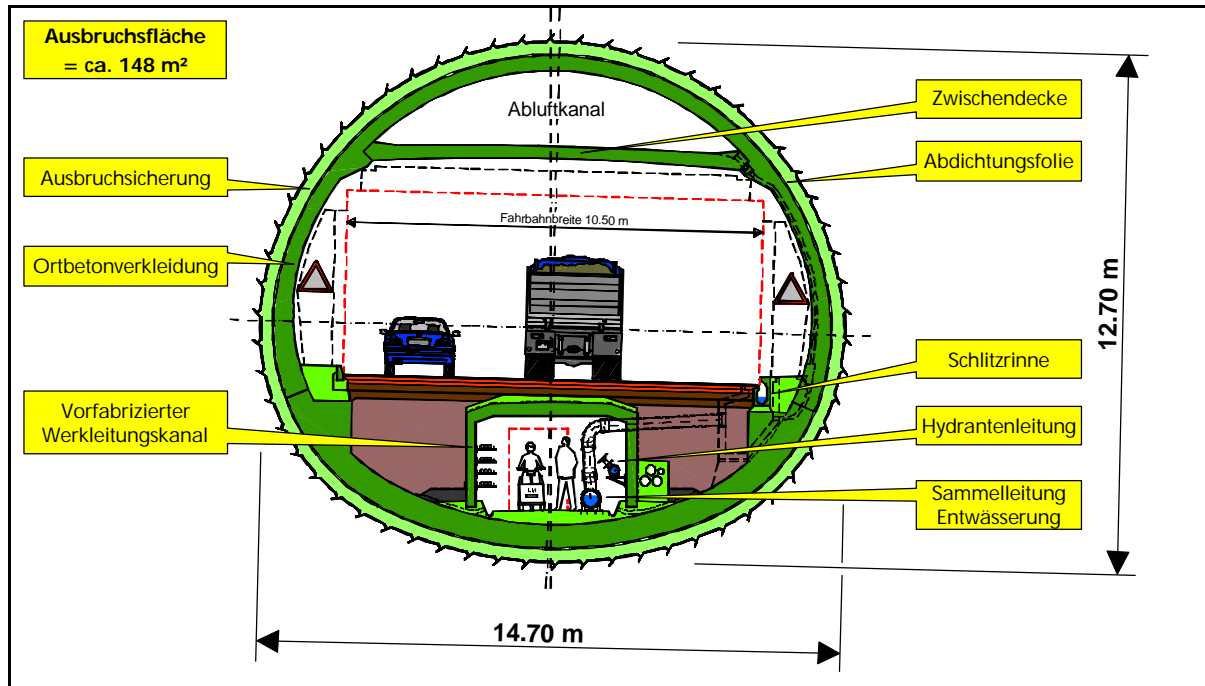


Bild G: Normalprofil Lockergesteinsstrecken und Molasse Eichholz

### Vortrieb Lockergesteinsstrecken Gjuch, Diebis und Juchegg

Alle Lockergesteinsstrecken werden in der Kernbauweise aufgeföhren. Die Ausbruchsicherung in den Lockergesteinsabschnitten besteht generell aus Stahlbögen (HEM-180 Träger, Abstand 1 m) und 25 cm starkem, stahlfaserbewehrtem Spritzbeton.

### Vortrieb Molassestrecke Eichholz

Der rund 500 m lange Abschnitt unter dem Ettenberg (Molassestrecke Eichholz) wird sprengtechnisch unterteilt in Kalotte, Stross und Sohle ausgebrochen.

### Normalprofil Molassestrecke Uetliberg

Das Normalprofil der rund 2'800 m langen Molassestrecke Uetliberg weist eine Breite von 14.40 m bei einer Höhe von 14.20 m auf. Die Ausbruchfläche beträgt ca. 160 m<sup>2</sup>.

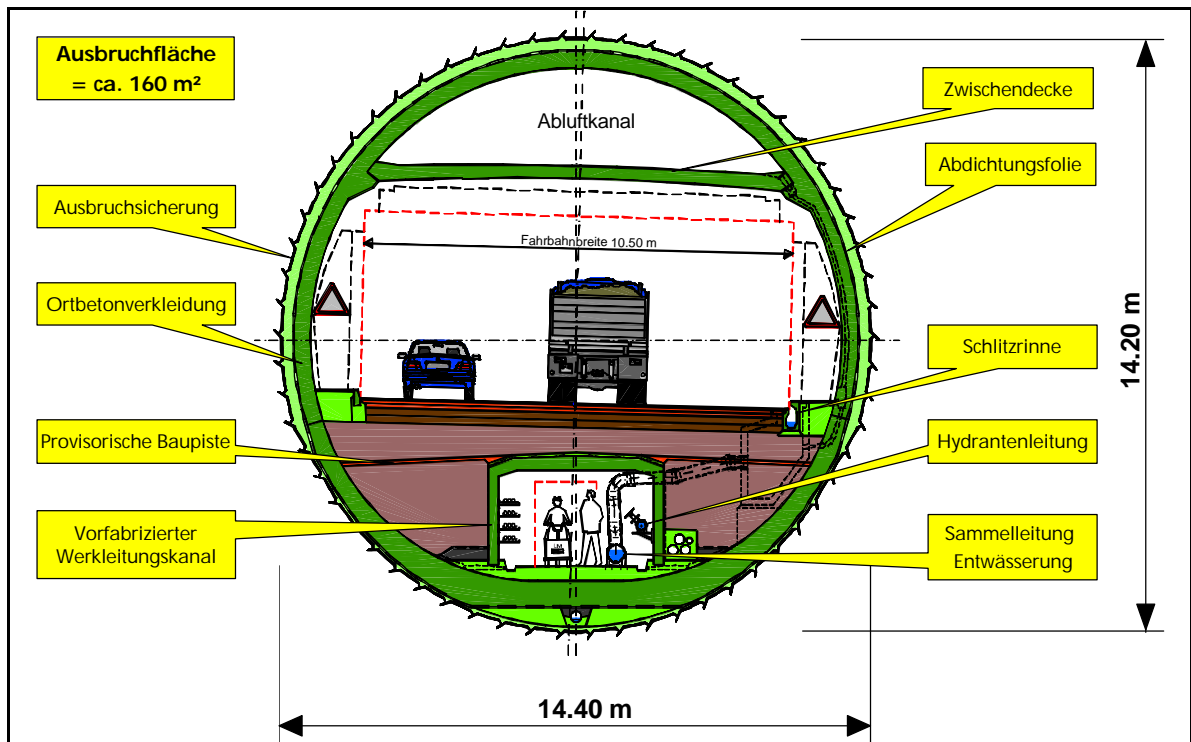


Bild H: Normalprofil Molasse Uetli

### Vortrieb Molassestrecke Uetliberg

Der Tunnelausbruch erfolgt mit einer Tunnelbohrmaschine (Durchmesser 5.0 m) und einer ihr folgenden Ausweitungstunnelbohrmaschine mit Hinterschneidtechnik. Mit der Ausweitungsmaschine wird der vorgängig gefräste Pilotstollen auf den vollen Querschnitt von 14.20 bis 14.40 m Durchmesser aufgeföhren. Die Sicherung, bestehend aus Seilankern, Swellex-Ankern, Netzen und Spritzbeton (Möglichkeit zum Stahleinbau ist vorhanden) wird direkt hinter dem Bohrkopf eingebaut. Unter dem Nachläufer wird die Abdichtung, die Sohle, der Werkleitungskanal (vorfabrizierte Elemente) und die seitliche Hinterfüllung erstellt. Die Verkleidung und die Zwischendecke werden etappiert im rückwärtigen Bereich eingebaut.

## Bis heute gemachte Erfahrungen mit dem Lockergesteinsvortrieb Diebis

Wie einleitend erwähnt, werden die Lockergesteinsstrecken in der Kernbauweise aufgeföhren.



Bild I: Kernbauweise (Vortrieb Lockergesteinsstrecke Diebis)

Die Aufteilung in die sieben Teilquerschnitte erfolgte wie folgt:

①	Beidseitige obere Paramentstollen	2 x 17.35 m <sup>2</sup>
②	Beidseitige untere Paramentstollen	2 x 22.55 m <sup>2</sup>
③	Kalotte	24.30 m <sup>2</sup>
④	Kern	26.66 m <sup>2</sup>
⑤	Sohle	16.84 m <sup>2</sup>
	Total	147.60 m <sup>2</sup>

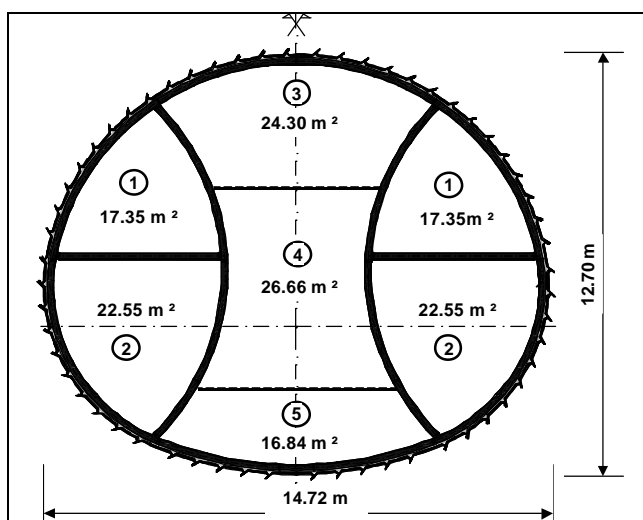


Bild J: Teilquerschnitte der Kernbauweise

## Paramentstollenvortrieb

Die oberen Paramentstollen wurden in Meter-Schritten mittels Kleinbagger ausgebrochen und direkt nach dem Ausbruch mit einer ca. 5 cm starken Spritzbetonschicht versiegelt. Im Schutze der Versiegelung wurde in Meter-Abständen der Stahleinbau (HEM 180) eingebaut. Aufgrund der raschen Verfügbarkeit und zur Erhöhung der Arbeitssicherheit wurde für die Versiegelungsschicht ofengetrockneter, vorgefertigter Trockenspritzbeton gewählt. Nach einem weiteren Ausbruch erfolgt das Zuspritzen der Einbauträger mit Stahlfaser-Nassspritzbeton. Infolge Wasseranfall und zur Erhöhung der Arbeitssicherheit mussten zeitweise im Vortriebsbereich zusätzliche Sicherungsmittel wie Spiesse, Netze und Drainagerohre im Firstbereich eingebaut werden. Die oberen Paramentstollen wurden, im Hinblick auf ihre Entwässerungswirkung für den Kalottenausbruch, dem gesamten Tunnelquerschnitt vorausseilend vorgetrieben. Der Bereich der unteren Paramentstollen wurde im Abstand von 10-20 m mit den selben Sicherungselementen nachlaufend ausgebrochen.

## Kalottenvortrieb

Für den Kalottenvortrieb mit einer Spannweite von ca. 8 m wurde in der Startphase ein 20 m langer Rohrschirm, bestehend aus 29 Rohren, mit einem Durchmesser von 152.4 mm ausgeführt. Als Bauhilfsmassnahmen im Anschluss an den Rohrschirm wurden folgende Elemente festgelegt:

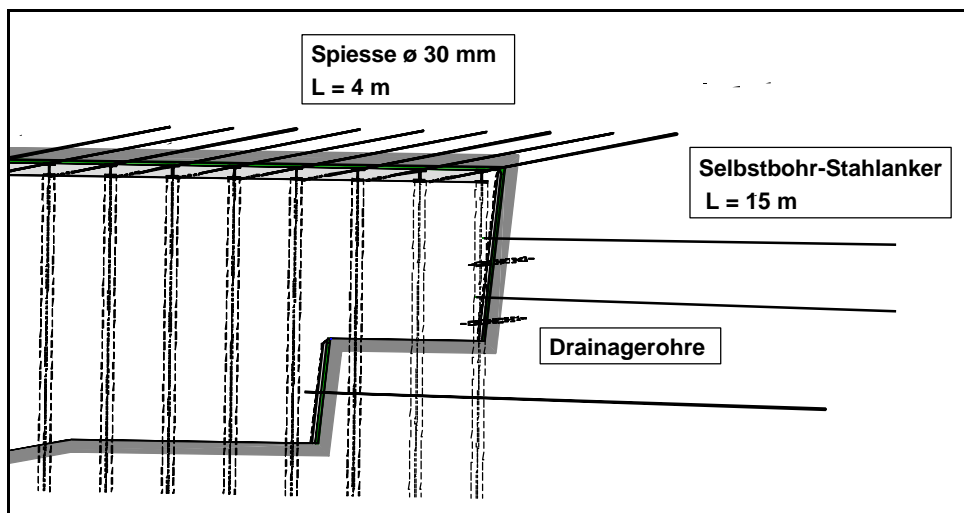


Bild K: Bauhilfsmassnahmen für den Kalottenvortrieb

- Firstsicherung mit Spiesen Durchmesser 30 mm, Länge 4 m
- Brustankerung mit neun 15 m langen Stahl-Selbstbohrankern und einer Überlappung von 3 m
- Zusätzlich bei Wasservorkommen Drainagerohre in der Ortbrust

Der Ablauf für den Einbau der Sicherungselemente erfolgte analog dem Paramentstollenvortrieb. Die zusätzlichen Massnahmen waren entscheidend für die Arbeitssicherheit im Kalottenvortrieb und die Reduktion der Deformationen beim Ausbruch der Kalotte.

## Abbau des Kerns

Zur Reduktion der Deformationen im Gesamtprofil musste der Sohlringschluss im Abstand von 40 m zur Kalottenbrust erfolgen. Eine zusätzliche Bedingung war, dass die inneren Parameterstollenwände erst 6 m hinter der Kalottenbrust abgebrochen werden konnten. Auf Vorschlag der Unternehmung wurde der Kern nicht senkrecht - wie ursprünglich geplant - sondern mittels einer Rampe bis zum Sohlausbruch abgebaut.

## Sohlausbruch, Ringschluss

Sobald eine Länge von 12 m in der Kalotte ausgebrochen war, wurden die Arbeiten auf den Sohlausbruch umgestellt. Dieser erfolgte in 12-Meter-Etappen von der Tunnelbrust her Richtung Portal. Es wurde jeweils ein Teilausbruch von 3 bis 4 m geöffnet, in welchem die Versiegelungsschicht, der Stahleinbau und Stahlfaser-Nassspritzbeton eingebracht wurden. Mit diesem rücklaufenden Vorgehen musste die Schüttung der Fahrpiste im Sohlbereich nicht laufend vor Kopf über dem frisch gespritzten Nassspritzbeton ausgeführt werden.



Bild L: Sohlausbruch mit Ringschluss

Bei anfallendem Bergwasser musste darauf geachtet werden, dass das Wasser vor dem Einbringen der Versiegelungsschicht aus dem Sohlbereich entfernt werden konnte. Dafür wurden zusätzliche Entwässerungsmassnahmen wie Noppenbahnen und Sickergräben sowie Pumpschächte eingebaut.

## Resultate der Bauwerksüberwachung

Die messtechnische Überwachung der Tunnelvortriebe erfolgt mit verschiedenen Messeinrichtungen wie Piezometer, 3-D-Konvergenzmessungen, Extensometer, Distometer, Profilaufnahmen und Stahldehnungsmessgeber (Strain Gauges).

### Deformationsmessungen

Die Verformungen / Bewegungen der Ausbruchsicherung wurden mit optischen 3-D-Konvergenzmessungen, Distometermessungen und Profilaufnahmen überwacht. Die Konvergenzmessungen zeigten, dass sich beim Vortrieb des oberen Paramentstollens bei rund 20 m Überlagerung praktisch noch keine messbaren Verformungen einstellten. Beim Ausbruch des unteren Paramentstollens setzten sich die oberen Paramentstollen um rund 2.5 cm. Gleichzeitig konnte mit den Distometermessungen eine horizontale Querschnittsverengung von 1 bis 1.5 cm festgestellt werden. Nach dem Ausbruch der Kalotte wurden Verformungen von bis 1 cm gemessen. Beim Ringschluss wurden dann nochmals rund 3 cm an Verformungen registriert, was zu Gesamtverformungen von ca. 7 cm führte. Die zu verschiedenen Zeitpunkten - vor, respektive nach dem Ringschluss - gemachten Profilaufnahmen zeigten Werte in der gleichen Grössenordnung. Die vorgängig durch den Projektverfasser gerechneten Verformungswerte lagen bei rund 5 bis 10 cm. Der Vergleich mit den effektiv gemessenen Deformationen und der Gesamtverformung haben die Rechenwerte bestätigt.

## Ausweitungs-TBE mit Hinterschneidtechnik

In der Molassestrecke Uetli kommt im Frühjahr 2003 eine Ausweitungs-TBE mit Hinterschneidtechnik zum Einsatz. Der Bohrkopf wird zur Zeit durch die Firma Wirth AG und der Nachläufer durch die ARGE Uetli für den Einsatz vorbereitet. Die einzelnen Elemente dieses Verfahrens haben sich in der Praxis bereits mehrfach bewährt (Aufweitungsmaschinen bei über 14 km Vortriebslänge) oder sind in ausgedehnten Versuchen in Deutschland und Kanada erprobt (Hinterschneidtechnik), aber zusammen noch nie eingesetzt worden.

### Ausweitungsmethode

Die Ausweitungsmethode erlaubt das grossflächige mechanische Auffahren des Tunnelquerschnittes mit einer sich den angetroffenen geologischen Verhältnissen anpassbaren, unmittelbaren Felssicherung. Gegenüber der konventionellen Ausweitung ergeben sich infolge des schonenden Ausbruchs und dem kreisrunden statisch günstigen Profil beträchtliche Einsparungen sowohl an den Felssicherungsmitteln wie auch an der Tunnelverkleidung (Überprofilbeton).

Die Ausweitungs-TBE, die am Uetlibergtunnel eingesetzt wird, basiert im wesentlichen auf der Vortriebsinstallation, wie sie bereits im Tunnel de Paracuellos (Spanien) und beim Tunnel de Sauges (Schweiz) erfolgreich eingesetzt wurde. Da die vom Unternehmer offerierte TBE-Variante auf der vorhandenen und erprobten Vortriebsinstallation aufbaut, können die Installationskosten für die Bereitstellung einer Tunnelbohrmaschine in dieser Grössenordnung in einem vergleichsweise niedrigen Rahmen gehalten werden.

### Hinterschneidtechnik

In enger Zusammenarbeit hat die ARGE Uetli mit dem Hersteller der Ausweitungsmaschine die technischen Möglichkeiten für den Einsatz der Erweiterungsmaschine mit einer neuen Schneidmethode, dem Hinterschneiden, evaluiert.

---

Otto Schnell	Dipl. Bauingenieur HTL, Baudirektion des Kantons Zürich, Tiefbauamt, Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH
Daniel Marti	Dipl. Bauingenieur ETH / Wirtschaftsingenieur FH, Projektleiter Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
Stefan Maurhofer	Dipl. Bauingenieur FH, Chefbauleiter, Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
Josef Bolliger	Dipl. Bauingenieur HTL, Projektleiter, ARGE Uetli, Stallikon/CH

Die Hinterschneidtechnik ist seit Beginn der Bohrtechnik mit Tunnelbohrmaschinen als wirkungsvolles Schneidprinzip bekannt. Bei diesem Verfahren arbeiten die Schneidrollen gegen die im Vergleich zur Druckfestigkeit wesentlich geringere Zugfestigkeit des Gesteins.

### **Arbeitsprinzip der Hinterschneidtechnik mit TBE**

Der Bohrkopf der Erweiterungsmaschine besteht wie bisher aus einem zweigeteilten Bohrkopfgrundkörper sowie sechs Bohrrarmen. Der Bohrkopf dreht sich auf der im Pilotstollen und im grossen Tunnelquerschnitt verspannten und gelagerten Innenkelly. Die Schneidrollen sind sowohl axial wie auch radial zur Tunnelachse versetzt und auf radial verschiebbaren Schlitten auf den Bohrrarmen angeordnet. Beim Drehen des Bohrkopfs und gleichzeitigem radialem Verschieben der Schlitten beschreibt jede Rolle eine spiralförmige Bahn um die Tunnelachse.

Durch das Voreilen der jeweils äusseren Rolle entsteht eine treppenförmige Ortbrust, so dass jede Schneidrolle das Gebirge gegen eine freie Fläche (Hinterschneidprinzip) abschert. Beim Bohrbeginn eines sogenannten "Abschlags" (axiale Abbaustrecke pro Radialhub der Schlitten) starten z.B. die inneren Schneidrollen in der Pilotbohrung und die weiter aussen angeordneten Rollen in der zuletzt gebohrten Stufe der inneren Rolle.

Die Länge des Abschlags ist maximal auf den axialen Versatz der Schneidrollen auf einem Schlitten begrenzt (SA = 200 mm). Kleinere Abschlüge können in Abhängigkeit von der Gebirgsfestigkeit gewählt werden.

Beim Drehen des sechssarmigen Bohrkopfs mit jeweils sechs Schneidrollen pro Arm werden gleichzeitig 36 Schneidrollen auf sechs um 60° versetzten Spiralspuren von einem inneren auf einen äusseren Bohrdurchmesser verschoben ( $p \times z_A$ ).

Nach Erreichen des Nenn-Bohrdurchmessers (14.00 m) werden die Schlitten wieder radial auf den kleinsten Durchmesser (4.50 m) zurückgezogen. Anschliessend wird der Bohrkopf axial um einen Abschlag (z.B. SA max. 200 mm) verschoben und der nächste Schritt beginnt.

Da die Schubkräfte der Meissel im Gegensatz zum herkömmlichen Schneidverfahren in radialer Richtung aufgebracht werden, heben sich die Kraftkomponenten des Vorschubs durch die diametral entgegengesetzte Anordnung der Bohrrarme auf. Durch die kleine Zahl der Schneidrollen (sechs pro Bohrrarm) mit einem Andruck von ca. 100-120 kN/Cutter reduziert sich das erforderliche Drehmoment am Bohrkopf für das Lösen des Gebirges ebenfalls beträchtlich. Der Wegfall der grossen Andruckkräfte (Vorschub) und der damit hohen Drehmomentbelastungen der Tunnelbohrmaschine erlaubt die Vergrösserung des Bohrkopfs bei einer bestehenden TBM.

Mit der TBE 500 / /1440 H/HAST können Strecken, Stollen und Tunnel mit einer Pilotbohrung von 4.70-5.00 m Durchmesser in standfestem, bohrbarem Gebirge auf Durchmesser von 14.00/14.40 m erweitert werden.

Der nachfolgend beschriebene Bohrkopf ist zum Erweitern von 4.70 m auf 14.40 m Durchmesser nach dem Hinterschneidverfahren konzipiert.

### **Bohrkopf**

Ein Erweiterungsbohrkopf, ausgelegt für Bohrdurchmesser 14.00/14.40 m bei 4.70 m Pilotdurchmesser, besteht aus dem Bohrkopf-Grundkörper, der aus Transportgründen aus zwei Teilen besteht und sechs angeschraubten Erweiterungsarmen. Auf jedem der Erweiterungs-

---

Otto Schnell	Dipl. Bauingenieur HTL, Baudirektion des Kantons Zürich, Tiefbauamt, Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH
Daniel Marti	Dipl. Bauingenieur ETH / Wirtschaftsingenieur FH, Projektleiter Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
Stefan Maurhofer	Dipl. Bauingenieur FH, Chefbauleiter, Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH
Josef Bolliger	Dipl. Bauingenieur HTL, Projektleiter, ARGE Uetli, Stallikon/CH

arme ist ein radial verschiebbarer Schlitten mit je sechs Schneidrollen montiert. Die Schneidrollenhalter für Einringdisken sind treppenförmig versetzt angeordnet, so dass eine maximale, axiale Abschlagslänge beim Hinterschneiden von 200 mm möglich ist.

In den Schneidrollenhaltern eingeschraubte Einsatzstücke dienen zur Aufnahme der Schneidrollen und können bei Beschädigung schnell ausgetauscht werden.

Die Schiebeschlitten sind auf Gleitflächen geführt, wodurch der Bohrdurchmesser zwischen 14.00 m und 14.40 m stufenlos eingestellt werden kann.

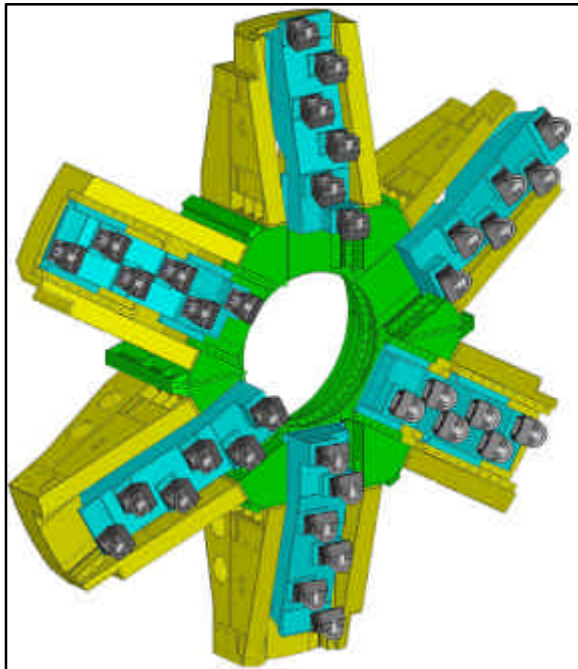


Bild M: Bohrkopf-Grundkörper



Bild N: Längsschnitt Bohrkopf und Kraftfluss

## Vorteile der Kombination TBE mit Hinterschneidtechnik

Mit dem Hinterschneidprinzip resultieren geringere Kräfte auf die TBM (Hauptlager, Innenkelly). Somit stand dem Einsatz / Umbau einer bereits vorhandenen Maschine nichts im Wege. Weitere Vorteile der von der ARGE gewählten Vortriebseinrichtung sind:

- Geringerer Energieaufwand für Ausbruch
- Kurze Bohrkopfkonstruktion, da Wegfall der Vorschubkräfte in Tunnelrichtung, dadurch Felssicherung nahe an Ortbrust möglich
- Lokaler Überschnitt des Kreisprofils möglich
- Einsparungen Massen durch optimale Anpassung des Ausbruchs; Felssicherung bei Maschinenstillstand zwischen den Bohrräumen möglich
- Geringere Staubentwicklung durch geringere Zerstörung des Bohrgutes
- Schonender Gebirgsausbruch im Bereich Brust/Pilotstollen, da keine Belastung des Gebirges parallel zum Pilotstollen

## Nachteile gegenüber einer konventionellen Schild-TBM

- Konventionelle Sicherung bestimmt Vortriebsleistung (Felsklassen)
- Materialstückigkeit abhängig von den vorhandenen Schichtpaketen
- Bohrwerkzeugwechsel vor Bohrkopf
- Sicherheit durch Schild im L1 nicht vorhanden

## Beschreibung der Tunnelausweitungsmaschine

Die Grundmaschine der Tunnelbohrerweiterungsmaschine TBE 450/1440 besteht aus folgenden Baugruppen:

- Bohrkopf mit Bohrgutschaufeln und Kratzern
- Innenkelly mit Bohrkopflagerung und Antrieb
- Aussenkelly mit Verspannung
- Maschinen- und Bohrkopfabstützung
- Nachläufer, Antriebsaggregate, Hydrauliktank, Steuerhydraulik mit Tank, elektrische Schaltanlage und Steuerstand

## Technische Daten der TBE 450/1440

### Bohrkopf

- |                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| - Diameter, nom.                    | Dn = 14.00/14.40 m |
| - Bohrkopftrieb                     | 10 x 250 = 2500 kW |
| - Drehmoment, nom.                  | 4800 kNm           |
| - Drehzahl Bohrkopf                 | 0 – 3.7 rpm.       |
| - Drehmoment, max. bei n = 2.8 rpm. | 6430 kNm           |

### Schneidrollen

- |            |                       |
|------------|-----------------------|
| - Ortbrust | 36 Stück ED/H LKG – 3 |
|------------|-----------------------|

### Vorschub

- |                            |            |
|----------------------------|------------|
| - Andruck Bohrkopf         | 15000 kN   |
| - Bohrhub                  | 1500 mm    |
| - Vortriebsgeschwindigkeit | 0 – 4 m/h  |
| - Vorschubzylinder         | 4 Stück    |
| - Zylinderdurchmesser      | 400/300 mm |
| - Hydraulikdruck           | 300 bar    |

**Verspannung**

- Verspannkraft	42500 kN
- Verspannplatten	12 Stück
- Zylinder	24 Stück
- Zylinderdurchmesser	275/200 mm
- Max. Hydraulikdruck	300 bar

**Förderband**

- Bandbreite	1200 mm
--------------	---------

**Elektrische Ausrüstung**

- Installierte elektr. Leistung	2800 kW
- Transformer	4000 kVA
- Eingangsspannung	10000 V / 50 Hz
- Motorspannung	660 V / 50Hz

**Gewicht TBE und Nachläufer**

ca. 1000 T

**Montagen und Ummontagen**

Die Pilot-TBM sowie die TBE werden vor dem Portal in der Baugrube Landikon teilweise vormontiert und dann zur Startkaverne der Röhre Basel transportiert, wo die Endmontage erfolgt. Nach dem Auffahren der Röhre Basel werden die TBM sowie die TBE in der Demontagekammer demontiert und durch den Tunnel zurücktransportiert. Für das Auffahren der Röhre Chur werden sie dann in der dafür vorbereiteten zweiten Startkaverne wieder montiert.



Bild O: Montage der Pilot TBM im April 02

## Stand der Arbeiten

### Lockergesteinsstrecke Diebis

Die Arbeiten der Lockergesteinsstrecke Diebis sind abgeschlossen. Die Montagekavernen in beiden Röhren wurden erstellt. In der Röhre Basel ist die TBM für den Pilotstollen betriebsbereit. Der Vortriebsbeginn ist Mitte Mai 2002 erfolgt.

### Lockergesteinsstrecke Juchegg (Vortrieb von Seite Zürich)

Im Februar 02 wurde mit dem Vortrieb der Lockergesteinsstrecke Juchegg begonnen. Die Vortriebe liegen in beiden Röhren zur Zeit im Bereich des Rohrschirms (bis ca. Tm 50 ab Portal).

### Lockergesteinsstrecke Gjuch (Vortrieb von Seite Wettwil)

Der Vortrieb der Lockergesteinsstrecke Gjuch wurde in beiden Röhren im April 2002 in Angriff genommen. Die Vortriebe liegen in der Startphase.

### Transportstollen

Die Tunnelbaustelle in Landikon wird über eine Förderbandanlage mit einer Bahnverladeanlage im Raum Filderen / Wannboden erschlossen. Das Förderband verläuft dabei in einem eigens dazu erstellten Transportstollen. Mit den Voreinschnitten des Transportstollens wurde am 16. November 2000 begonnen. Ab dem 20. Februar 2001 wurde im Bereich Landikon mit einem Lockergesteinsvortrieb im Schutze eines Rohrschirms gestartet. Am 10. Mai 2001 hat eine Tunnelbohrmaschine mit Durchmesser 3.72 m den Vortrieb Richtung Filderen aufgenommen. Der Durchschlag des Transportstollens erfolgte am 20. September 2001. Die Förderbänder für den Abtransport des Ausbruchmaterials und den Antransport von Betonkies sind seit März 2002 in Betrieb.

### Abluftschacht Eichholz

Die Vorbereitungsarbeiten wie Rodung und Voraushub wurden im Jahre 2001 abgeschlossen. Zur Zeit laufen die Arbeiten am Schachtvortrieb.

<p><b>Daniel Marti</b> Dipl. Bauingenieur ETH Wirtschaftsingenieur FH Stv. Leiter Geschäftsbereich Neubau  dmarti@amberg.ch</p>		<p>Amberg Engineering AG Trockenloostrasse 21 Postfach 27 CH-8105 Regensdorf-Watt  Tel. +41 1 870 91 11 Fax +41 1 870 06 20 www.amberg.ch</p>
---	---	---

#### Weitere Informationen unter:

[www.westumfahrung.ch](http://www.westumfahrung.ch) (Bauherrschaft)  
[www.uetlibergtunnel.ch](http://www.uetlibergtunnel.ch) (Projektverfasser)  
[www.arge-uetli.ch](http://www.arge-uetli.ch) (Bauunternehmer)

#### Am Bau Beteiligte

##### Bauherrschaft

Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt,  
Abt. National- und Hauptstrassen, Zürich/CH

##### Projekt- und Bauleitung

Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt/CH

##### Ausführung

Arbeitsgemeinschaft Uetli  
Zschoke Locher AG  
Murrer AG  
Prader AG Tunnelbau  
CSC Bauunternehmung AG  
Wayss und Freytag AG  
Alpine Mayreder Bau GmbH  
Spaltenstein Hoch + Tiebau AG