

Westumfahrung Zürich  
Kernstück der Westumfahrung im Bau

## Uetlibergtunnel ab Landikon im Bau

Otto Schnellli und Daniel Marti

### Kenndaten Uetlibergtunnel

Uetlibergtunnel: 2 Tunnelröhren zu je ca. 4.4 km  
Ausbruchsvolumen: ca. 1'700'000 m<sup>3</sup> fest inkl. Baugruben  
Fahrbahnen: je 2 Fahrstreifen und 1 Standstreifen  
Lichtraumprofil: 10.5 m Breite, 4.5 m Höhe  
Ausbruchsquerschnitt: 143 bis 160 m<sup>2</sup>  
Rohbauzeit: ca. 5½ Jahre  
Anlagekosten: 1'120 Mio CHF

Am 4. Mai 2001 erfolgte nach einer mehr als dreissigjährigen Planungszeit der Anschlag am letzten und mit 4.4 km längsten Tunnel der Westumfahrung von Zürich. Die Rohbauarbeiten auf der grössten Tunnelbaustelle im Grossraum Zürich kosten rund 500 Mio CHF und dauern bis ins Jahr 2006. Nebst konventionellen Vortriebstechniken werden dabei auch neue innovative Technologien zum Einsatz gelangen. Am interessantesten wird sicher der Einsatz einer Ausweitungs-TBM mit Hinterschneidtechnik und einem Bohrdurchmesser von 14.40 m sein, mit welcher ab Ende 2002 der Tunnel aufgefahren wird.

### Projektbeschreibung Uetlibergtunnel

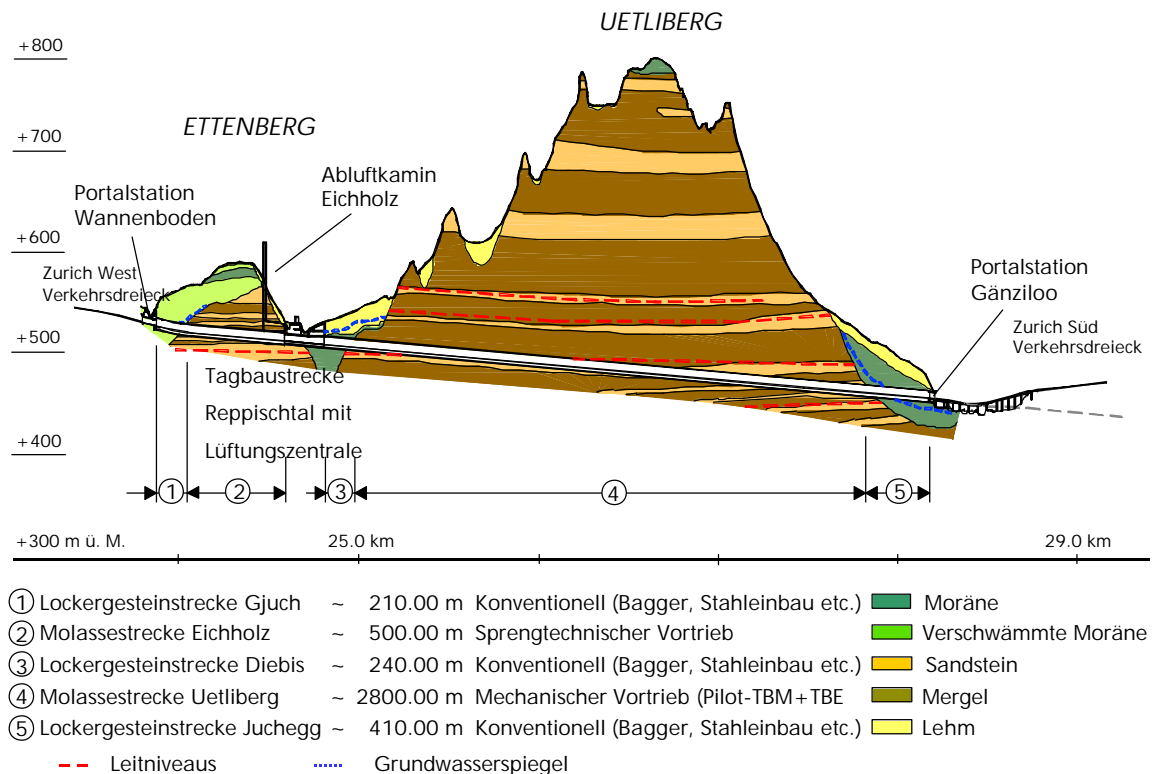
Der Uetlibergtunnel ist ein Teil der Westumfahrung Zürich N4/N20 und verbindet die zur Zeit im Bau befindliche Umfahrung Birmensdorf (N20.1.4) im Westen mit der bestehenden Nationalstrasse Zürich-Chur (A3) im Osten.



### Übersicht Projekt N4.1.5 Uetlibergtunnel

Das Projekt umfasst zwei parallele Röhren von je rund 4.4 km Länge. Der Tunnel weist vom Ostportal (Gänziloo) her eine Steigung von 1.6% auf. Am West- und Ostportal befindet sich jeweils eine Portalstation mit technischen Räumen. Im Reppischtal ist eine unterirdische Lüftungszentrale angeordnet. Die Tunnelabluft wird ab dieser Lüftungszentrale via Abluftstollen und Schacht über ein Abluftkamin auf dem Ettenberg ausgeblasen.

## Geologie / Vortriebsart



### Geologisches Längenprofil und Vortriebsverfahren

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 0.710 km langen Eichholtztunnel unter dem Ettenberg und den 3.450 km langen Uetlibergtunnel und dem gleichlautenden Hügelzug.

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.

#### Lockergesteinsstrecke Gjuch (L = ca. 210 m)

Die Lockergesteinsstrecke Gjuch (beim Westportal Wanneboden) durchquert eine sehr heterogene Endmoräne. Es handelt sich dabei um einen lehmigen, sandigen Kies. Der Grundwasserspiegel steigt von anfänglich Mitte Tunnelprofil bis über den Tunnelfirst in Richtung Osten an.

#### Lockergesteinsstrecke Diebis (L = ca. 240 m)

Die Lockergesteinsstrecke Diebis (östlich der Baugrube Reppischtal) besteht aus einer durch verschwemmten Gehängelehm überlagerten Grundmoräne. In der Grundmoräne werden alle Korngrößen inkl. Steine und Blöcke erwartet. Der verschwemmte Gehängelehm besteht aus Moränenmaterial und Feinanteilen. Zu Beginn der Lockergesteinsstrecke liegt das Tunnel-

profil etwa zur Hälfte im Gehängelehm, der dann in Richtung Osten ansteigt. Nach ca. 50 Tunnelmetern befindet sich das ganze Profil in der Moräne. Das Tunnelprofil liegt in der Lockergesteinsstrecke Diebis vollständig im Grundwasser.

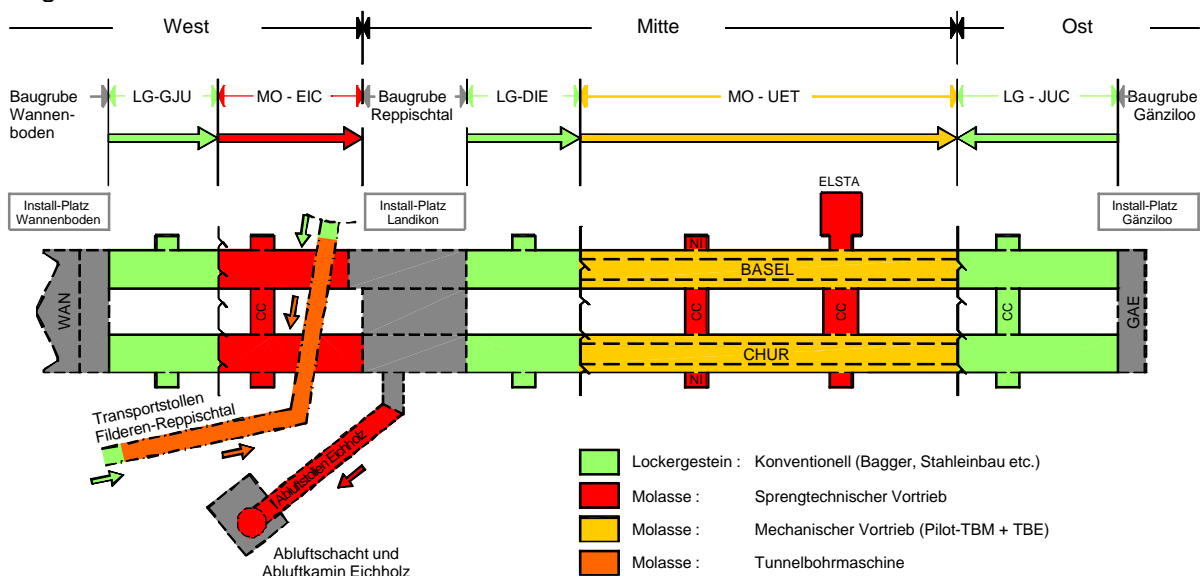
### Lockergesteinsstrecke Juchegg (L = ca. 410 m)

Die Lockergesteinsstrecke Juchegg (beim Ostportal Gänziloo) besteht aus einer Grundmoräne, die zu Beginn v.a. sandig-kiesig und anschliessend tonig-sandig zusammengesetzt ist. Darüber liegt der Uetliberglehm, der beim Portal etwa bis zur Mitte des Tunnelprofils reicht. Nach ca. 70 Tunnelmetern befindet sich das ganze Profil in der Moräne.

Der Grundwasserspiegel liegt anfänglich unterhalb des Tunnelprofils und steigt beim Übergang von der sandig-kiesigen zur tonig-sandigen Moräne an. Beim Übergang vom Lockergestein in die Molasse liegt das Tunnelprofil vollständig im Grundwasser.

### Vortriebsverfahren

Der Uetlibergtunnel mit seinen 4.4 km Länge wird von drei verschiedenen Angriffsorten aus vorgetrieben.



### Bauvorgänge und Vortriebsrichtungen

Von Beginn der Planung an war vorgesehen, dass die Wahl des Vortriebsverfahrens dem freien Wettbewerb überlassen werden soll. So wurden denn auch parallel zwei Projekte ausgearbeitet, nämlich eines für den konventionellen Vortrieb (Sprengvortrieb bzw. Vortrieb mit Teilschnittmaschinen) sowie eines für einen TBM-Vortrieb sowohl in der Lockergesteinsstrecke als auch für den Felsbereich (Mixschild-TBM).

Aufgrund einer Risikobeurteilung wurde von der Bauherrschaft zur Submission jedoch nur der konventionelle Vortrieb zugelassen bzw. eine den vollen Tunnelquerschnitt umfassende Tunnelbohrmaschine (TBM im Vollschnitt) ausgeschlossen. Eine Mixschild-TBM kam daher ebenfalls nicht in Frage.

### Alle Lockergesteinsstrecken:

Im Zuge der Submissionsvorbereitung wurden die folgenden fünf möglichen Vortriebsarten im Detail untersucht:

- Kalottenausbruch / Strossenabbau / Jetting-Gewölbe
- Kalottenausbruch unterteilt in Strossenabbau / Jetting-Gewölbe
- Kernbauweise
- Kalottenvortrieb mittels Messerschild
- Kalottenvortrieb im Schutze eines Gefrierkörpers

Als geeignetste Methode für die Durchörterung der wechselnden Verhältnisse in den Lockergesteinsstrecken wurde die Kernbauweise evaluiert. Das Resultat der Submission hat diese Vorauswahl bestätigt. Die im Lockergestein veranschlagte Tagesleistung beträgt im Schnitt 1.4 m pro Arbeitstag. Für die Durchörterung dieser geotechnisch äusserst schwierigen Bodenverhältnisse sind teilweise umfangreiche Bauhilfsmassnahmen notwendig (Injektionen, Grundwasserspiegelabsenkungen, entwässernde Vorausbohrungen etc.). In der Lockergesteinsstrecke Juchegg wird für die Lehmstrecke im Gewölbebereich zusätzlich ein Rohrschirm mit bis zu 51 Rohren  $\varnothing$  152.4 mm eingesetzt.

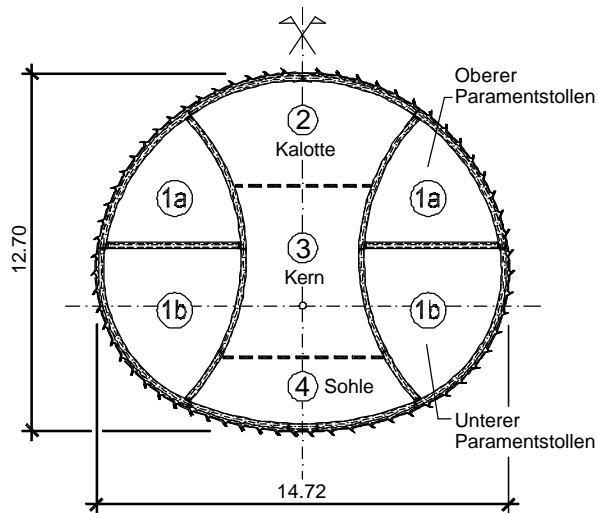


Baugrube Landikon: Sicht auf Lockergesteinsvortrieb Diebis



Lockergesteinsvortrieb  
Kernbauweise

Diebis:

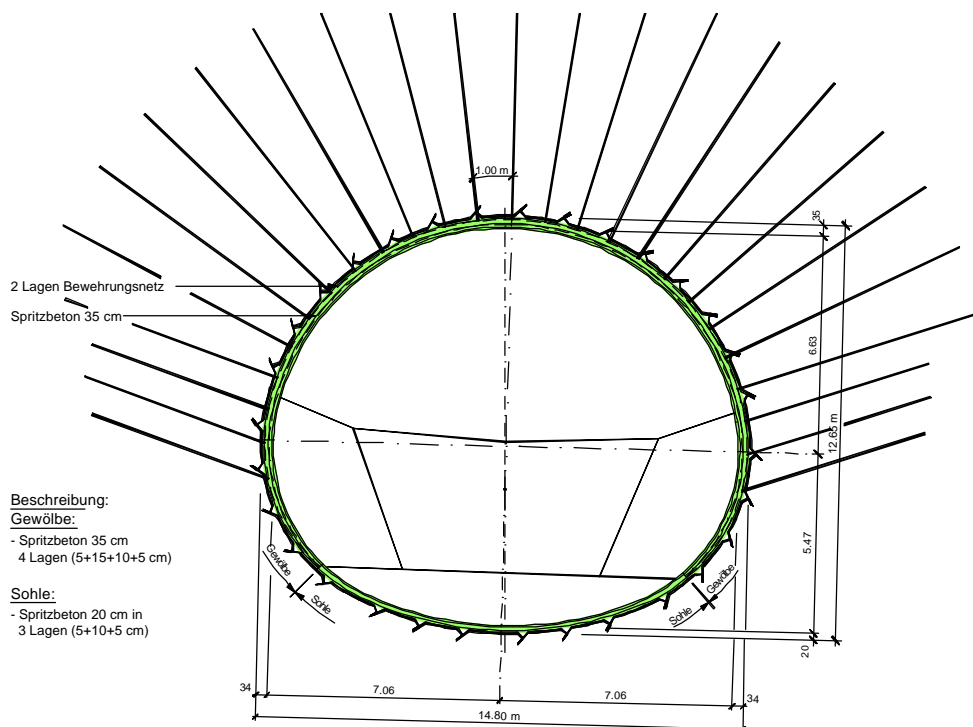


Alle Lockergesteinsstrecken: Kernbauweise

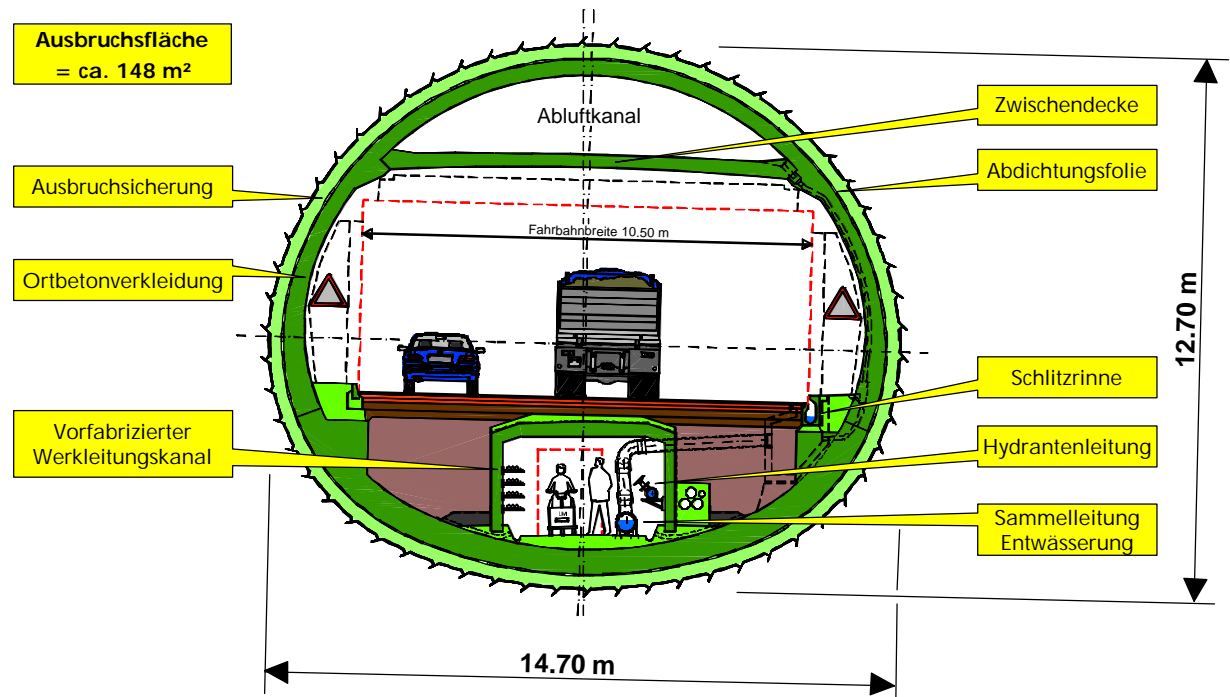
Die Ausbruchsicherung besteht generell aus Stahlbögen (HEM-180 Träger, Abstand 1 m) und 25 cm starkem, stahlfaserarmiertem Spritzbeton.

#### Molassestrecke Eichholz:

Die Molassestrecke Eichholz (2 x 500 m) wird sprengtechnisch in der Verlängerung der Lockergesteinsstrecke Gjuch ausgebrochen. Der Vortrieb wird dabei unterteilt in Kalotte, Strosse und Sohle aufgeföhren. Die Ausbruchsicherung besteht aus netzarmiertem Spritzbeton und Felsankern und teilweise (insbesondere bei der Unterquerung des bestehenden Landikon-tunnels der SBB mit lediglich 4 m Distanz) mit Stahleinbau.



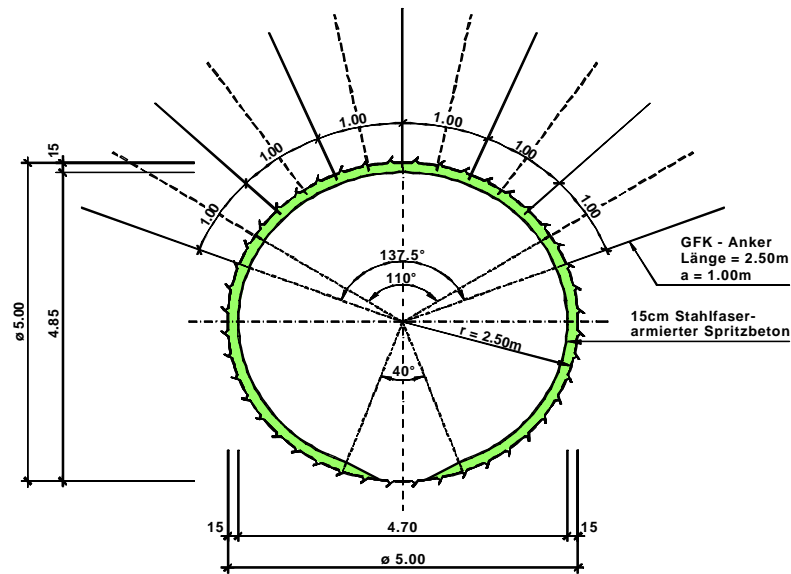
#### Molasse Eichholz: Querschnittunterteilung und Sicherungsmittel



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

#### Molassestrecke Uetliberg:

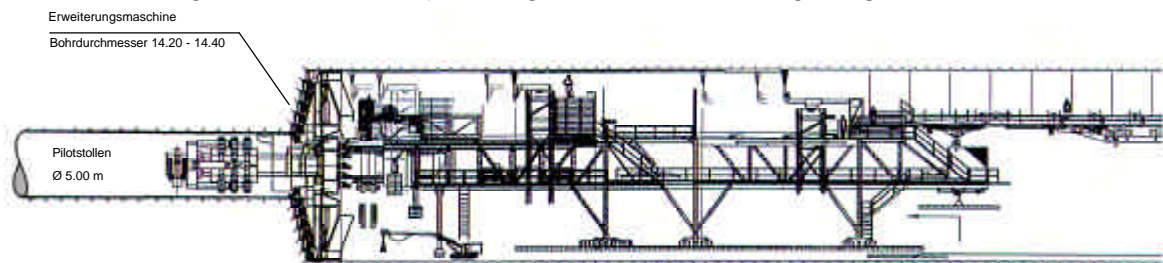
Aus der Baugrube Reppischtal (Total 270'000 m<sup>3</sup> Aushub, 1'000 Stk. Bodenanker, 3'100 Laufmeter Bohrpfähle), welche in Etappen bis ins Jahr 2003 realisiert wird, erfolgt der fallende Vortrieb unter dem Uetliberg hindurch zum Verkehrsdreieck Zürich Süd. Zuerst werden hier ab März 2001 beide Tunnelröhren (2 x 240 m) der Lockergesteinsstrecke Diebis in der Kernbauweise aufgeföhren. Sobald die Nordröhre (Tunnelröhre Basel) beim Fels angelangt ist, wird im Februar 2002 eine Tunnelbohrmaschine TBM (Wirth TB III 500 E, Durchmesser 5.00 m) installiert. Mit dieser TBM wird durch die gesamte Molassestrecke des Uetlibergs (2'800 m) ein Pilotstollen aufgeföhren. Als Sicherungsmittel werden zerspannbare GFK-Anker und stahlfaserbewehrter Spritzbeton zum Einsatz gelangen.



Pilotstollenquerschnitt TBM (Durchmesser 5 m mit Sicherungsmittel)

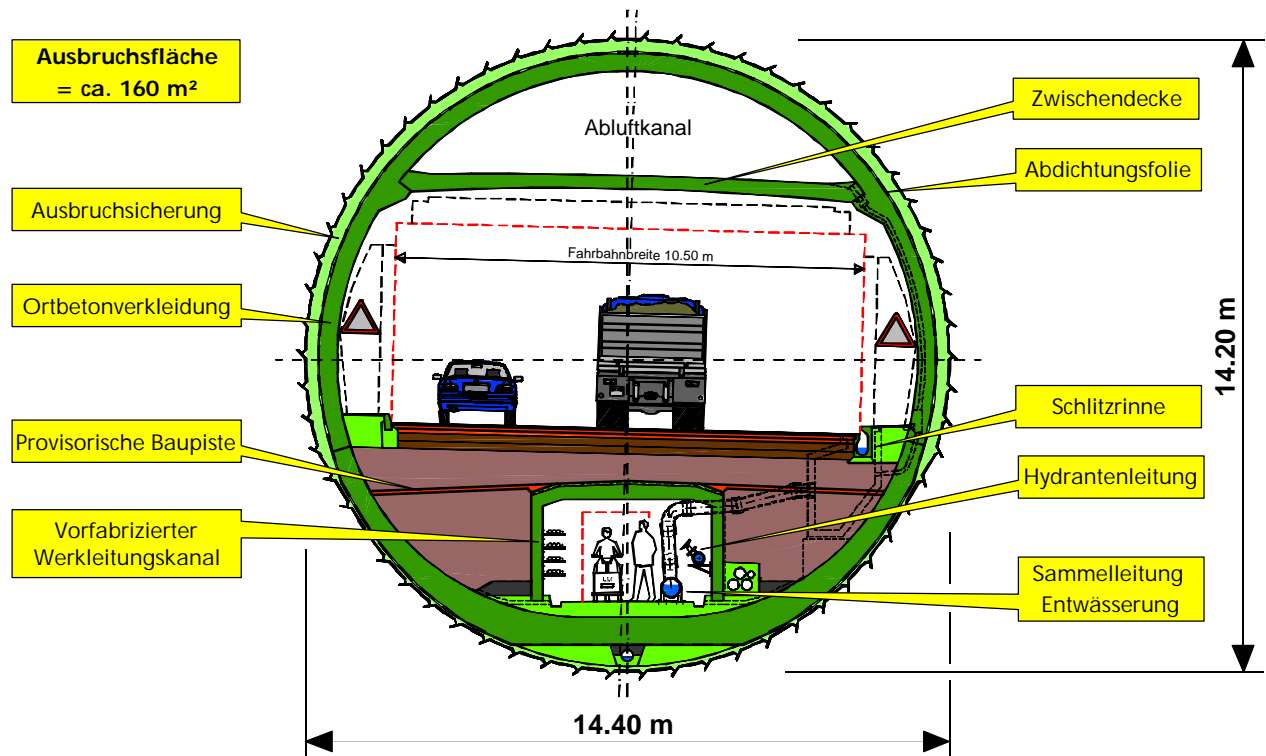
Nach der Durchörterung wird die TBM zurückgezogen und via einem By-Pass ans Ende der zweiten Röhre der Lockergesteinsstrecke Diebis transportiert. Nach der Ummontage startet die TBM erneut und wird zwischen November 2002 bis Juli 2003 den Pilotstollen der Südröhre (Tunnelröhre Chur) auffahren. Es werden Tagesleistungen von rund 20 m erwartet.

Parallel zum noch laufenden TBM Vortrieb in der Nordröhre (Durchmesser 5.00 m) wird in einer Startkaverne am Ende der Lockergesteinsstrecke Diebis eine Aufweitungstunnelbohrmaschine (TBE) mit Hinterschneidtechnik installiert (variabler Abbaudurchmesser 14.20 bis 14.40 m). Mit dieser TBE wird ab Oktober 2002 bis März 2004 die Nordröhre auf den vollen Querschnitt aufgeweitet. Die Verspannung der Maschine erfolgt im gefrästen Pilotstollen.



TBE Vortrieb mit Hinterschneidtechnik und Einbau der Sicherung im Nachläufer

Nach dem Auffahren der Nordröhre wird die TBE in der Röhre zurückgezogen und über die Baugrube Reppischtal zum zweiten Angriffspunkt der Südröhre transportiert. Die Südröhre (Tunnelröhre Chur) wird anschliessend ab Mai 2004 bis September 2005 aufgeweitet. Die Ausbruchsicherung im Ausweitprofil wird direkt im L1 und L2 hinter dem Bohrkopf eingebaut. Die Sicherung besteht aus automatisch versetzten Seilankern ab Rolle, netzbewehrtem Spritzbeton und ggfs. Stahleinbau. Im Bereich des Nachläufers L3 wird die Sohle und der Werkleitungskanal (vorfabriziertes Element) eingebaut und mit aufbereitetem Molassematerial hinterfüllt.



Das Normalprofil der 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>.

### Erweiterungs-TBM mit Hinterschneidtechnik

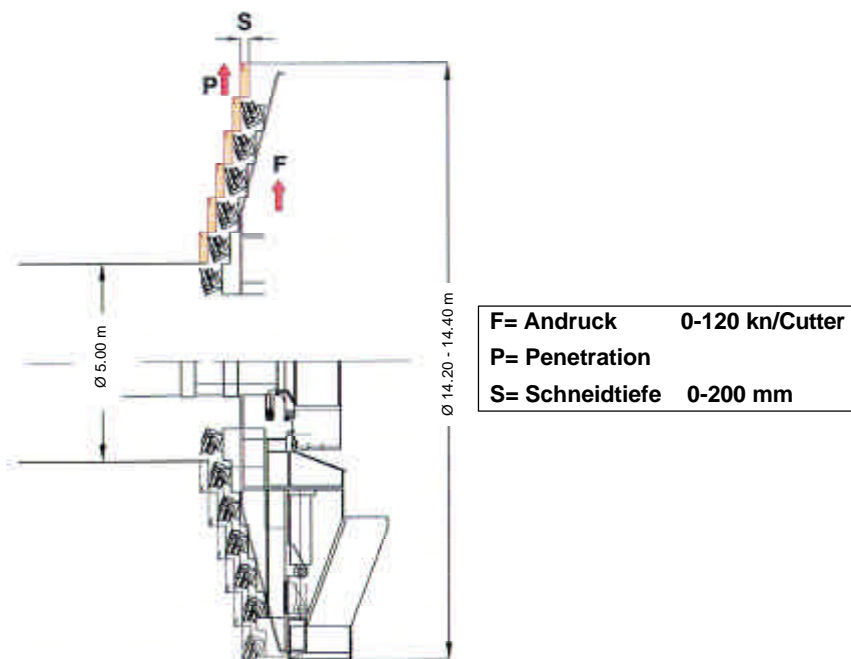
Mit der Wahl einer Erweiterungs-Tunnelbohrmaschine (TBE) mit Hinterschneidtechnik durch die ARGE Uetli (Zschokke Locher AG, Zürich; Murer AG, Erstfeld; Prader AG Tunnelbau, Zürich; CSC Bauunternehmung AG, Zürich; Wayss & Freytag, München/Frankfurt; Alpine Mayreder Bau GmbH, Salzburg-Wals; Spaltenstein Hoch + Tiefbau AG, Zürich) wird Neuland betreten. Die einzelnen Elemente dieses Verfahrens haben sich in der Praxis bereits mehrfach bewährt oder sind in ausgedehnten Versuchen in Deutschland und Kanada erprobt (Hinterschneidtechnik), aber zusammen noch nie eingesetzt worden.

Die von der Wirth GmbH, Erkelenz angebotene TBE weist die folgende Funktionsweise auf:

Der Bohrkopf der Erweiterungsmaschine besteht aus einem 2-geteilten Bohrkopfgrundkörper sowie 6 Bohrrahmen. Der Bohrkopf dreht sich auf der im Pilotstollen und im Tunnelquerschnitt verspannten und gelagerten Innenkelly. Die Schneidrollen sind sowohl axial wie auch radial zur Tunnelachse versetzt auf radial verschiebbaren Schlitten auf den Bohrrahmen angeordnet. Beim Drehen des Bohrkopfes und gleichzeitigem radialem Verschieben der Schlitten beschreibt jede Rolle eine spiralförmige Bahn um die Tunnelachse. Durch das Voreilen der jeweils äusseren Rollen entsteht eine treppenförmige Ortbrust, sodass 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. Kleinere Abschläge können in Abhängigkeit von der Gebirgsfestigkeit gewählt werden.



### Hinterschneidprinzip

Beim Drehen des 6-armigen Bohrkopfs mit jeweils 6 Schneidrollen pro Arm werden gleichzeitig 36 Schneidrollen auf 6 um 60° versetzten Spiralspuren von einem inneren auf einen äusseren Bohrdurchmesser verschoben. Nach Erreichen des Nenn-Bohrdurchmessers werden die Schlitten wieder radial auf den kleinsten Radius zurückgezogen. Anschliessend wird der Bohrkopf axial um einen Abschlag (max. 200 mm) verschoben und der nächste Schritt beginnt.

Die Vorteile gegenüber herkömmlichen Erweiterungsmaschinen sind:

- Geringere Kräfte auf TBM (Andruck pro Cutter ca. 100 – 120 kN)
- Geringerer Energieaufwand
- Kurze Bohrkopfkonstruktion, dadurch Ausbruchsicherung nahe der Ortbrust möglich
- Begrenzt frei wählbare Profilform (beim Uetliberg Breite 14.40 m, Höhe 14.20 m), dadurch Einsparung von Massen
- Ausbruchsicherung bei Maschinenstillstand zwischen Bohrarmen möglich
- Geringere Staubentwicklung infolge geringerer Zerstörung des Bohrgutes (grössere Stückigkeit)
- Schonender Gebirgsausbruch im Übergangsbereich Brust/Pilotstollen, da keine Belastung des Gebirges parallel zum Pilotstollen

Mit der Aufweitungstunnelbohrmaschine werden Tagesleistungen von durchschnittlich 9 m erwartet, wobei diese primär von den Sicherungsmassnahmen im Maschinenbereich sowie den Fertigstellungsarbeiten innerhalb des Nachläufers für die Sohlenarbeiten bestimmt werden.

Nebst den Hauptvortrieben gehören zum Projekt noch der Transportstollen Filderen - Reppischtal (Total 70 m Lockergesteingsvortrieb und 470 m TBM Vortrieb, Durchmesser 3.70 m).



Transportstollen Filderer – Reppischtal: TBM Wirth TB II 300/360 E

In diesem Stollen wird im Herbst 2001 eine Förderbandanlage eingebaut. Nach Inbetriebnahme der Förderbandanlage wird ab Ende 2001 der gesamte Ausbruch des Tunnelvortriebes ab der Baugrube Landikon via Förderband zur Bahnverladeanlage Filderer abtransportiert. Auf dem Rückweg transportiert dasselbe Band die Zuschlagsstoffe zur Betonproduktion nach Landikon. Ab 2002 wird der für den Tunnelbau ab dem Installationsplatz Landikon benötigte Beton direkt vor Ort hergestellt.

	Jahr				2000				2001				2002				2003				2004				2005				2006				2007				2008																							
	Quartal				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)	■																																																											
Baugrube Wanneboden					■																																																							
Baugrube Reppischtal					■				■																																																			
Baugrube Gänziloo					■				■																																																			
TS Filderer-Reppischtal					■				■																																																			
LG Gjuch und MO Eichholz									■				■				■				■																																							
LG Diebis und MO Uetliberg									■				■				■				■				■																																			
LG Juchegg									■				■				■				■																																							
Abluftschollen und -schacht Eichholz									■				■				■				■																																							
Portalstation Wanneboden													■				■				■				■																																			
Lüftungszentrale Reppischtal													■				■				■				■				■																															
Portalstation Gänziloo													■				■				■				■				■																															
Belagseinbau																									■				■				■				■																							
Elektromech. Einrichtungen, Testphase																													■				■				■				■																			
Eröffnung N4.1.5 Uetlibergtunnel																																																												

### Bauprogramm Uetlibergtunnel

Für den Rohbau des Uetlibergtunnels werden rund 5½ Jahre veranschlagt, sodass mit heutigem Kenntnisstand mit einer Eröffnung des Uetlibergtunnels im Jahre 2008 gerechnet werden kann.

### Stand der Arbeiten

Bei Redaktionsschluss sind die beiden Voreinschnitte beim West- bzw. Ostportal je zur Hälfte fertiggestellt, sodass im Herbst dieses Jahres auch dort mit dem Vortrieb an den Lokergesteinsvortrieben begonnen werden kann.

Im Hauptangriffspunkt, der Baugrube Reppischtal, wurden bis Redaktionsschluss bereits die ersten 60 Meter der seitlichen Paramentstollen der Lockergesteinsstrecke Diebis ausgebrochen.

Weitere Informationen:

Tiefbauamt des Kantons Zürich  
 Otto Schnell  
 Walchetor  
 8090 Zürich  
 Tel. 043 259 31 92  
 Fax. 043 259 51 15  
 email: otto.schnelli@bd.zh.ch

Amberg Engineering AG  
 Daniel Marti  
 Trockenloostr. 21  
 8105 Regensdorf-Watt  
 Tel. 01 870 91 11  
 Fax. 01 870 06 20  
 email: dmarti@amberg.ch

[www.amberg.ch](http://www.amberg.ch)  
[www.uetlibergtunnel.ch](http://www.uetlibergtunnel.ch)

#### Projektorganisation

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

**Gesamtkoordination:**  
 Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt/CH

**Projektverfasser und Bauleitung Tunnelbau:**  
 Amberg Engineering AG, Regensdorf-Watt/CH

**Projektverfasser und Bauleitungen Tagbau**  
 Fietz AG Bauingenieure, Zürich, (Baugrube und Portalstation Wannboden)  
 Henauer + Gugler Ingenieurunternehmung AG, Zürich (Baugrube und Lüftungszentrale Reppischtal)  
 Ingenieurbüro Hans Eichenberger AG, Zürich (Baugrube und Portalstation Gänziloo)

**Unternehmer Tunnelbau:** ARGE Uetli (c/o Zschokke Locher AG, Zürich; Murer AG, Erstfeld; Prader AG Tunnelbau, Zürich; CSC Bauunternehmung AG, Zürich; Wayss & Freytag, München/Frankfurt; Alpine Mayreder Bau GmbH, Salzburg-Wals; Spaltenstein Hoch + Tiefbau AG, Zürich)