

Amberg – Tagung Uetlibergtunnel

23. / 24. und 25. Januar 2002

Baustelle Uetlibergtunnel, Landikon

Projektvorstellung Uetlibergtunnel

Vortrag Daniel Marti

Regensdorf, 22. Januar 2002

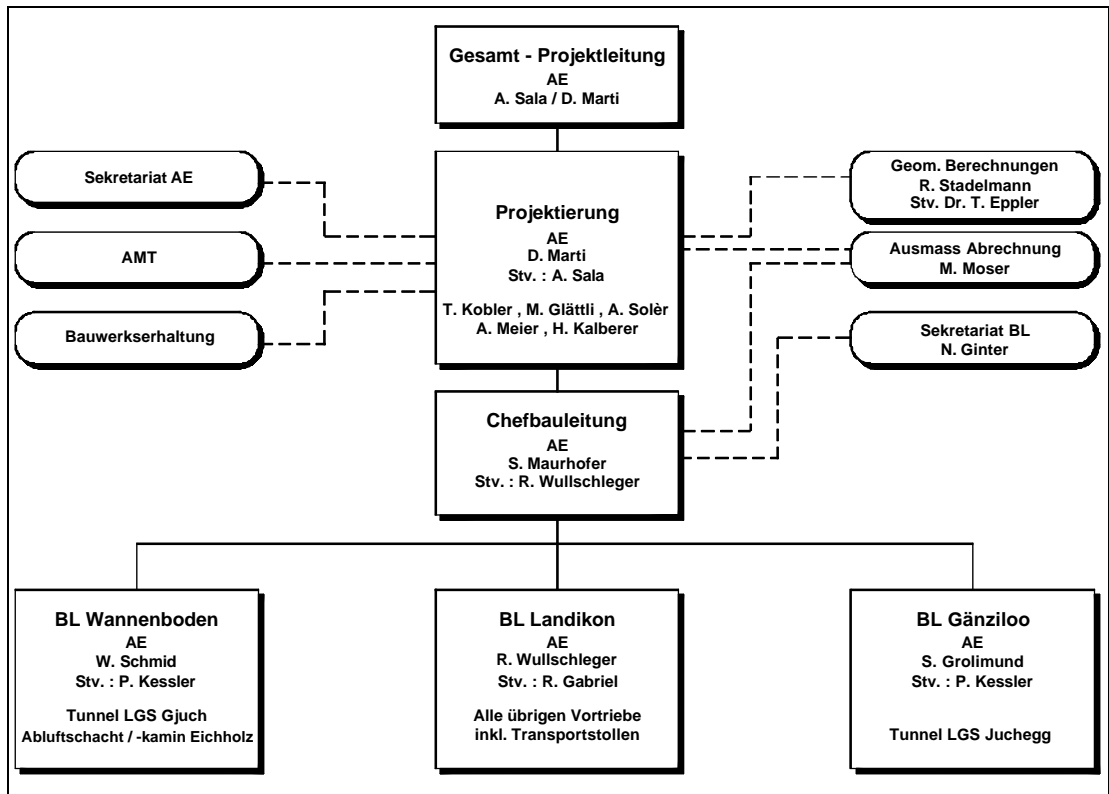
Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung / Projektorganisation / AE Mitarbeiter	3
2. Projektübersicht	4
3. Geologie.....	6
4. Bauablauf und Vortriebsverfahren im Überblick	9
4.1. Bauabläufe / Programm	9
4.2. Vortriebsverfahren im Allgemeinen.....	10
5. Projektelemente und Vortriebsverfahren	10
5.1. Normalprofil Lockergesteinsstrecken und Molassestrecke Eichholz.....	10
5.1.1. Vortrieb Lockergesteinsstrecken Gjuch, Diebis und Juchegg	11
5.1.2. Vortrieb Molassestrecke Eichholz	12
5.2. Normalprofil Molassestrecke Uetliberg	12
5.2.1. Vortrieb Molassestrecke Uetliberg	13
6. Tangierte Verkehrs- und Infrastrukturanlagen des Bauherrn und Dritter.....	14
7. Qualitätsschwerpunkte.....	15
7.1. Sicherheit.....	15
7.2. Vermeidung von Schäden	15
7.3. Umweltschutz	16
7.4. Öffentlichkeitsarbeit	17
8. Bauprogramm	17
9. Kosten Uetlibergtunnel.....	18
10. Schlussbemerkungen.....	18

1. Einleitung / Projektorganisation / AE Mitarbeiter

Die Amberg Engineering AG (AE) bearbeitet im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich seit 1982 folgende Teilleistungen:

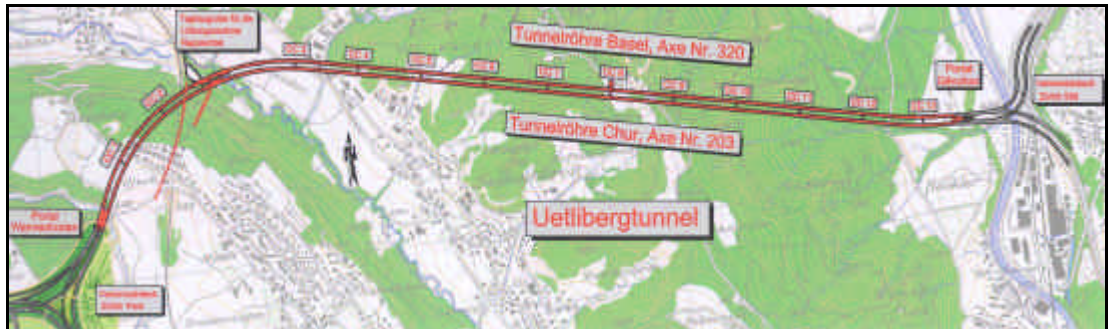
- Vorprojekt
- Detailprojekt
- Submission
- Ausführungsprojekt
- Örtliche Bauleitung und baubegleitende 3-D-Messungen
- Dokumentation
- Garantearbeiten

Das folgende Team ist für das Projekt Uetlibergtunnel verantwortlich:



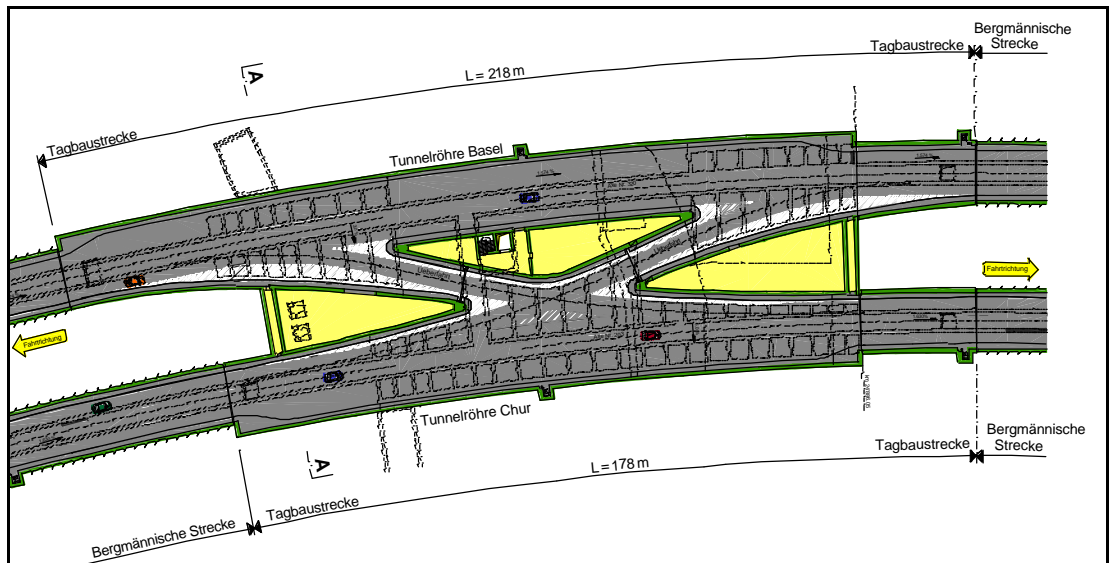
2. Projektübersicht

Der Uetlibergtunnel als Kern der Westumfahrung Zürich verbindet die Umfahrung Birmensdorf (N20.1.4) im Westen mit der bestehenden Nationalstrasse Zürich-Chur (A3) im Osten.



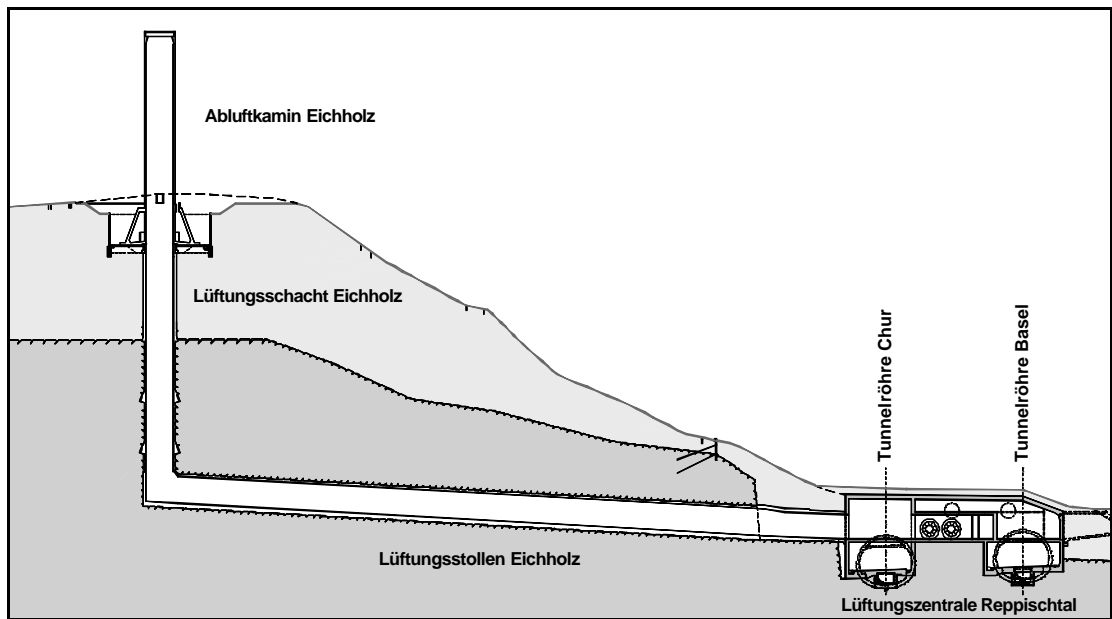
Übersicht Projekt N4.1.5 Uetlibergtunnel

Das Projekt umfasst zwei parallele Röhren von je rund 4.4 km Länge. 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 steigt vom Ostportal (Gänziloo) her mit einer Steigung von 1.6% auf.



Unterirdische Verkehrsüberleitung in der Lüftungszentrale Reppischtal

Im Reppischtal in Landikon ist die unterirdische Lüftungszentrale angeordnet, welche über einer ebenfalls unterirdischen Verkehrsüberleitung zu liegen kommt. Im Normalfall reicht die natürliche Längslüftung in beiden Röhren für die Belüftung aus. In bestimmten Betriebsfällen wird die Tunnelabluft im Reppischtal via einen Abluftstollen und Schacht über einen Abluftkamin auf dem Ettenberg ausgeblasen.



Unterirdische Lüftungszentrale in Landikon

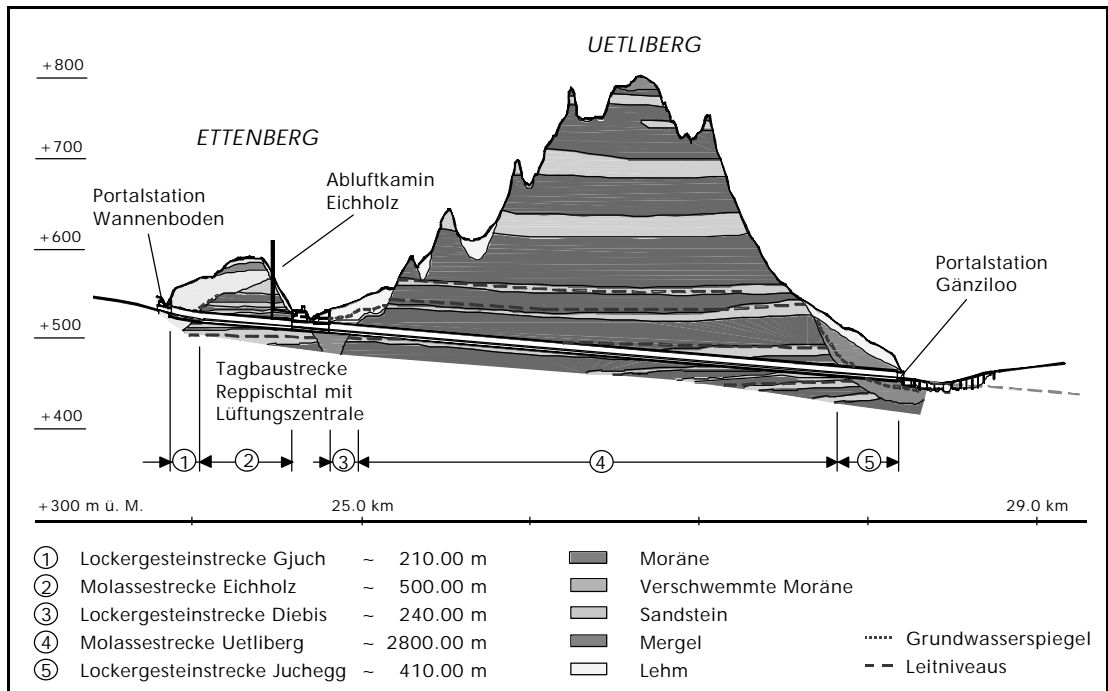


3-D Ansicht an Abluftkamin

Der Schachtstandort wurde in einer umfangreichen Studie bis hin zum Einfliegen einer eigentlichen Kaminattrappe evaluiert.

3. 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 Eichholztunnel unter dem Ettenberg und den 3.450 km langen Uetlibergtunnel unter dem gleichlautenden Hügelzug.



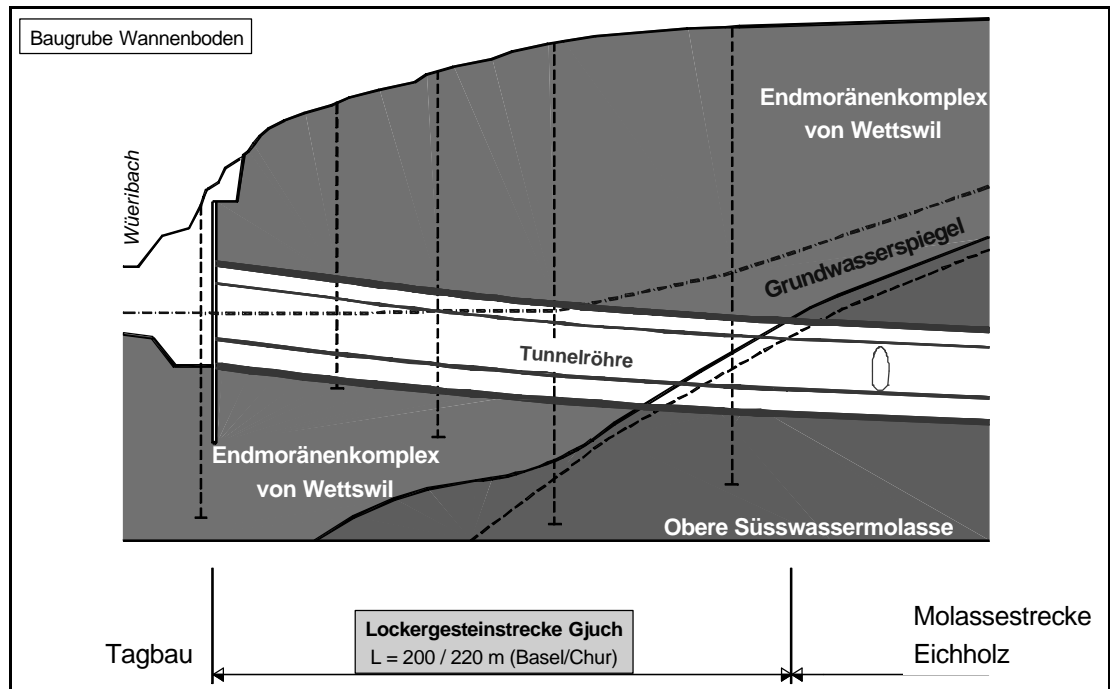
Geologisches Längenprofil und Vortriebsverfahren

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.

Lockergesteinsstrecke Gjuch (L = ca. 210 m)

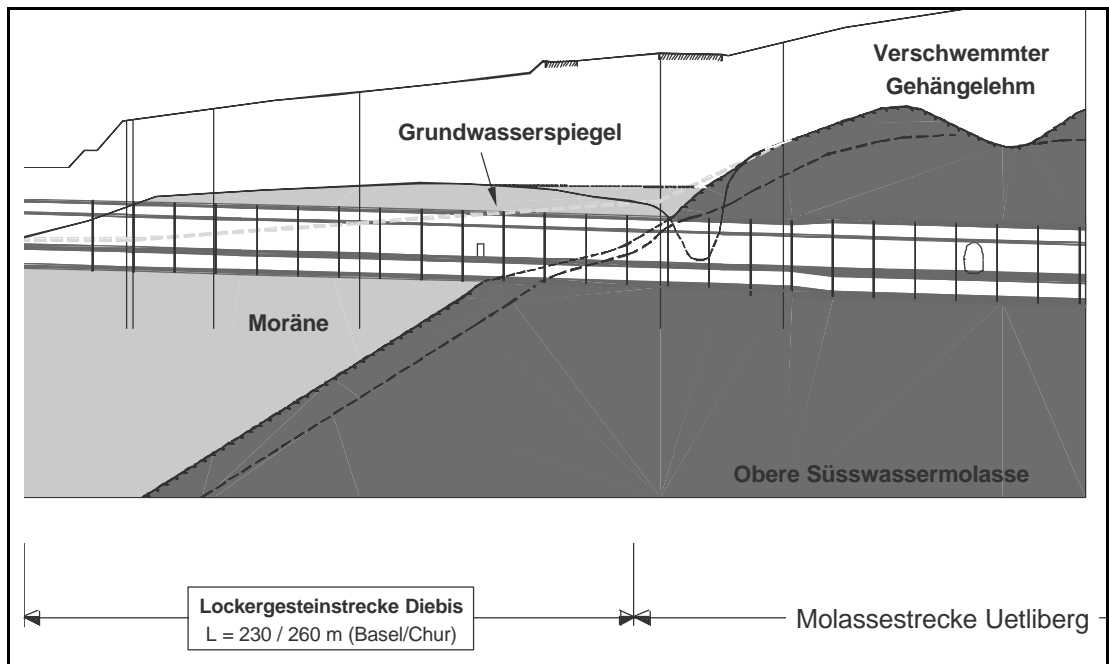
Die Lockergesteinsstrecke Gjuch (beim Westportal Wannenboden) durchquert eine sehr heterogene Endmoräne. Es handelt sich dabei um einen lehmigen, sandigen Kies. Der Grundwasserspiegel steigt von anfänglich Mitte Tunnelprofil bis über den Tunnelfirst in Richtung Osten an.



Geologisches Längsprofil Gjuch (Baubeginn im 1. Quartal 2002)

Lockergesteinsstrecke Diebis (L = ca. 240 m)

Die Lockergesteinsstrecke Diebis (östlich der Baugrube Reppischtal) liegt in 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 Tunnelprofil 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.



Geologisches Längsprofil Diebis (Lockergesteinsvortrieb im Gange)

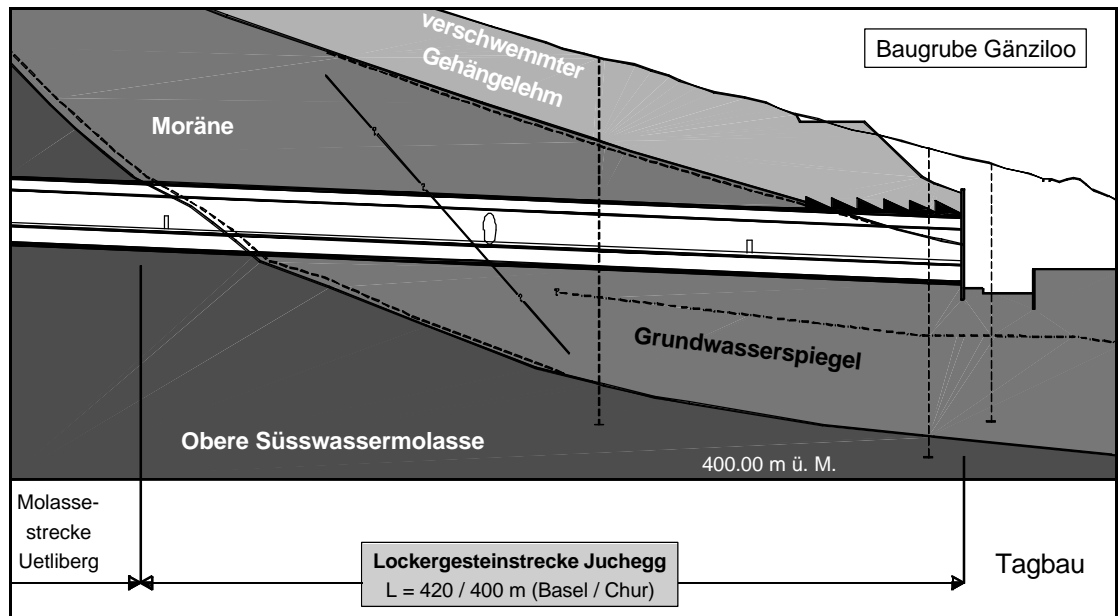


Kernbauweise (Vortrieb Lockergesteinsstrecke Diebis)

Lockergesteinsstrecke Juchegg (L = ca. 410 m)

Die Lockergesteinsstrecke Juchegg (beim Ostportal Gänziloo) liegt in einer Grundmoräne, die zu Beginn v.a. sandig-kiesig und anschliessend mehrheitlich lehmig-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 lehmig-sandigen Moräne an. Beim Übergang vom Lockergestein in die Molasse liegt das Tunnelprofil vollständig im Grundwasser.



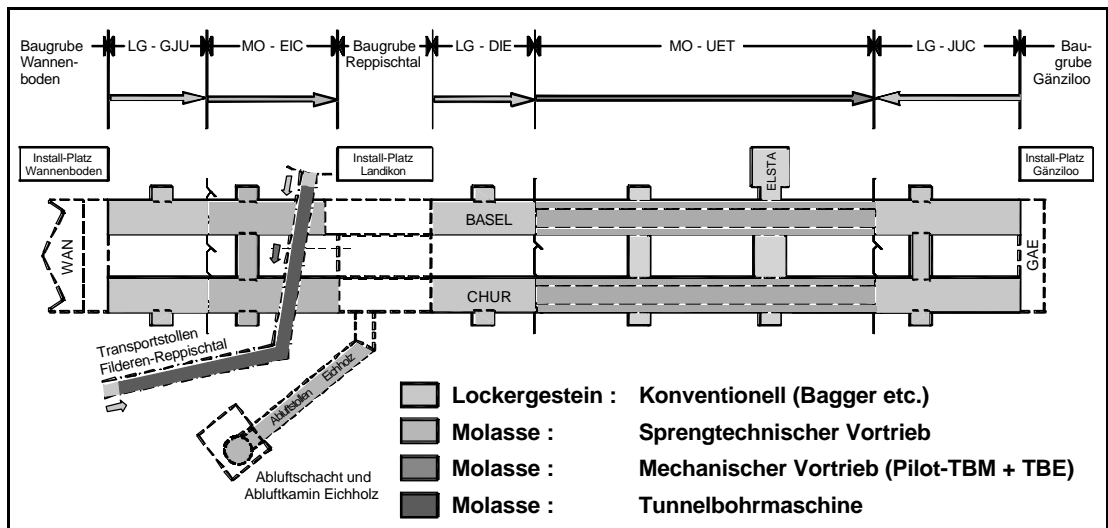
Geologisches Längsprofil Juchegg (Baubeginn im 1. Quartal 2002)

4. Bauablauf und Vortriebsverfahren im Überblick

4.1. Bauabläufe / Programm

Aus der Baugrube Reppischtal (Total 270'000 m³ Aushub, 1'000 Stück 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 die beiden Tunnelröhren (2 x 240 m) der Lockergesteinsstrecke Diebis in der Kernbauweise aufgefahren. Sobald die Nordröhre (Tunnelröhre Basel) den Molassefels erreicht, wird die Startkaverne für die spätere Ausweitungstunnelbohrmaschine sprengtechnisch ausgebrochen. Im Frühling 2002 wird die erste 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 aufgefahren. Als Sicherungsmittel werden zerspanbare GFK-Anker und stahlfaserbewehrter Spritzbeton zum Einsatz gelangen. Nach dem Auffahren der Molassestrecke wird das Profil von 5 Meter

Durchmesser mit einer Ausweitungstunnelbohrmaschine (TBE) auf das endgültige Profil von 14.20 bis 14.40 m ausgeweitet.



Vortriebsrichtungen und -technik

4.2. Vortriebsverfahren im Allgemeinen

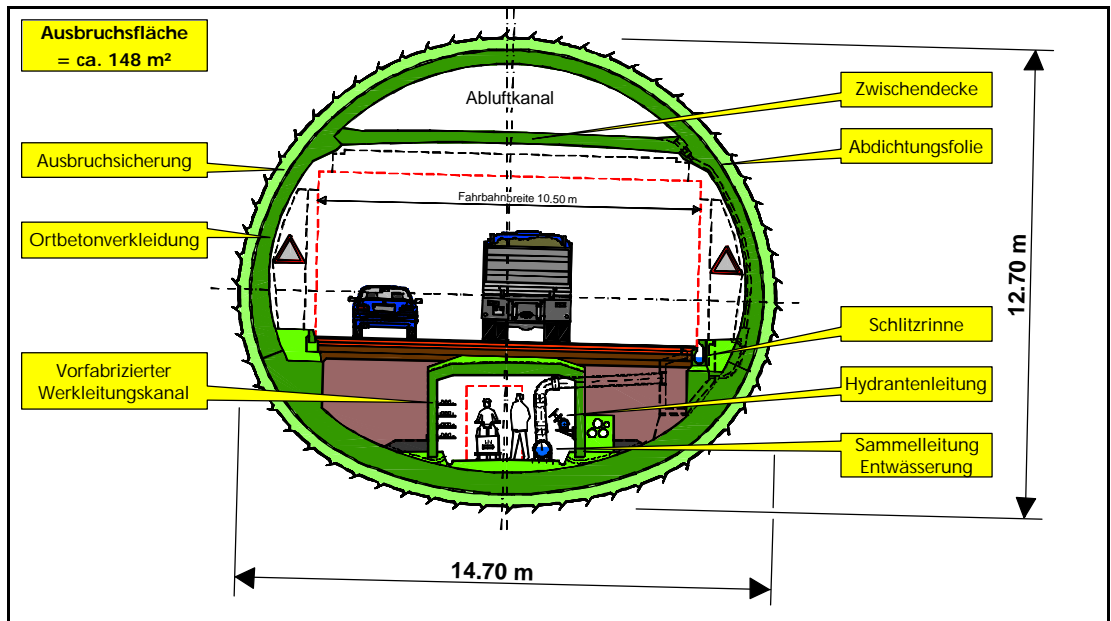
Von Beginn der Planung an war vorgesehen, dass die Wahl des Vortriebsverfahrens dem freien Wettbewerb überlassen werden soll. So wurden denn auch parallel zwei Projekte ausgearbeitet, nämlich eines für den konventionellen Vortrieb (Sprengvortrieb bzw. Vortrieb mit Teilschnittmaschinen) sowie eines für einen TBM-Vortrieb sowohl in der Lockergesteinsstrecke als auch für den Felsbereich (Mixschild-TBM). Aufgrund einer Risikobeurteilung wurde zur Submission schlussendlich jedoch nur der konventionelle Vortrieb zugelassen bzw. eine den vollen Tunnelquerschnitt umfassende Tunnelbohrmaschine (TBM im Vollschnitt) ausgeschlossen. Eine Mixschild-TBM schied damit aus.

Im Zuge der Submissionsvorbereitung wurden für den Vortrieb in den Lockergesteinsstrecken fünf mögliche Vortriebsarten im Detail untersucht. Sie werden im Referat von Herrn R. Stadelmann vorgestellt.

5. Projektelemente und Vortriebsverfahren

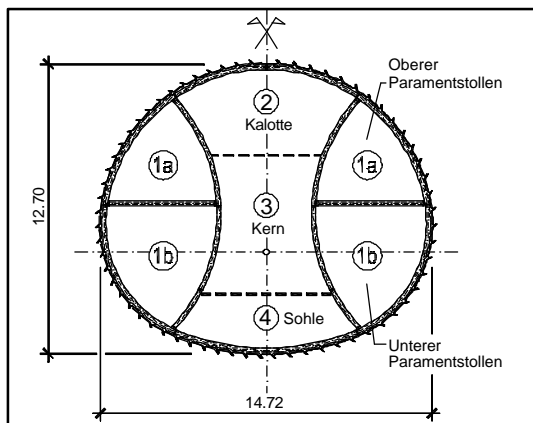
5.1. Normalprofil Lockergesteinsstrecken und Molassestrecke Eichholz

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 m².



5.1.1. Vortrieb Lockergesteinsstrecken Gjuch, Diebis und Juchegg

Alle Lockergesteinsstrecken werden in der Kernbauweise aufgeföhren.



Kernbauweise

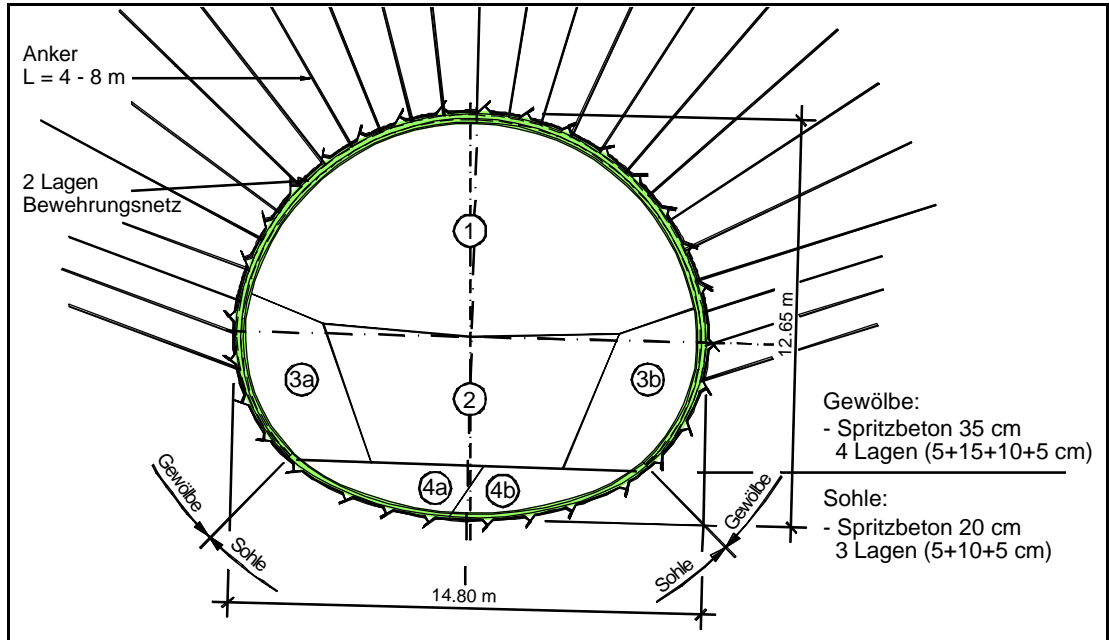


Ansicht an Portal Diebis

Die Ausbruchsicherung in den Lockergesteinsabschnitten besteht generell aus Stahlbögen (HEM-180 Träger, Abstand 1 m) und 25 cm starkem, stahl-faserbewehrtem Spritzbeton.

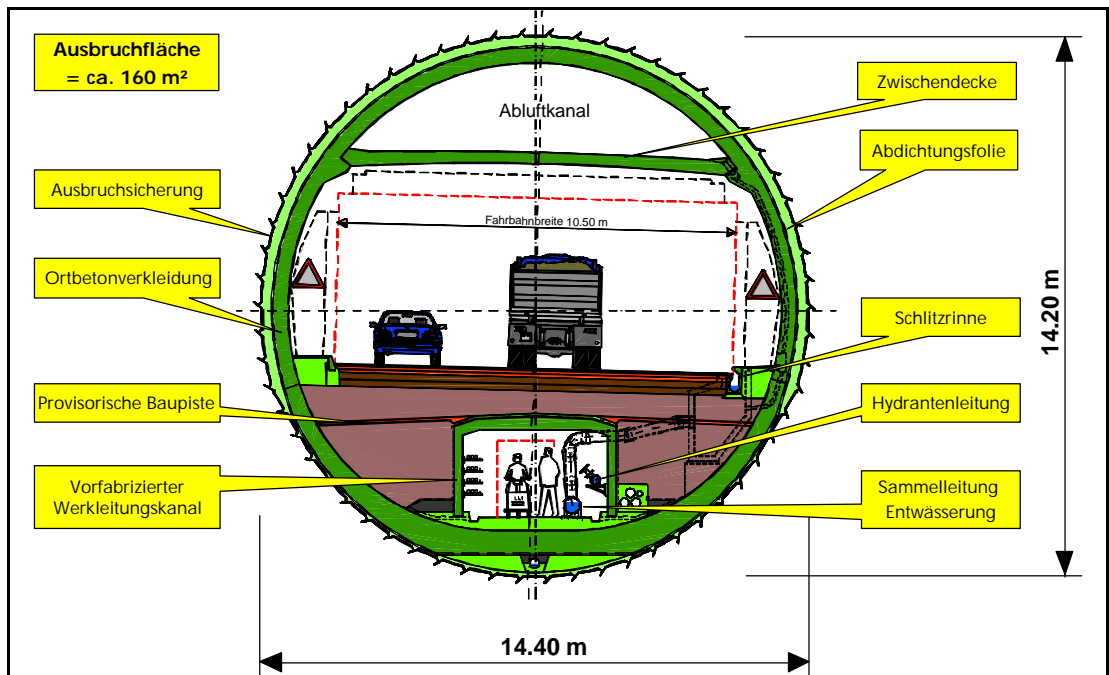
5.1.2. Vortrieb Molassestrecke Eichholz

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



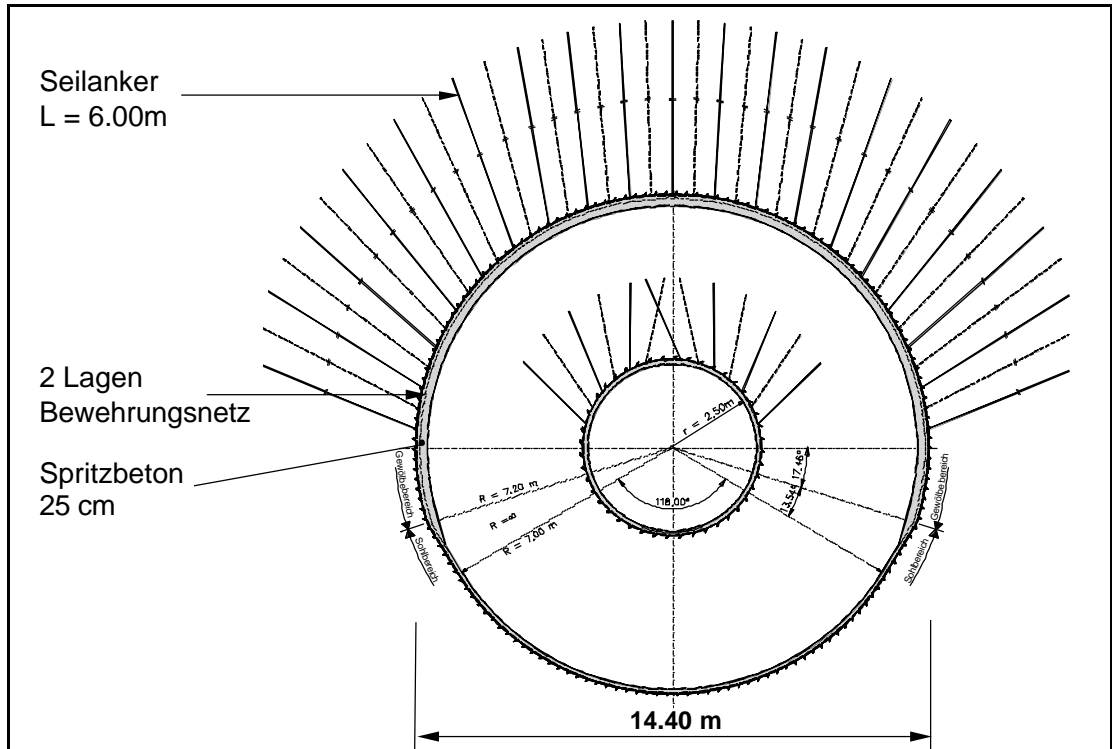
Ausbruch und Sicherung Molasse Eichholz

5.2. 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 m².

5.2.1. Vortrieb Molassestrecke Uetliberg



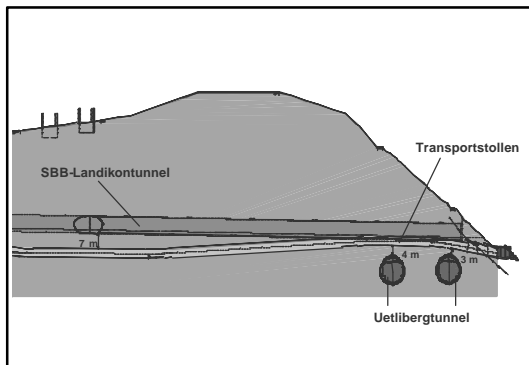
Ausbruch und Sicherung TBE

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 aufgefahren. Die Sicherung bestehend aus Seilankern, Swellex-Ankern, Netzen und Spritzbeton (Möglichkeit zum Stahleinbau ist vorhanden) wird direkt hinter dem Bohrkopf eingebaut. Der mechanische Vortrieb wird im Referat von Herrn J. Bolliger im Detail erläutert.

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.

6. Tangierte Verkehrs- und Infrastrukturanlagen des Bauherrn und Dritter



Längsschnitt SBB-Tunnel



Verstärkungsarbeiten SBB-Tunnel

Die zwei Tunnelröhren des Uetlibergtunnels unterqueren den neu erstellten Transportstollen und den 140 jährigen Landikontunnel der SBB in Abständen von 3 m bis 7 m. Das Gewölbe des SBB-Tunnels wurde im letzten Jahr im Querungsbereich mit dem Transportstollen auf der Basis von Tunnelzustandsaufnahmen verstärkt. Der Tunnelabschnitt, welcher mit den beiden Autobahnröhren im Jahre 2003 und 2004 unterquert wird, wird im Jahr 2002 unter Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes (während der Nacht) ebenfalls verstärkt. Die für die spätere Messüberwachung des Vortriebes notwendigen Installationen (Extensometer etc.) werden ebenfalls versetzt.

Durch den Bauherrn werden in den Räumen Brunau, Filderen und Landikon drei Betonanlagen betrieben, ab welchen sämtliche beteiligten Bauunternehmer den Beton zu beziehen haben.



Betonanlage Landikon



Förderbandanlage in Landikon

Das beim Tunnelbau anfallende Ausbruchmaterial wird ab dem Installationsplatz Landikon mittels einer Förderbandanlage direkt bis zur Bahnverladeanlage Filderen (beim Westportal des Uetlibergtunnels) abtransportiert. Sobald der Vortrieb in der Molassestrecke des Uetliberges mit der Tunnelbohrmaschine beginnt, wird das Material direkt ab der Ortbrust bis und mit der Bahnverladeanlage über ein kontinuierliches Bandsystem von 1'760 m (im Endausbau bis ca. 4'800 m Länge) abtransportiert.



Bahnverladeanlage Filderen



Zementumschlag ab Bahndamm

Die für die Betonproduktion notwendigen Zuschlagsstoffe werden ebenfalls auf dem selben Bandsystem bis zur Betonanlage in Landikon antransportiert. Der Zementumschlag erfolgt in der Nacht direkt ab Eisenbahnwagen in die Zementsilos.

7. Qualitätsschwerpunkte

7.1. Sicherheit

Der Sicherheit der auf mehr als vier Installationsplätzen und Vortriebsstellen verteilten Belegschaft wird von Seiten ARGE und BL höchste Priorität eingeräumt. Über ein umfangreiches Sicherheits- und Rettungskonzept werden alle am Bau beteiligten Instanzen, inkl. Bauherrschaft und beteiligte Drittfirmen in Abhängigkeit der aktuellen Arbeiten in Rettungsübungen, Handhabungsübungen an Feuerlöschern und Selbstrettern, Instruktionen über das Verhalten im Vortrieb etc. laufend geschult.

Ein weiterer wesentlicher Sicherheitsaspekt sind die Bauarbeiten im Umfeld zum bestehenden SBB-Bahntunnel sowie die Aufrechterhaltung des SBB Betriebes bei sämtlichen Bautätigkeiten in diesem Umfeld.

7.2. Vermeidung von Schäden

An sämtlichen Liegenschaften, welche durch die Vortriebsstätigkeiten tangiert werden könnten, wurden oder werden noch Gebäudezustandsaufnahmen - durch ein eigens dafür beauftragtes Büro - durchgeführt. Von Seiten der BL werden die Sprengarbeiten intensiv begleitet. An ausgewählten Liegenschaften werden Erschütterungsmessungen durchgeführt.

7.3. Umweltschutz

Den Anliegen des Umweltschutzes wurde durch angepasste Baumethoden und Bauabläufe soweit möglich Rechnung getragen. Den beteiligten Unternehmen wurden mit der Submission zumutbare Vorgaben bezüglich Erdarbeiten und Benutzung der Installationsflächen auferlegt.

Auf Grund der UVB wird das gesamte Ausbruchmaterial (1.7 Mio. m³ fest) via Bahn ab der Umschlaganlage Filderer abtransportiert. Damit das Material von Landikon zur Bahnverladeanlage abtransportiert werden kann, wurde eigens der Transportstollen realisiert.

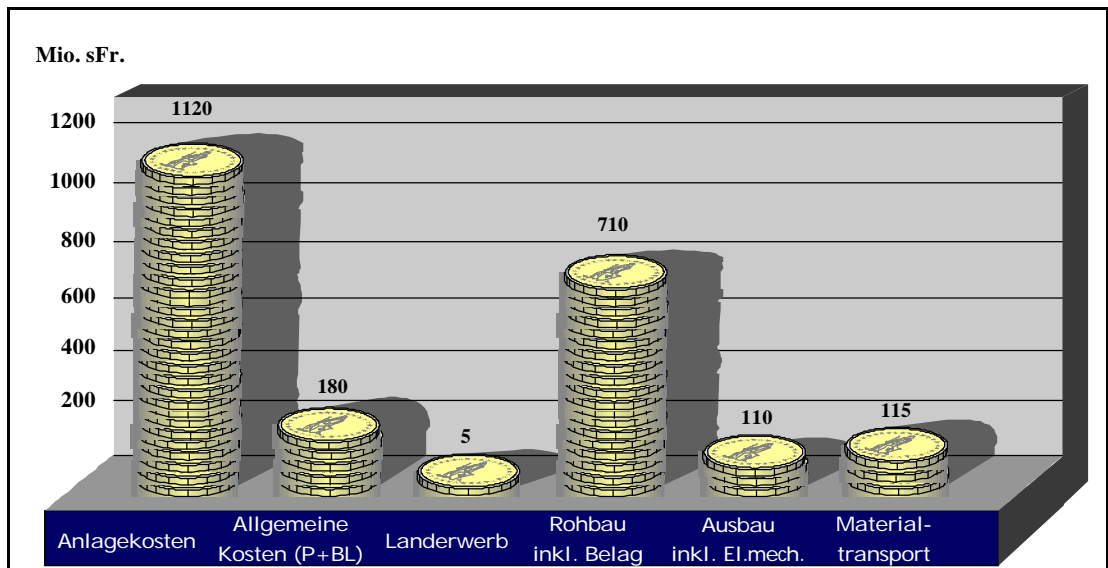
Das mit der Aufweitungstunnelbohrmaschine ausgebrochene Molassematerial wird durch die Unternehmung aufgrund einer Unternehmervariante für die anschliessende Hinterfüllung des Werkleitungskanal ab Ende 2003 auf Platz aufgearbeitet. Damit kann einerseits die Menge des per Bahn abzutransportierenden Ausbruchmaterials und der Antransport von teurem Kies-Sand-Material verringert werden. Andererseits reduziert sich damit auch die Anzahl der Strassentransporte im Umfeld der Grossbaustelle.

Im Raume Landikon wird nach Abschluss der Bauarbeiten praktisch - abgesehen von einem Zugang zur unterirdischen Lüftungszentrale – nichts mehr an die grosse Baugrube und die heute belegten Installationsplätze erinnern. Sämtliche Flächen werden wieder einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt.



Unterlauf der Reppisch

9. Kosten Uetlibergtunnel



Die Gesamtkosten des ganzen Bauvorhabens sind auf Preisbasis 1994 auf CHF 1'120 Mio. veranschlagt.

Die Zahlen für allgemeine Kosten (BH, PL und BL) widerspiegeln die umfangreichen Vorbereitungs- und Überwachungsarbeiten für die Erstellung der Tunnelbauwerke. Der Posten Materialtransporte umfasst die Aufwendungen für den Abtransport des Ausbruchmaterials auf der Schiene und die dafür notwendigen Installationen.

Aussagekräftiger als die Daten im obigen Diagramm sind die folgenden Kennzahlen:

- Rohbaukosten pro Laufmeter Tunnel in der Molasse (TBM- und TBE-Vortrieb) ¹⁾ CHF 38'000.-
- Im Lockergestein ¹⁾ CHF 84'000.--

¹⁾ exkl. Kosten für Materialabtransport

10. Schlussbemerkungen

Das Projekt des Uetlibergtunnel stellt sowohl für die Bauherrschaft, den Projektverfasser, die Bauleitung als auch für die ARGE Uetli eine grosse Herausforderung dar. In gewissen Zeiten laufen bis zu zehn Vortriebe parallel und es kommen unterschiedlichste Bauverfahren in unterschiedlichen Geologien zum Einsatz. Durch den Projektanten und die Bauleitung sind im Rahmen ihres Mandates diverse Spezialisten des Bauherrn wie Elektromechanik, Lüftung etc. und die Projektanten der drei Portalstationen (Fietz AG, Henauer Gugler AG, Eichenberger AG) zu koordinieren. Dank einer guten, verständnisvollen Zusammenarbeit konnte in kurzer Zeit das bisherige Bauvolumen realisiert werden.



Daniel Marti

Dipl. Bauingenieur ETH
Wirtschaftsingenieur FH
Stv. Leiter Geschäftsbereich Neubau

dmarti@amberg.ch

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