

Pfingstexkursion 2011

14.06. - 17.06.2011

am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik KIT –
Karlsruher Institut für Technologie

Exkursionsbericht



Teilnehmer:

Diamantakis, Vaios

Fitz, Jan-Erik

Flemming, Leander

Frank, Martin

Grün, Stefanie

Henkel, Jaron

Kelleter, Christian

Mantei, Fabian

Machinek, Julian

Mrzigod, Alexandra

Müller, Yannick

Schropp, Rebecca

Toliautaite, Jurgita

Westermann, Konrad

Betreuer:

Riegger, Tobias

Zachert, Hauke

Exkursionsziele:

14.06.2011: - Großkraftwerk Mannheim

- Tunnel Eierberge

15.06.2011: - „Mittlerer Ring“ in München

16.06.2011: - TIWAG Kraftwerk „Kaunertal“ (Österreich)

17.06.2011: - Talsperre Solis (Österreich)

- Roche Tower in Basel (Schweiz)

14.06.2011

Großkraftwerk Mannheim

Jaron Henkel & Martin Frank

Allgemeines

Mit dem Bau des neuen Block 9 der Großkraftwerk Mannheim AG (GKM) entsteht eines der modernsten Steinkohlekraftwerke der Welt. Mit einer Leistung von 911 MW erreicht der neue Block nahezu die Leistung eines Kernkraftwerks. Der Wirkungsgrad von 46 % wird durch das Prinzip der Kraftwärmekopplung besonders umweltschonend und wirtschaftlich erreicht.

Im Juni 2009 bekam die Bilfinger Berger SE den 120 Mio. € Auftrag zur Errichtung des neuen Kraftwerksblocks bestehend aus 26 Anlagen. Dabei hat die Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH die technische Federführung des Rohbaus. Hierzu wurde die ARGE GKM mit den Partnern Ed. Züblin AG und Diringer & Scheidel gegründet.

Als Nachunternehmer des BB Ingenieurbaus, hat die BB Spezialtiefbau GmbH ein Auftragsvolumen von ca. 40 Mio. €. Dies umfasst Bohrpfehlgründungen der Kühl- und Treppentürme, des Maschinenhauses sowie die Erstellung einer neuen Kaimauer und zwei Stollen, welche als Kabel- und Kühlwasserkanäle dienen.

Der BB Spezialtiefbau, vor Ort vertreten durch die Herren Wölfle (BL), Steinlage (OBL) und Heizmann (TL der Gst. Mannheim), ermöglichte uns sehr interessante Einblicke in die tiefbaulichen Aufgaben dieser Großbaustelle.



Abb. 1 Blick auf einen bestehenden Block des GKM

Stollen Lisa

Der ca. 80 m lange Stollen Lisa, welcher als Kabel- und Leitungskanal dienen wird, wurde im Schildvortriebverfahren durch die Firma Epping als Nachunternehmer hergestellt. Hierzu errichtete die Firma BB Spezialtiefbau die Start- und Zielgruben der Bohrmaschine.

Die ca. 9 m tiefe Startgrube wurde durch einlagig rückverankerte Spundwände gegen das bei ca. 6 m unter GOK anstehende Grundwasser abgedichtet. Zusätzlich wurde

in beiden Gruben eine, durch RI-Pfähle gegen Auftrieb gesicherte, Unterwasserbetonsohle verwendet.

Der Tunnel mit 420 cm Durchmesser und einer Überlagerungshöhe von nur 4 m wurde mit Hilfe eines speziell angefertigten Schildes der Firma Epping aufgefahren. Die Auskleidung des Tunnels erfolgte mit Hilfe von Fertigteilen und wurde durch Fugenbänder abgedichtet.

In der Zielgrube musste aufgrund eines bestehenden Gebäudes eine HDI-Unterfangung in den Boden injiziert werden. Mit einem Druck von 400 bar, bereitgestellt durch eine Dieselpumpe, wurden im Bereich unter dem Gebäude, 2,80 m dicke Säulen aus einem Zement-Wasser-Gemisch in den anstehenden Boden verpresst. Der Rest der Baugrube wurde durch Bohrpfähle stabilisiert und mit vorgespannten „GEWI-Ankern“ rückverankert.

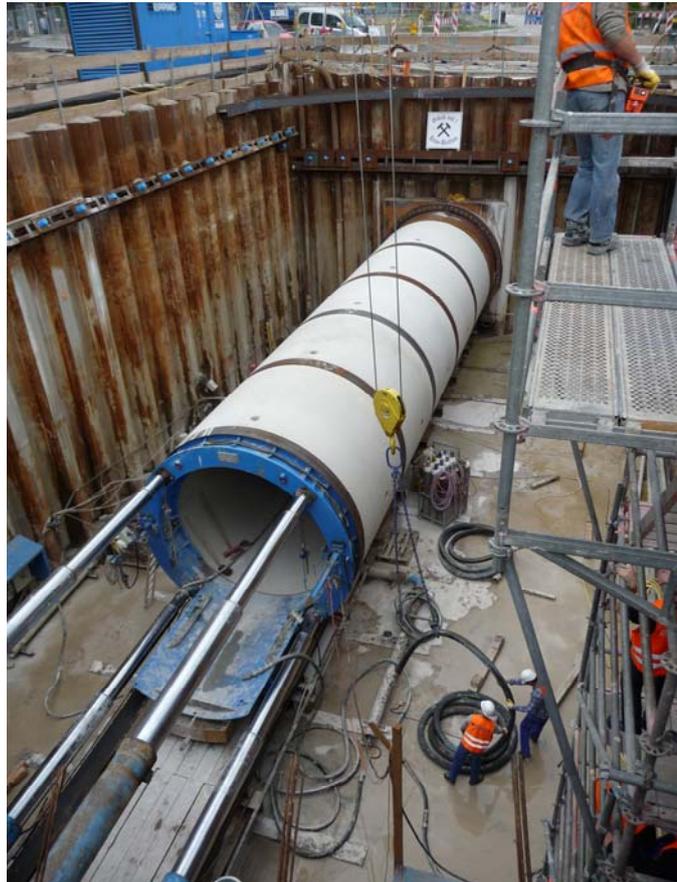


Abb. 2 Blick in die Startgrube des Stollen „Lisa“:
Rückverankerte Spundwände und Tunnelauskleidung
durch Fertigteile

Baugrube für Kühlwasser-Tunnel

Um den neuen Block mit Kühlwasser zu versorgen und ein bestehendes Gütergleis nicht zu unterbrechen, muss ein 380 m langer Tunnel zur Förderung des Kühlwassers aufgefahren werden. Die 20 m tiefe Startgrube wurde mit 26 m langen Bohrpfählen in überschnittener Bauweise, vorbereitet. Teilweise wurden Fugen mit Kunstharz verpresst. Im Bereich des Tunneldurchbruchs wurden die Pfähle mit Glasfaserkunststoff bewehrt.

Die kreisförmige Anordnung der Bohrpfahlwand und die damit einhergehende Gewölbewirkung erforderte keine Rückverankerung. Aus Stabilitätsgründen wurden jedoch im oberen Bereich die Pfähle mit einem Stahlbetonkopfbalken verbunden.

Die unmittelbare Nähe der Baugrube zum Rhein erforderte auch hier eine 1,5 m dicke rückverankerte Unterwasserbetonsohle.

Bodenvereisung

Die bestehenden Kühlwasserbrunnen könnten durch den Einsatz von Bentonit beim Tunnelvortrieb gefährdet werden. Um dies zu vermeiden wird in diesem Bereich eine Bodenvereisung zur Abschottung durchgeführt. Hierbei werden 15 Stahlrohre in den Boden eingebracht und mit einer -35°C kalten Sole über eine Dauer von zweieinhalb Monaten gespeist. Durch diesen Prozess entstehen 6-20 m tiefe Eiskörper, die das Bentonit vom Kühlwasserbrunnen fernhalten.



Abb. 3 Blick aus der Baugrube der Startgrube: Überschnitte Bohrfahrlingwand mit Stahlbetonkopfplatte

Kaimauer

Die Steinkohleversorgung des neuen Blocks wurde durch eine neue Kaianlage als Schiffsanlegestelle am Rheinufer optimiert. BB Spezialtiefbau rammt Spundwände in den Rheinboden, verfüllte den hinteren Teil mit dem Aushub der Baugruben und verdichtete das Aushubmaterial so, dass ausreichend Tragfähigkeit des Bodens zur Errichtung eines Anlegekrans gewährleistet ist.



Abb. 4 Spundwand-Rammgerät

14.06.2011

Tunnel Eierberge

Jan-Erik Fitz & Fabian Mantei

Führer vor Ort: Dipl.-Ing. Sven Dreyer

Allgemeine Informationen

Der Tunnel Eierberge ist Teil der Neubaustrecke Ebensfeld-Erfurt, welche im Rahmen des VDE 8 (Verkehrsprojekt Deutsche Einheit 8), realisiert wird. Auf 107 km entsteht im Auftrag der DB ProjektBau GmbH eine zweigleisige Hochgeschwindigkeitsstrecke für den Reise- und Güterverkehr mit 22 Tunnelbauwerken (41 km insgesamt) und 29 Talbrücken (12 km insgesamt). Die Inbetriebnahme der Strecke ist für 2017 geplant.

Bauabschnitt

Der Bauabschnitt des Tunnels Eierberge, mit einem Auftragsvolumen von ca. 140 Mio. €, wurde an eine Österreichische ARGE vergeben, bestehend aus:

- Jäger Bau GmbH
- ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH
- G. Hinteregger & Söhne Baugesellschaft m.b.H.
- A. Porr Aktiengesellschaft

Die Abschnittslänge beträgt ca. 9 km, davon 3,7 km Tunnel. Insgesamt umfasst der Auftrag den Rohbau des Tunnels, den Bahnkörperunterbau, ein Flutmuldensystem, eine Grundwasserwanne, eine Deponie für den Ausbruch des Tunnels, 4 Eisenbahnüberführungen und eine Straßenüberführung.

Daten und Fakten Tunnel Eierberge

Der Tunnel Eierberge wird eine Länge von 3.756 m, eine lichte Höhe von 8,88 m und eine lichte Weite von 13,70 m haben. Die minimale Überdeckung beträgt 5 m, die maximale Überdeckung beträgt 70 m. Neben der Hauptröhre werden 3 Notausgänge realisiert, mit 381,5 m befahrbaren Stollen, 190 m begehbaren Stollen und 2 Schächten. Die gesamten Ausbruchsmassen betragen ca. 1 Mio. m³.

Bauablauf & Bauverfahren

Der Tunnel wird von Norden und aus einem 137 m langen Zwischenangriff nach Nord und Süd im Bergmännischen Vortrieb mit Sprengen und mittels Bagger aufgeföhren. Die Länge des Südtunnels beträgt 653 m, die Länge des Nordtunnels 2923 m.

Zum Zeitpunkt unserer Exkursion befand sich der Nordtunnel im Strossenvortrieb und die Kalotte des Südtunnels war zu ca. 40 % ausgebrochen.

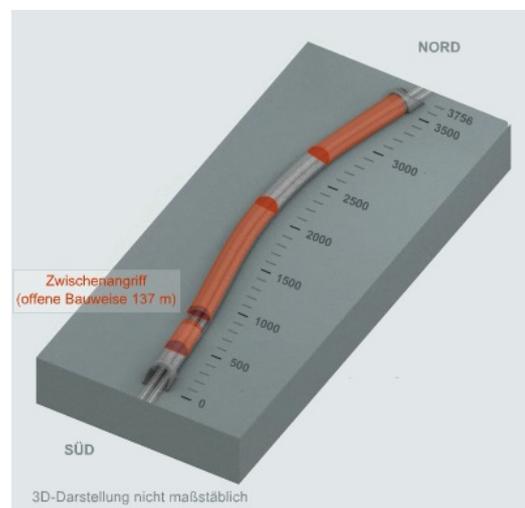


Abb. 5 Tunnelverlauf

Der Vortrieb erfolgt im Teilausbruchsystem. Zuerst der Kalottenvortrieb mit Sicherung (s.u.), danach baubetrieblich bedingt der halbseitige Strossen- und Sohlvortrieb mit Tunnelbagger, Fahr- und Radlader sowie LKW. Die Strosse folgt der Kalotte mit ca. 200 m Versatz, je nach Nachgiebigkeit des Gebirges. Die Sohle mit weiteren 100 m. Auf der Sohle wird anschließend für den weiteren Bauverlauf wieder eine temporäre Fahrbahn aufgeschüttet.

Ablauf Vortrieb Kalotte

Zuerst bohren der Sprenglöcher und besetzen an der Ortsbrust, mit 60 bis 75 kg Sprengstoff pro Abschlag. Danach Sprengen, wobei ein Mindestabstand von 200 m zur Sprengung eingehalten werden muss. Die Dauer von Bohren und Sprengen beträgt ca. 1h.

Nach dem Lüften über die Lutte erfolgt das Schuttern mit Radlader und LKW, welches erneut ca. 1h in Anspruch nimmt.

Das Sichern der Ortsbrust erfolgt zuerst mit einer dünnen Schicht Spritzbeton, dann Sicherung des Gewölbes mit Stahlmatten (Q188), Stahlgitterbögen, Radialankern (10 - 15 Stück), Spießen und Spritzbeton. Anzahl und Art der Sicherung hängt dabei von den Ausbruchklassen ab. Diese werden während des laufenden Betriebs festgestellt. Die dann jeweils vom Auftragnehmer vorgeschlagene Verankerung muss von der Bauüberwachung bestätigt werden. Die so hergestellte Außenschale mit einer Dicke von ca. 20-30 cm dient der Vorsicherung gegen Nachbrüche und der Aufnahme von Lasten aus Wasserdruck. Sie ist für die spätere Standsicherheit des Tunnels nicht notwendig.

Pro Abschlag wird so in etwa 5 Stunden ein Vortrieb von 1,3 m erreicht. Dies entspricht einer Geschwindigkeit von etwa 6,5 m/Tag.

Zum Zeitpunkt unserer Exkursion wurden am Nordeingang des Tunnels die Vorbereitungen für den Innenausbau getroffen. Dieser erfolgt ausschließlich von Norden nach Süden, da sich im Norden die baustelleneigene Betonmischanlage, mit einer Leistung von ca. 80-100 m³/h, befindet. Für den Innenausbau wird zuerst die Sohle des Tunnels in Blöcken zu je 12,5 m und im Nachhinein das 45-80 cm dicke Gewölbe betoniert. Im Nordeinschnitt war der Schalwagen für die Sohle aufgebaut, welcher 4 Blöcke überspannt, um im vorderen Teil das Vorbereiten des Betonierens zu ermöglichen, während die zuerst betonierten Blöcke aushärten können. Beim Bau des Gewölbes wird zuerst eine dünne Schicht Spritzbeton aufgebracht. Auf diesen wird ein Vlies angebracht, welches die darauffolgende Dichtungsschicht schützt. Die Dichtungsschicht hat eine sehr empfindliche Oberfläche, auf welcher sich Kratzer schwarz abzeichnen, um eventuelle Schäden an dieser Schicht besser erkennen zu können. Auf die Abdichtung wird dann das letztendlich tragende Gewölbe betoniert.

Anfallendes Gestein

Bei dem anfallenden Gestein beim Tunnel Eierberge handelt es sich um Lias delta, einem wasserempfindlichen Kalkstein/Mergelstein und Lias epsilon, einem Tonstein/Mergelstein. In Abschnitten mit Deckelbauweise tritt lockerer Hanglehm, mit 1-4 m Überdeckung, auf. Der Hanglehm aus dem Zwischenangriff und dem Einschnitt Nord wurde vergütet und als Dammbaumaterial verwendet. Dieser wird bis zu 6 m aufgeschüttet und umfasst auch eine kapillarbrechende Schicht aus grobkörnigem Material.

Die restlichen Ausbruchmassen werden baustellennah auf der Deponie Eierberge untergebracht. Dabei wird das Gestein in 60 cm dicken Schichten aufgeschüttet und

mit Walzen verdichtet, wobei auf eine landschaftsnahe Modellierung geachtet wird. Um bei den großen Materialmassen die Beeinträchtigung der Anwohner möglichst gering zu halten, werden ca. 95 % des Massentransports über Baustraßen abgewickelt.



Abb. 6 Zu Probezwecken angebrachte Abdichtung



Abb. 7 Sohschalwagen

15.06.2011

„Mittlerer Ring“ – München

Vaios Diamantakis & Leander Flemming

Am 15. Juni haben wir uns morgens von Bamberg auf den Weg nach München gemacht. Nach einer Autobahnfahrt kamen wir um 10:30 Uhr in München am Luise-Kieselbach-Platz an, wo wir von Herrn Wecker, von der Bauer AG, empfangen wurden. Die Baustelle „Tunnel Luise-Kieselbach-Platz“ ist Teil eines großen Ausbauprojektes des Mittleren Rings in München. Der Mittlere Ring ist ein Ringverteiler im Kern von München, der die wichtigen Autobahnen um München miteinander verbindet. Da dieser eine tragende Rolle im An- und Abreiseverkehr nach München spielt, ist es unumgänglich den Ausbau und die Tieferlegung der Straße bei rollendem Verkehr durchzuführen. Hierfür ist eine ARGE aus „Wayss & Freytag“, „Berger Bau“ und „Bauer Spezialtiefbau“ zuständig.



Abb. 8 Baustelle Mittlerer Ring

Weitere Fakten:

- Baubeginn August 2009
- Geplante Eröffnung Mitte 2015
- Kosten ca. 400 Millionen Euro
- Länge ca. 2,8 km
- offene Deckelbauweise mit ca. 7500 Bohrpfehlen
- ca. 7 m unter Geländeoberkante



Abb. 9 Überschnittene Bohrpfehlwand

Zunächst hielt Herr Wecker im Info-Container einen Einführungsvortrag. In diesem erläuterte er anhand von anschaulichen Grafiken die Prinzipien der Deckelbauweise inklusive der verschiedenen Phasen der anspruchsvollen Verkehrsführung während der Bauzeit. Diese Baustelle selbst weist einige nennenswerte, nicht alltägliche Besonderheiten auf. Zunächst wäre da der generelle Einsatz und die große Anzahl, der teilweise auch unüblich stark überschnittenen Bohrpfähle. Teilweise blieben nur wenige der Primärpfähle stehen, da der erforderliche



Abb. 10 Ankerbohrgerät

Bewehrungsanteil sehr eng aneinander stehende Sekundärpfähle erforderte. Dies ist auf einen Wunsch der Stadt München zurück zu führen, die einen Stadttunnel mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand ausgeschrieben hatte. Aus wirtschaftlicher Sicht wäre vermutlich ein anderes Bauverfahren optimaler, aber man wollte ein stabiles und monumentales Bauwerk mit einer langen Lebensdauer schaffen. Ein geändertes Bauverfahren hätte zudem das bereits sehr lang bestehende Planfeststellungsverfahren aufgehoben und ein neues erfordert. Dies hätte wiederum zu einer ungewünschten Verschiebung des gesamten Projekts geführt. Ebenso interessant ist die Ausführung einer unterirdischen Kreuzung zweier Straßen, da hierfür zwei Tunnelröhren überlagert hergestellt werden müssen.



Abb. 11 Bohrgerät

Anschließend an den Vortrag folgte ein kurzer Rundgang über die Baustelle. Leider konnte man zunächst nicht viel beobachten, da gerade Mittagspause war und niemand arbeitete. Für diesen Tag war eine Verkehrsumlegung geplant. So konnten wir einen frisch fertiggestellten und markierten Fahrbahnbereich, der auf einem wieder geschlossenen Kasten aufliegt, betrachten. Besonderes Aufsehen hat die Tatsache erregt, dass bei allen Betonpfählen im Nachgang das überstehende Material von Hand abgestemmt wird. Trotz der großen Anzahl von Bohrpfählen wäre laut Herr Wecker der Einsatz einer Abstemmmaschine unwirtschaftlich. Dann endete der offizielle Besuch der Baustelle.



Nach dem Mittagessen machte sich unsere Gruppe nochmal auf den Weg zur Baustelle um die großen Geräte als Zaungäste in Aktion zu sehen. Dabei konnte sowohl die Herstellung von Ankern als auch von verrohrten Bohrpfählen im Detail und Schritt für Schritt beobachtet werden. Am beeindruckendsten war die Arbeit des “Bauer BG-40” Pfahlbohrers, einer der Größten im deutschen Einsatz.

Abb. 12 Mäkler

16.06.2011

TIWAG Kaunertal

Rebecca Schropp & Stefanie Grün

Lageplan

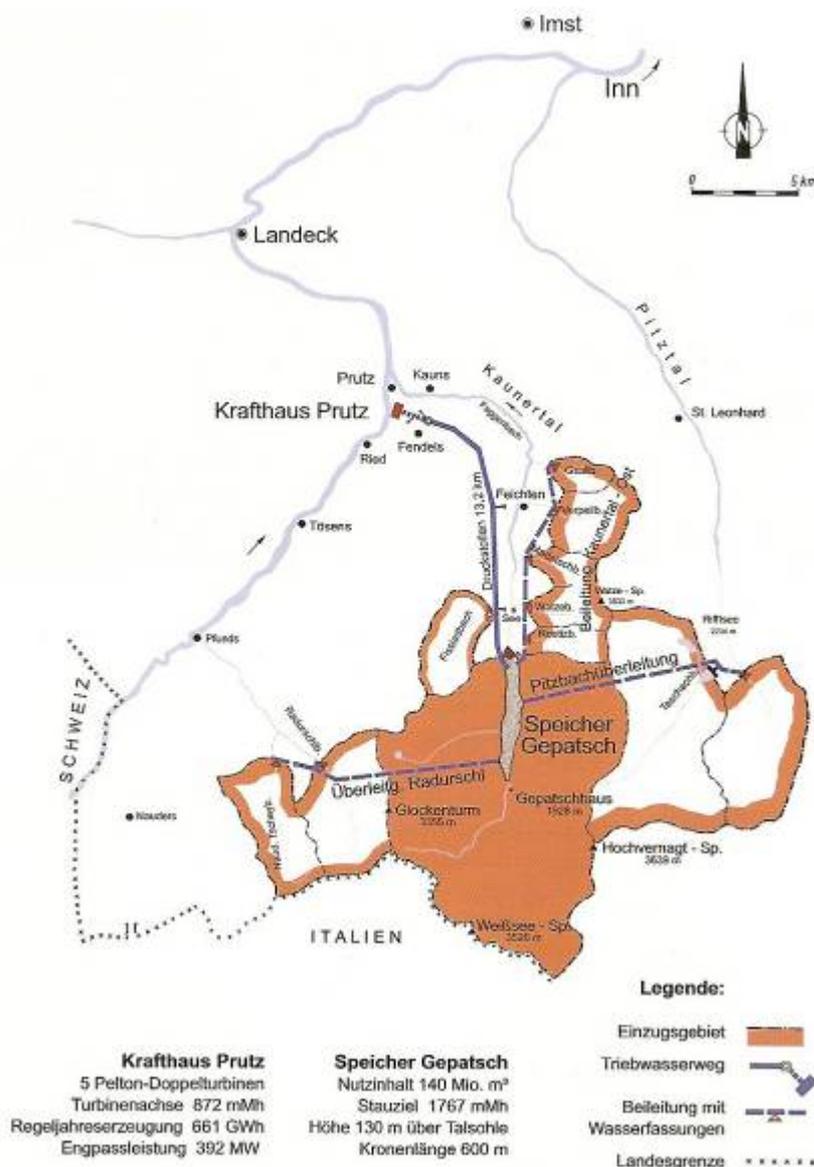


Abb. 13 Lageplan des Kraftwerks Kaunertal,
Quelle: Infobroschüre „Das Kraftwerk Kaunertal“ der TIWAG

Kurze Beschreibung TIWAG

Die Tiroler Wasserkraft AG besteht seit 1924 und ist für die Tiroler Landesenergieversorgung zuständig.

Der Bau für das Kraftwerk Kaunertal wurde 1961 begonnen. 1965 wurde es erstmals in Betrieb genommen. Das Einzugsgebiet umfasst 280 km². Dabei vergrößern die Überleitungen aus dem Kauner-, Radurschl- und Pitztal das natürliche Einzugsgebiet. Die Überleitungsfassungen liegen auf einer Höhe von etwa 1800 m

NN. Sie verlaufen mit einem geringen Gefälle quer durch den Berg. Ihr Durchmesser beträgt 2-3 m und meist handelt es sich um gesprengten Fels, der an den schwachen Stellen zur Unterstützung ausbetoniert wurde.

In Planung befinden sich eine zusätzliche Überleitung aus dem Ötztal und ein Oberbecken für ein Pumpspeicherkraftwerk.

Beschreibung Kraftwerk Kaunertal/Speichersee Gepatsch

Mit einem Fassungsvermögen von 140 Mio. m³ ist der Speichersee Gepatsch das Herzstück der Anlage. Das für die Energieerzeugung benötigte Wasser fließt vom Speichersee über einen Druckstollen zu einem Wasserschloss. Dieses dient dazu, Wasserdruckstöße auszugleichen, da dort nachströmendes Wasser ansteigen kann und so eine große Druckbelastung in den Rohren verhindert wird. Von dort wird das Triebwasser durch den Druckschacht zur Verteilerrohrleitung im Kraftwerk geführt. Die Verteilerrohrleitung ist auf einen Gleitsockel montiert, um auftretende Druckstöße zu kompensieren. Bei einer Stollenentleerung bewegt sich das Verteilerrohr ca. 15 cm Richtung Berg, bei Füllung verläuft dieser Prozess umgekehrt. Zu beachten ist, dass keine Setzungen und keine Temperaturschwankungen auftreten, da sonst Spannungen im Stahl entstehen.

Das Kraftwerk selbst wird durch fünf Maschinen betrieben. Diese bestehen aus einer Pelton-Doppelturbine mit zwei Düsen und einem Generator, der auch als Motor eingesetzt werden kann. Bei diesen Maschinen ist ein schnelles Zu- und Abschalten der maximalen Leistung (84 MW) möglich. Der maximale Durchfluss beträgt 2 x 5,4 m³ pro Sekunde. Bei Stromversorgungsausfall springen die Eigenbedarfsgeneratoren ein.

Das abgearbeitete Wasser fließt durch einen im Kraftwerksbereich durch Spundwände eingefassten Kanal in den Inn zurück. Bei Volllast kommt es zu einem kräftigen Schwall, der große Wasserspiegelschwankungen verursacht. Mit einem Schwallausgleichsbecken kann man diesem entgegen wirken.

Beschreibung Speichersee Gepatsch/Sondierstollen

Die Leistung des Kraftwerks ist vom Speichervolumen abhängig. Im Spätherbst ist der Speicher voll ausgelastet und erreicht durch die Schneeschmelze seine Stabilität. Von Januar bis April ist ein Einfrieren des Sees möglich, was aber keinen Einfluss auf den Betrieb hat. Im Frühling kann der Stausee als Hochwasserrückhaltebecken dienen.

Um der Sedimentation im Speichersee vorzubeugen, werden im Fassungsbereich der Überleitungen Entsanderkammern vorgeschaltet. Nachdem das Wasser in die Kammer eingelaufen ist, wird diese geschlossen und das Geschiebe lagert sich ab. Es kann dann durch Spülschütze zurück ins Bachbett gespült werden. Dadurch sind im Speicher selbst Geschiebeablagerungen unproblematisch.

Der Stauraum befindet sich im Paragneis. Dabei handelt es sich um ein rötliches, verwittertes Sedimentationsgestein mit Schieferung. Durch fehlende Auflast aus der Eiszeit kommt es zu Nachböschungsprozessen. Dieses langsame Kriechen führt zu Talzuschüben, die bereichsabhängig stattfinden. Im hinteren Bereich wenige mm/Jahr und im oberen Bereich einige cm/Woche.

Um die Bewegungen im Auge zu behalten, sind geodätische Messungen notwendig. Für sofortige Vermessungen setzt man Servo-Theodoliten ein, die stündlich einmessen und bei Grenzüberschreitungen warnen. Für genauere Messungen dient der Sondierstollen.

Beschreibung Sondierstollen

Als geologische Begebenheiten findet man ein Ost-West-Streichen mit starker Faltung und zum Teil steilem Einfallen vor.

Neben dem Paragneis existiert in diesem Gebiet außerdem der Orthogneis, ein massives, kompetentes amorphes Gestein, entstanden durch Metamorphose.

Die Lage des Sondierstollens wird mit Laserscans und Nivellementmessungen festgelegt. Da diese Verfahren nur die Oberfläche erfassen, werden die Erkenntnisse durch ca. 4 Bohrungen ergänzt. Somit erhält man eine Grundidee der Geometrie.

Das Portal des Stollens befindet sich in einem Bereich, der die Baustelleneinrichtung ermöglicht, dazu gehört unter anderem die Gewässerschutzanlage, in der das durch Spritzbeton verschmutzte Wasser aus dem Stollen vorgereinigt wird. Dies erforderte eine Straßenverbreiterung. Auf Grund von Vorschriften muss diese Maßnahme nach Fertigstellung des Stollens wieder rückgebaut werden.

Der Voreinschnitt wird mit Spritzbeton und Ankern gesichert. Für die Frischluftversorgung im Stollen sorgt die Bewetterung.



Abb. 14 Eingang Sondierstollen (mit Bewetterung)

Der Stollenvortrieb erfolgt im konventionellen Tunnelbau. Es wird das Verfahren der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise angewendet. Hierbei handelt es sich um ein der Geologie anpassungsfähiges Verfahren, das das Gebirge als wesentliches tragendes Bauteil ansieht und seine Wechselwirkung mit der Sicherung und dem Verbau stärker berücksichtigt. Dabei werden in gewissen Grenzen Verformungen zugelassen, um ungünstige Spannungszustände zu vermeiden. Im Voraus werden die Vortriebsklassen und Abschlagslängen an der Ortsbrust festgelegt.

Der Minimalquerschnitt des Tunnels beträgt $12,3 \text{ m}^2$.

Die ersten 60m des Sondierstollens liegen in Lockergestein, das aus einem weit gestuften, überkonsolidierten Moränenmaterial besteht. Da dieser Abschnitt nicht ausreichend standsicher ist, wird hier mit Stahlmatten, Gitterträgern, Spritzbeton und Ankern gesichert.

Die hierfür notwendigen Arbeitsschritte umfassen:

- gegebenenfalls Sichern der Ortsbrust
- Sichern gegen herausfallende Blöcke mit Spritzbeton
- Außenliegende Baustahlmatte einbringen
- Einbau der Gitterträger
- 1. Lage Spritzbeton
- Ankerung
 - ⇒ Nächster Abschlag wie vorher
- Nachhängend 2. Baustahlmatte innen einbauen
- Innen liegender Spritzbeton

Nach ausreichender Entfernung vom Portal aus, geht der Querschlag ab. Dort beginnt eine Störungszone, die viel Wasser liefert und somit für den Tunnelbau ein Problem darstellt.

Überwiegend ist das Gebirge im Querschlag selbsttragend und bedarf nur einer Sicherung durch Spritzbeton gegen Steinschlag.

Beschreibung Steinschüttdamm

Der Gepatschspeicher wird durch einen Steinschüttdamm eingestaut. Eine alternative Möglichkeit dazu wäre eine massive Konstruktion aus Stahlbeton gewesen. Die TIWAG hat sich in diesem Fall für einen Steinschüttdamm entschieden, da das Material aus einem nahe gelegenen Steinbruch gewonnen werden konnte, er pflegeleichter und sein Verformungsverhalten gutmütiger als das einer Mauer ist, er sich gut ins Landschaftsbild einfügt und der Durchgangsverkehr mit Betonmischern vermieden werden konnte.



Abb. 15 Steinschüttdamm Speicher Gepatsch

Der Speicher besitzt drei Auslässe, dazu gehören der Grundablassstollen mit einer Schiebekammer, zwei Triebwasserstollen und eine Hochwasserentleerung mit Einlasstulpe. Die Dammkrone mit einem Wellenbrecher hat eine Länge von 600m und befindet sich bis zu 153 m über dem Felshorizont. Das Schüttvolumen des gesamten Dammes beträgt 7,1 Mio m³.

Bei dem Dammbauwerk handelt es sich um einen Dreizonendamm mit zentralem Dichtungskern.

Die mineralische Erdkerndichtung besteht aus verwittertem Hangschutt, der aus dem Aushub des Beckens gewonnen wurde. Die Durchlässigkeit wird einerseits gering gehalten durch viele plastische Feinteile und andererseits durch eine Bentonitvergütung. Beim Bau des Erdkerns musste mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, da die innere Erosion dort vorwiegend angreift. Das Material wurde in 2 m mächtigen Schichten eingebracht und verdichtet. Zusätzlich wurden die Klüfte im Felsuntergrund durch Injektionen geschlossen. So entstand ein Dichtungsschirm, der entlang des Kerns verläuft.

Die Übergangszone aus sandigem Kies stellt das Verbindungsstück zwischen dem Kern und dem Stützkörper dar.

Letzterer setzt sich aus Rockfill – einer Steinschüttung aus gebrochenem Fels – zusammen. Er wirkt als Drain. Heute würde man wahrscheinlich eine zusätzliche Drainzone einbauen, um das Risiko eines Dammbrechens weiter zu verringern. Doch auch ohne diese Maßnahme ist die Standsicherheit mit ausreichender Sicherheit gewährleistet, da der Kern so durchlässig ist, dass die Sickerlinie nicht dort austritt, wo Gefahr besteht.

Es ist besonders wichtig, bei der Wahl der Materialien darauf zu achten, dass die Filterstabilität zwischen den einzelnen Bereichen gewährleistet ist.

Da Dämme mit ihrem Untergrund als Wirkungseinheit zu betrachten sind, benötigt man für die Gründung des Dammes eine geeignete Basis. Beim Gepatschspeicher hat man einen sauberen Fels in Form eines gewachsenen Bodens vorgefunden. Wie bereits oben erwähnt, werden die Klüfte mit Injektionen abgedichtet. Die Einschätzung der Eignung des Untergrunds ist wesentlich problematischer als die des Schüttmaterials, denn der E-Modul und die Scherfestigkeit müssen abgeschätzt werden, wohingegen man für das Schüttmaterial Triaxialversuche im Labor durchführen kann.

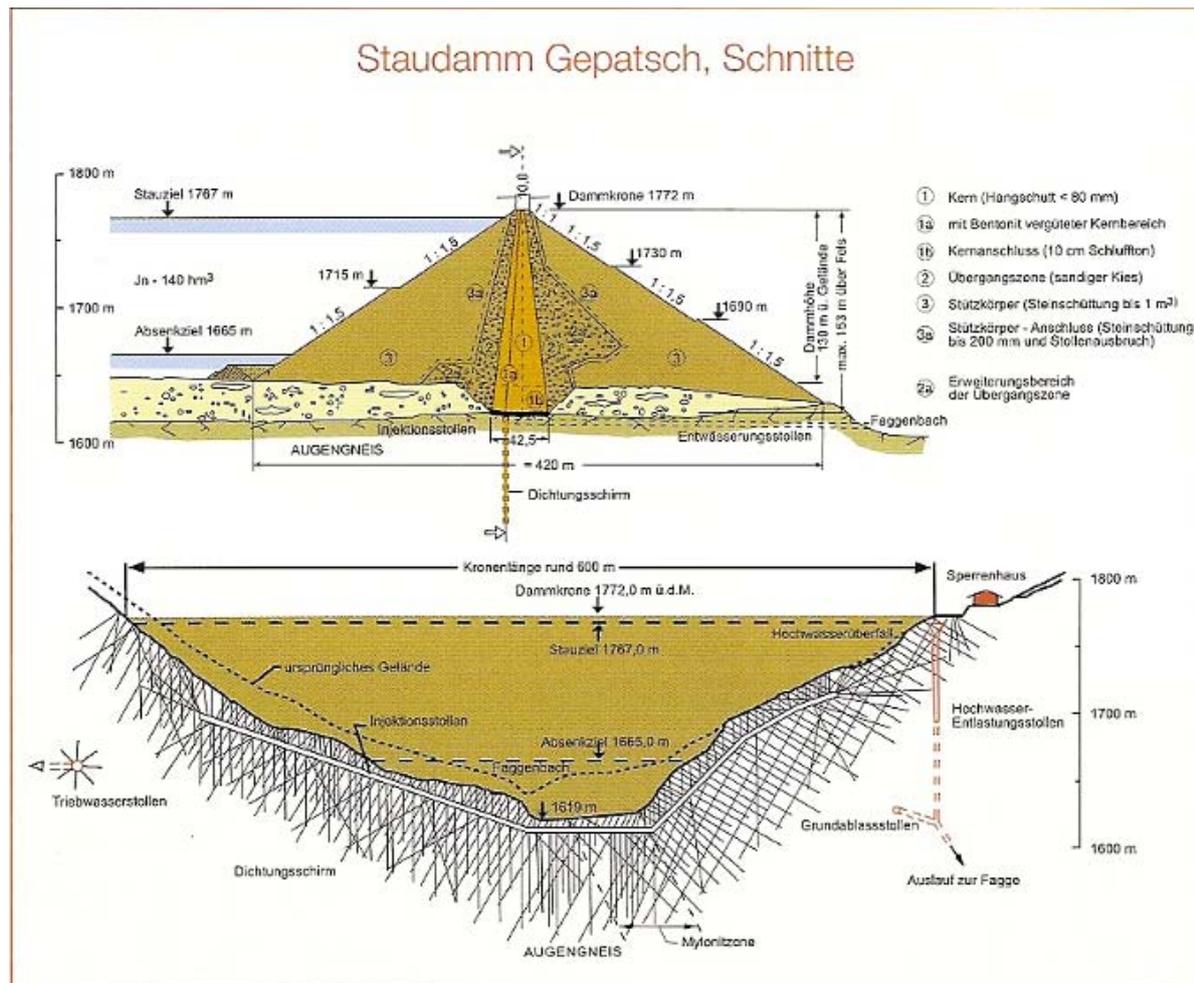


Abb. 16 Staudamm Gepatsch Schnitt
 Quelle: Infobroschüre „Das Kraftwerk Kaunertal“ der TIWAG

Beim Bau kam es zu einer Kronensetzung von ca. 3 m, in der Mitte des Dammes sogar zu Setzungen bis zu 5 m. Diese Differenzen wurden durch Überschüttungen wieder ausgeglichen. Nach langjährigem Betrieb liegen die Setzungen nur noch im Millimeterbereich und sind somit unkritisch.

Beschreibung Kontrollstollen

Der Kontrollstollen befindet sich im Felsuntergrund direkt unter dem Dichtungskern. Der Vorteil dabei ist, dass der Fels und das Anschlussbauwerk in etwa die gleichen Verformungen und Spannungen erfahren. Läge das Kontrollbauwerk oberhalb der Felsschicht, fände eine Spannungskonzentration statt, weil das Schüttgut setzungsanfälliger als der starre Stollen ist. Auch hier fand wieder eine Untergrundabdichtung statt, da eine Untersickerung des Stollens verhindert werden musste. Der Injektionsschleier reicht bis in eine Tiefe, die zwei Drittel der Dammhöhe beträgt.

Die Hauptfunktion des Stollens besteht darin, das Sickerwasser zu beobachten und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen. Die Beobachtung des Sickerwassers erfolgt durch Schwimmer und ein Thomson-Wehr. Bei diesem Wehrtyp wird die Wassermenge durch eine feste Formel für den Abfluss ermittelt. Beim Staudamm Gepatsch gibt es nur wenig Sickerwasser, ca. 7 Liter pro Sekunde. Zudem nimmt die Menge über die Jahre hinweg ab, da in den Öffnungen Ablagerungen stattfinden.



Abb. 17 Messeinrichtung für die Relativverformung der Dammkrone

Im Kern befindet sich ein Drainagebohrloch, das mit Manometern versehen ist und für die ständige Kontrolle dient. Das Manometer sollte nur einen geringen Druck anzeigen, da der Abfluss möglichst drucklos stattfinden soll. Der Grundabfluss erfolgt über den Entwässerungsstollen. Der Entwässerungsstollen befindet sich ebenfalls im Felshorizont, der an dieser Stelle selbsttragend ist und keiner Sicherung bedarf.

Außerdem können der Porenwasserdruck und der Erddruck, der mittels Druckmessdosen gemessen wird, in einem Messraum abgelesen werden. Desweiteren wird auch noch die Relativverformung der Dammkrone ermittelt. Dies geschieht über eine starre Stange in einem

Bohrloch, die oben einbetoniert und unten frei ist. Unten kann dann die horizontale Bewegung der Dammkrone abgelesen werden.

Wir bedanken uns im Namen aller Teilnehmer der Exkursion bei Herrn Harald Lobenwein für die informative Führung im Kraftwerk. Unser besonderer Dank geht an Dr. Ing. Sebastian Perzmaier, der sich viel Zeit für uns genommen hat und mit seiner ausführlichen und kompetenten Führung unser Wissen vergrößern konnte.

17.06.2011

Talsperre Solis

Yannick Müller & Julian Machinek

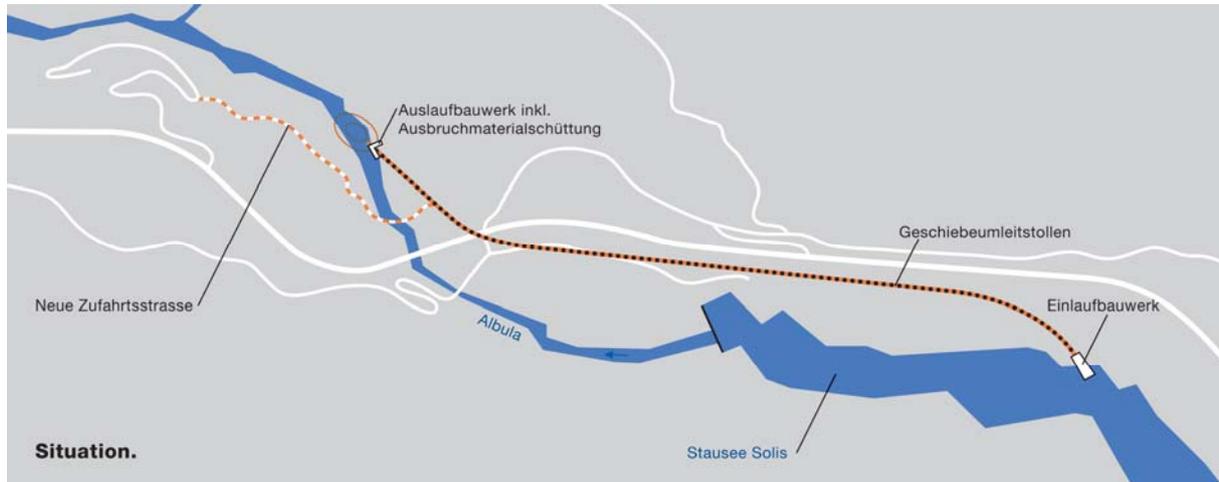


Abb. 18 Situation

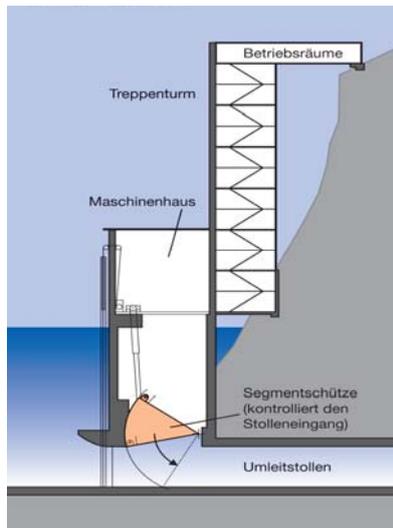


Abb. 19 Einlaufbauwerk

Am Freitag den 17.07. wurden wir von den Herren Dipl.-Ing. Thomas Marty (Bauherrenseite ewz) und Dr.-Ing. Alexander Schleith (Oberbauing. Strabag/Züblin, Zentrale Technik) auf der Baustelle bei Solis empfangen und erhielten sogleich eine kleine Einführung zur Problematik dieses Projektes.

Der Stausee Solis ist Teil eines Speicherkraftwerks der Züricher E-Werke (ewz), der mit knapp 3 km Länge bei Inbetriebnahme 1986 ca. 4.100.000 m³ Gesamtvolumen fasste. Jedoch bemerkte man ein kontinuierlich abnehmendes Nutzvolumen infolge von Sedimenten, die der Fluss Albula mit ca. 100.000 m³ jährlich einträgt. Ein geringer Anteil hier von, ca. 25.000 m³, werden durch das ansässige Kieswerk wieder entnommen. So nahm das Nutzvolumen bis heute von 1,46 Mio. m³ auf

1 Mio. m³ ab. Ein weiterer negativer Effekt der Ablagerungen ist die fortschreitende Verlandung der Grundablässe der Staumauer, was zu Komplikationen

bei Hochwasser führen kann. Neben den Folgen für den Kraftwerkbetrieb am Standort Solis werden auch weitere Standorte, wie z.B. das flussaufwärts liegende Tiefencastel beeinflusst.

Um dem entgegen zu wirken wurden 3 verschiedene Lösungsansätze erarbeitet:

1. Variante: Ausspülen der Sedimente durch die vorhandenen Grundablässe.
⇒ Folgen hierbei sind starke Abrasionen und evtl. Verstopfen der Ablässe.
2. Variante: Abtragung mittels Saugbaggereinsatz
⇒ Probleme sind die fehlende Nachhaltigkeit, sowie hohe Kosten durch Deponiegebühren, da das anfallende Material per Definition bei der Entnahme zu Abfall wird.
3. Variante: Bau eines Geschiebeumleitstollen
⇒ Umgesetzte Lösung, da am nachhaltigsten.

Funktionsprinzip des Umleitstollens

Ziel dieser Maßnahme ist es, dass Fortschreiten der Verlandung zu stoppen. Hierzu wird kurz vor einem Hochwasserereignis der Wasserstand im See so abgesenkt, dass der Verlandungskörper frei liegt. Dies führt dazu, dass das Material mit dem Hochwasser mitgerissen und in druckfreiem Abfluss durch den Stollen transportiert wird und hinter der Mauer wieder dem Fluss zugeführt wird. Bei Normalbetrieb ist das Einlaufbauwerk geschlossen und der Umleitstollen liegt trocken, kann also gewartet werden.

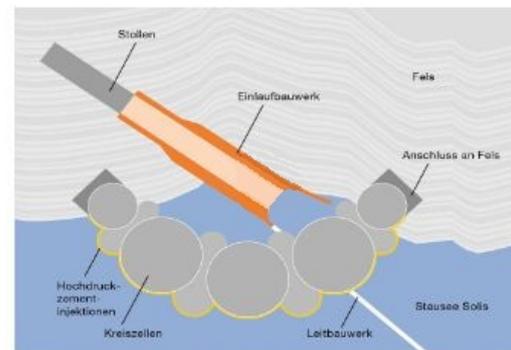


Abb. 20 Skizzen Umleitstollen

Fakten zum Umleitstollen:

- Länge: 850 m, Gefälle 1,8 %
- Herstellung im Sprengvortrieb
- Höhe: 4,68 m, Breite: 4,40 m
- Bauzeit: Juli 2010 – Mitte 2012
- Kosten 38,4 Mio. CHF ≈ 32 Mio. EUR
- Stahlfaserbewehrter Beton (120 N/mm^2) -> Haltbarkeit 10 a
- Ausbaupazität: $170 \text{ m}^3/\text{s}$

Der Kreiszellenfangedamm

Damit der Betrieb des Stausee während den Bauarbeiten möglichst wenig beeinflusst wird, wurde als Baugrubenumschließung ein Kreiszellenfangedamm gewählt, der an den Flanken in die natürliche Felsböschung anschließt und Platz für die Arbeiten an Einlaufbauwerk und Tunnelportal (Zielgrube des Bergmännisch aufgefahrenen Stollens) lässt.

Der Damm besteht aus 5 Kreiszellen und 4 Zwickelzellen. Dabei werden die einzelnen Zellen aus 30 m langen Flachprofilen mithilfe einer Schablone hergestellt und positioniert. Da die einzelnen Bohlen zwar eine hohe Zugfestigkeit aufweisen, aber nicht sehr biegesteif sind, musste der Ring zunächst an den Bohlen geschlossen aufgestellt werden und erst anschließend Stückweise eingerammt werden. Dies wurde durch stückweises Einrammen von Strecken von 0,5 bis 2 m pro Bohle realisiert. Der so entstandene Ring wurde mit Stollenausbruchmaterial befüllt und verdichtet. Der Fangedamm als Ganzes wirkt also wie ein Gewölbe, das seine Kräfte in den Fels abträgt. Dazu waren Durchmesser der Zellen von bis zu 14 m nötig, um die Kräfte aus 20 m Wassersäule zu übertragen. Zur zusätzlichen Abdichtung der Sohle wurde seeseitig ein Schleier aus Hochdruckzementinjektionen hergestellt. Die Zellwände an und für sich sind aufgrund der hohen Zugkräfte in den Schössern wasserdicht.

Die Lösung mit dem Kreiszellenfangedamm war ein Nebenangebot der STRABAG AG. Gegenüber der ursprünglichen Lösung, hatte das Nebenangebot die Vorteile, ohne Steifen und ohne Unterwasserbetonsohle auszukommen. Außerdem konnten die Bohlen für den Bau des Leitbauwerkes wiederverwendet werden.

Probleme bereiten allerdings die großen Tiefen (bis 30 m) der biegeweichen Bohlen (s.o.) beim Einbau und der relativ steil anstehende Felshorizont. Eine kurze Betriebsdauer und eine gründliche Bauüberwachung gleichen diese Probleme jedoch aus.

Die Überwachung des Systems bezüglich der Durchströmung besteht aus Pegelrohren, die mit einem Lichtlot vermessen werden. Horizontalverformungen im Damm werden an 3 Stellen per Inklinometer bestimmt und zusätzlich sind zahlreiche optische Messpunkte an Mauer, Felsböschung und Tunnelportal installiert.

Fazit: Die angestrebte Lösung greift während der Bauzeit kaum in den Betrieb der Stauanlage ein, ist dabei nachhaltig und physikalisch durchdacht. Der Fangedamm als Baubehelf spielt hierbei eine wesentliche Rolle, ist vom Aufbau her simpel und somit schneller und einfacher zu montieren als das ursprüngliche System. Die Baustelle ist sehr zugänglich trotz brisanter Lage und war uns im Rahmen der Besichtigung frei begehbar.

Vielen Dank für Vortrag, Führung, Speis und Trank!



Abb. 21 Kreiszellenfangedamm

Quelle Bilder: www.stadt-zuerich.ch/content/ewz/de/index.html

17.06.2011

Roche Tower, Basel

Christian Kelleter, Alexandra Mrzigod



Abb. 22 Geplantes Bürogebäude "Bau 1"

Unsere letzte Besichtigung führte uns nach Basel zum höchsten geplanten Bauwerk der Schweiz, dem Roche Tower. Das Bürohochhaus „Bau 1“ (Abb. 22) bestehend aus 41 Stockwerken und einer Höhe von 178 m soll zukünftig rund 2000 Arbeitsplätze zusammenfassen.

Die Bilfinger Berger Spezialtiefbau GmbH erhielt den Auftrag zur Erstellung der 22 m tiefen Baugrube mit einer Umschließung durch eine überschnittene Bohrpfahlwand und einer kombinierten Pfahl-Platten-Gründung. Der Bauleiter Dipl.-Ing. Jörg Heiland erklärte uns anhand der Pläne und einer Begehung der Baustelle die Vorgehensweisen und Spezialverfahren.

Im März 2011 begannen die Arbeiten mit dem Abbruch des kleinen zuvor bestehenden Gebäudes wobei die Grenzwerte für die niedrigen zulässigen Erschütterungen aufgrund angrenzender Laboratorien eingehalten werden mussten. Ebenso sind die Setzungsvorgaben von 2 cm und die Neigungen von 1 % von den angrenzenden Gebäuden einzuhalten. Hierzu werden diese durchgehend online überwacht.



Abb. 24 Bohrschablone



Abb. 23 Bohrgeräte bei der Herstellung der Bohrpfahlwand

Die Pfähle der überschnittene Bohrpfahlwand werden mit Hilfe einer Bohrschablone (Abb. 23) und zwei Bohrgeräten BG 40 hergestellt (Abb.24).

Sie haben einen Durchmesser von 1,2 m und besitzen eine Tiefe von 25 m für die Primärpfähle bzw. 32 m für die Sekundärpfähle (Abb. 25). Dabei werden die Sekundärpfähle mit einem Überschnitt von 20 cm hergestellt und bewehrt.



Abb. 25 Fertiggestellte Bohrfahlwand mit Anker

Eine Besonderheit stellen hier die 600 Ausbauanker in 4 Lagen zur Rückverankerung der Bohrfahlwand dar.

Für den Einbau wird zunächst eine 35 m lange Verrohrung (Abb. 26 und Abb. 27) erstellt worin die Litzen (Abb. 27) zur Kontrolle mit einer Abwicklungsrolle, die hydraulisch gebremst wird, eingelassen werden. Beim Ziehen des Bohrrohrs werden die letzten 8 m mit Zement verpresst und bilden den sogenannten Verpresskörper.



Abb. 26 Ankerherstellung



Abb. 27 Verrohrungsmagazin (Mitte)
Ankerlitzen (links und rechts)

Nach Erstellung der Bodenplatte und der ersten Decken werden die Anker sukzessiv ausgebaut. Dabei wird auf ein spezielles Verfahren mit Induktionsspule zurückgegriffen. Dazu ist der Ankerkopf und das Ende des freien Zuggliedes mit einem Kabel verbunden. Die Spule wird auf 800°C erhitzt wodurch der Stahl seine Tragfähigkeit verliert. Dadurch wird ein plötzliches Reißen hervorgerufen und der Anker verlässt unkontrolliert das Ankerloch. Dabei muss besonders die Arbeitssicherheit beachtet werden.

Eine Besonderheit in den oberen Bodenschichten stellen die Flutbänke dar. Aufgrund dessen ist eine individuelle Überprüfung der Ankerneigung erforderlich, da das harte Gestein horizontale Abweichungen hervorrufen kann. Damit entstünden

Traglastverluste. Ebenfalls bereiten sie Probleme beim Ziehen der Verrohrung und erfordert größere Geräte zur Bewältigung dieses Arbeitsschrittes. Der grobporige Niederterrassenschotter ist sehr wasser- und zementaufnahmefähig, wodurch ein hoher Zementverbrauch zu verzeichnen ist. Durch die vorhandenen Bodenverhältnisse in den unteren Schichten, die eine wasserundurchlässige Schicht aufweisen ist kein Unterwasserbeton notwendig.

Die Gründungspfähle haben eine Tiefe von 19,6 m wovon die ersten 12 m nur Leerbohrungen sind. Diese 12 m sind nötig, da man sonst nach Fertigstellung der Arbeiten die über 160 t schweren Bohrgeräte nicht aus der beengten Baugrube entfernen könnte (Abb.28). Die große Fallhöhe bei der Betonage erfordert eine hohe Betongüte, da ansonsten die Gefahr der Durchmischung besteht. Mit dem sogenannten Überbeton von 0,5 – 3,0 m wird diesem Effekt entgegengewirkt. Der restliche Pfahl wird aufgrund der beengten Platzverhältnisse vom Rand der Baugrube mit Hilfe einer Betonpumpe betoniert. Der 46 m lange Ausleger wird den Anforderungen hinreichend gerecht (Abb.29). Das obere Volumen wird im Anschluss an die Pfahlbetonage mit Kies oder Schotter verfüllt.



Abb. 29 Baugrube mit Bohrrohren und Bewehrungskörben



Abb. 28 Ausleger der Betonpumpe

Nach dem weiteren Aushub werden zunächst Löcher in den Überbeton gebohrt worin hydraulischen Pressen eingebracht werden, die zu einem Abplatzen des oberen Pfahlkopfes führen. Danach kann mit der Erstellung der Bodenplatte begonnen werden.

An dieser Stelle endete unsere Führung über das Baustellengelände des Roche Towers. Wir möchten uns sehr herzlich bei Herrn Heiland für die aufschlussreiche Führung und seine beanspruchte Zeit bedanken.

Bauherr: F. Hoffmann-La Roche AG

Architekt: Herzog & De Meuron

Ausführung: Bilfinger Berger Spezialtiefbau GmbH GSt Mannheim, SCHLEITH GmbH

Auftragsvolumen: 550 Millionen Franken (~ 450 Millionen €)

Bauzeit: 2011 – 2015

Quellen:

<http://www.roche.com/de/med-cor-2009-12-17.htm>

<http://www.spezialtiefbau.bilfinger.com/C125755F0037AA91/vwContentByKey/W28EBCRU286DEBB>
DE