

Vorwort

Fritz Gehbauer

Das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) deckt in Lehre und Forschung ein weites Spektrum verschiedener Bereiche des Bauwesens ab. Es beschäftigt sich neben den bauverfahrens- und baumaschinentechnischen Grundlagen des Bauens auch mit der Betriebswirtschaftslehre und dem Projekt- und Facility Management. Das TMB hat sich zur Aufgabe gemacht, den Studenten der Vertiefungsrichtung Baubetrieb dieses Spektrum in seiner Breite und Tiefe zu vermitteln. Aus diesem Grund werden im Rahmen des Vertieferlehrgangs Baubetrieb alljährlich auch verschiedene Exkursionen durchgeführt, wobei die Pfingstexkursion den Höhepunkt des jeweiligen Jahrgangs darstellt.

Die große Exkursion führte uns in diesem Jahr in der Pfingstwoche, vom 17. bis 20. Juni 2005, nach Moutier und Bodio in die Schweiz, Partenen in Österreich und abschließend nach Aichtal in Baden-Württemberg. Das Besichtigungsprogramm für 19 Studierende des Vertieferlehrgangs Baubetrieb setzte diesmal die Schwerpunkte auf den Tief- und Tunnelbau und das Baumanagement. Diese Punkte wurden durch die Besuche bei den Baustellen und dem Baumaschinenhersteller sehr anschaulich vermittelt. Dabei konnte die Theorie der Vorlesung mit praktischen Erfahrungen aus dem Alltag der Bauindustrie ergänzt werden. In Gesprächen vor Ort mit Projekt-, Bau- und Werkleitern konnten die Studierenden nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte erörtern, sondern es war ihnen auch möglich, darüber hinausgehende Einblicke in das soziale Arbeitsumfeld auf der Baustelle, in der Baufirma und in der Baumaschinenfabrik zu erhalten.

Eine Exkursion diesen Umfangs und dieser Qualität wäre allein durch die Mittel des Instituts und ohne die finanzielle Unterstützung von außen nicht durchführbar. Aus diesem Grund geht der herzliche Dank aller Exkursionsteilnehmer an folgende Firmen und Einzelpersonen, die durch Spenden für den größten Teil der Reisekosten aufgekommen sind:

Dipl.-Ing. Friedrich Stetzler, *Birkenfeld*
Herrenknecht AG, *Schwanau*
Ed. Züblin AG, *Stuttgart*
pro Lean Consulting AG, *Düsseldorf*
Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, *Karlsruhe*
Bilfinger Berger AG, *Mannheim*
Bilfinger Berger AG, *Freiburg*
Konrad Schweikert KG, *Bruchsal*
Ernst Grässer Druckerei, *Karlsruhe*

Neben den finanziellen Beiträgen erhielten wir vielfache organisatorische Hilfe bei der Vorbereitung und Durchführung der Besichtigungen. Dafür gilt unser Dank den folgenden Firmen, Behörden und Arbeitsgemeinschaften:

Marti AG, Groupment Tunnel de Moutier, *Moutier*
Dörfler Ingenieurbüro, *Pfinztal*
Alptransit Gotthard AG, *Luzern*
Gotthard Sud – TAT, *Bodio*
Voralberger Illwerke AG, *Schruns*
Putzmeister AG, *Aichtal*

Besonders möchten wir denjenigen Damen und Herren unseren herzlichen Dank aussprechen, die entweder durch ihre Organisation im Vorfeld und / oder durch ihre Betreuung vor Ort das Besuchsprogramm zum Erlebnis machten:

Herr Reber (Marti AG – Groupment Tunnel de Moutier)

Herr Dr. Dörfler (Dörfler Ingenieurbüro)

Herr Suter (Alptransit Gotthard AG)

Herr Tabet (Gotthard Sud – TAT)

Herr Schwarz, Herr Tschanhenz, Herr Wörle und Frau Bischof (Voralberger Illwerke AG)

Herr Dr. Benckert und Herr Hurr (Putzmeister AG)

Um auch den Studenten anderer Institute und Fakultäten das Studium des Bauingenieurwesens etwas näher zu bringen, haben wir, neben der Veröffentlichung dieses Exkursionsberichtes, auf unserer Instituts-Homepage informative Berichte für alle Studenten und Interessierten zugänglich gemacht. Alle Spender können daher sicher sein, dass ihr Betrag auch von dieser Seite her eine gute Anlage war. Insgesamt war die Veranstaltung wiederum ein Höhepunkt des Lehrbetriebes unserer Fakultät.

Neben der Pfingstexkursion wurden im Verlaufe des Vertiefenlehrgangs 2004/2005 zudem mehrere Tagesexkursionen zu folgenden Firmen und Baustellen durchgeführt:

Besichtigung des Rheinhafen- Dampfkraftwerkes, Karlsruhe (EnBW AG)

Besichtigung des Steinbruches Nußloch (HeidelbergCement AG)

Baustelle „Neckarbrücke A6“ (Straßenbauamt Heidelberg)

Baustelle „Blue Heaven“, Frankfurt a. M. (Bilfinger Berger AG ZN Rohbau Frankfurt)

Baustelle „Frankfurt Hoch Vier“, Frankfurt a. M. (MAB und Bilfinger Berger AG)

Baustelle „Fischtreppe Gamsheim“ und „Katzenbergtunnel“ (Ed. Züblin AG)

Für die hervorragende örtliche Betreuung auf den Tagesexkursionen sei folgenden Herren herzlich gedankt:

Herr Prof. Nußbaumer, Herr Petersen, Herr Schleith (Ed. Züblin AG)

Herr Dr. Böhmer

Herr Matz (Steinbruchs-Berufsgenossenschaft)

Herr Rottacher (HeidelbergCement AG)

Herr Osieja (Strassenbauamt Heidelberg)

Herr Nieder (Strassenbauamt Heidelberg)

Herr Staudacker (Strassenbauamt Heidelberg)

Herr Heinrich (Bilfinger Berger AG)

Herr Naamnih (Bilfinger Berger AG)

Herr Kessler (Bilfinger Berger AG)

Herr Janke (Bilfinger Berger AG)

Herr Schrecker (MAB)

Frau Mayer (Peakom)

Die Exkursionsziele



Die Teilnehmer



Institutsangehörige: Prof. Dr.-Ing. Fritz Gehbauer, M.S.
Dipl.-Ing. Jürgen Kirsch
Dipl.-Ing. Harald Schneider
Dipl.-Ing. Silke Gutzeit

Studenten:

Winkler	Sylvia	Jiang	Xiaobin
Grosser	Phillip	Kurz	Markus
Eckardt	Frank	Blöchle	Daniel
Beike	Joachim	Kalmbacher	Thomas
Beutelschieß	Jan	Makiyana	Clarissa
Schäfer	Peter	Volz	Roland
Grapper	Rafael	Heneka	Matthias
Lother	Simon	Scuissiato	Marcelo
Teles	Vinicius	Herz	Victor
		Yücesoy	Alican

Busfahrer: Hartmut Beier

Inhaltsverzeichnis

Dienstag, 17.05.2005

Tunnel Moutier / Marti AG 1

Mittwoch, 18.05.2005

Gotthard Basistunnel – Bodio 9

Gotthard Basistunnel – Faido 15

Donnerstag, 19.05.2005

Kopswerk I – Besuch des Kraftwerks / Gesamtanlage 20

Neubau des Kopswerks II 26

Freitag, 20.05.2005

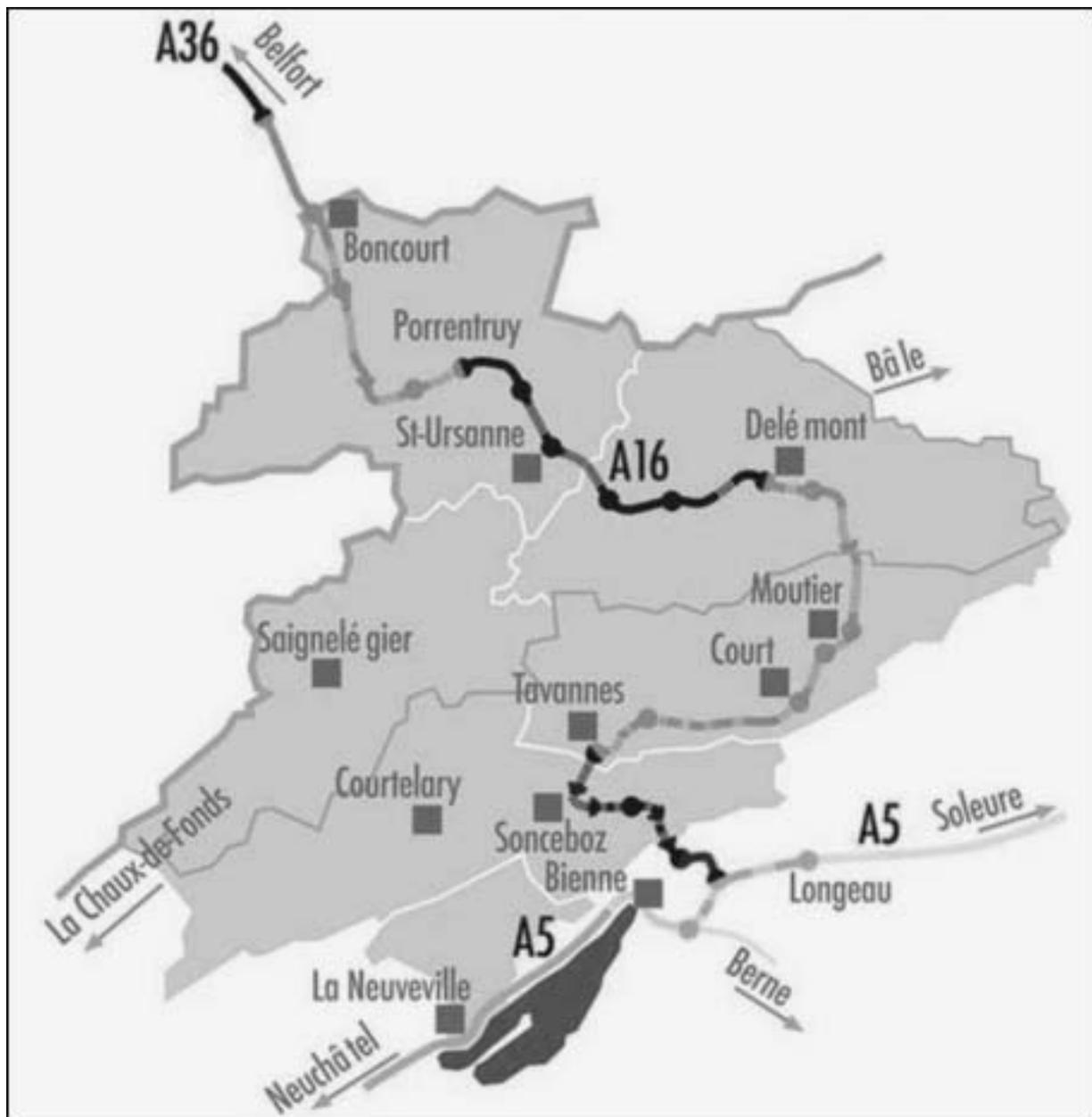
Besuch Putzmeister-Werk, Aichtal 36

Veröffentlichungen des TMB 44

Tunnel Moutier / Marti AG

Sylvia Winkler, Philipp Grosser, Frank Eckardt

Die Schweizer A16 ist eine 84 km lange Verkehrsachse, die den Jura auf dem Gebiet der Kantone Jura und Bern durchquert und deshalb auch Transjurane genannt wird. Sie soll nach der voraussichtlichen Fertigstellung im Jahr 2015 das französische Autobahnnetz mit dem Schweizer Nationalstraßennetz verbinden. Der Ausbaustandard sieht sowohl vierspurige (Autobahn) als auch zweispurige Abschnitte (Autostrasse) vor, die jedoch durchgehend kreuzungsfrei gebaut werden. Derzeit (Stand 2004) sind rund 37 km der Strecke in Betrieb, weitere Teilstücke sind im Bau oder in Planung.

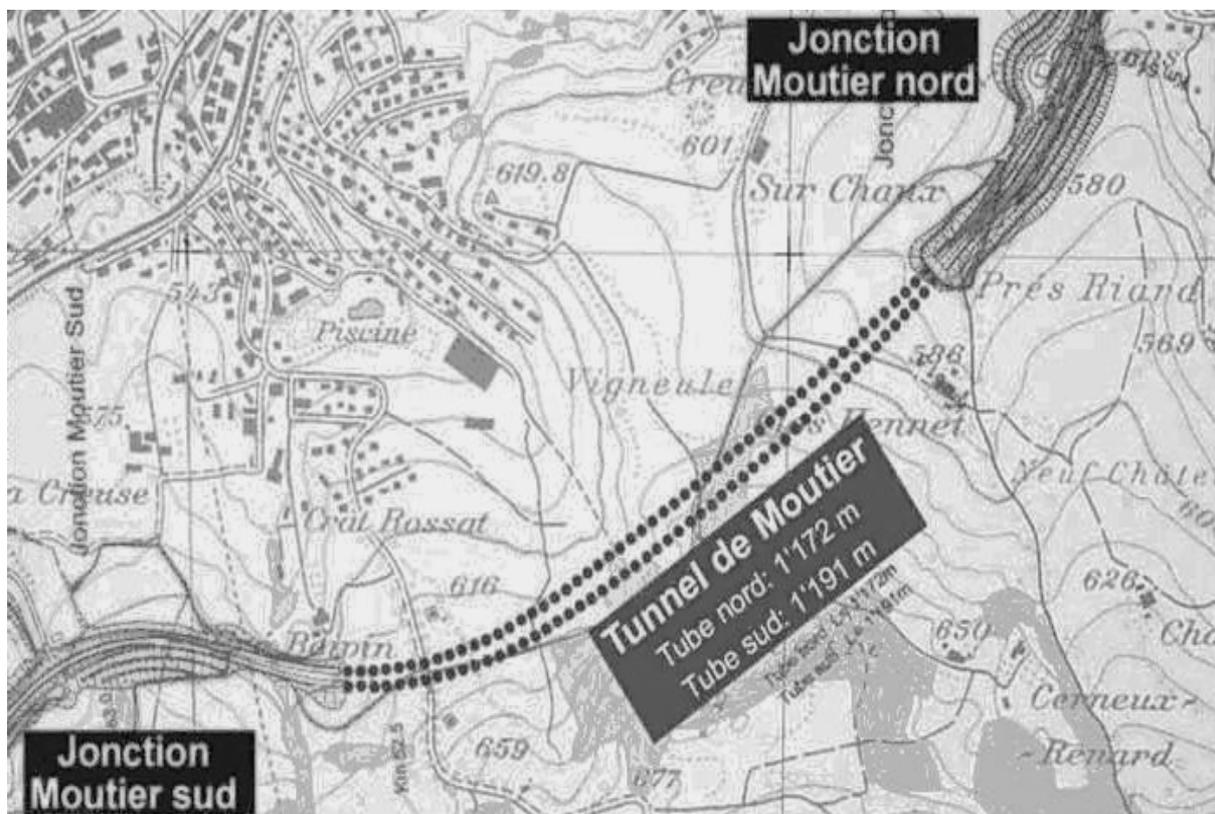


Streckenverlauf der A16

Die A16 beginnt bei Boncourt in der Ajoie an der Landesgrenze zwischen der Schweiz und Frankreich. Danach verläuft sie nach Süden über die Tafeljura-hochfläche der Ajoie nach Porrentruy, wo sie nach Osten abbiegt. Mit zwei langen Tunneln unterquert sie die nördlichen Juraketten bei Saint-Ursanne und tritt bei Glovelier in die Senke des Delsberger Beckens ein. Nach der Um-fahrung von Delémont wendet sich die A16 wieder nach Süden, folgt nun dem Lauf der Birs via Moutier und Court nach Tavannes. Mit einem Tunnel wird der Pass Pierre Pertuis unterfahren, anschließend durchfährt die A16 das Tal der Suze (deutsch: Tschüss) und erreicht östlich von Biel/Bienne die Ebene des Schweizer Mittellandes, wo sie mit einem Großkreisel an die A5 angebunden ist.

Wegen des schwierigen Geländes im Bereich des Juras ist der Bau von zahl-reichen Tunneln notwendig, welche die verschiedenen Juraketten unterque-ren. Deswegen gehört die A16 zu den teuersten Straßenverkehrsprojekten der Schweiz. Für die ganze Strecke wird ein Kostenaufwand von 5,6 Milliarden Schweizer Franken veranschlagt.

Zu diesen wichtigen Tunnelbauten gehört im Abschnitt Roches-Court der Um-fahrungstunnel von Moutier, dessen Baustelle wir am ersten Tag unserer Ex-kursion besichtigten. Dieser Tunnel stellt die Verbindung zwischen den An-schlussstellen Moutier-Nord und Moutier-Süd dar.



Tunnel von Moutier (Lageplan)

Der Tunnel umfasst zwei Röhren mit 1.172 bzw. 1.191 Metern Länge sowie drei Querschotten, von denen zwei begehbar sind und einer befahrbar ist.

Bauherr dieses Bauvorhabens ist das Tiefbauamt des Kantons Bern. Die Bauausführung wird von mehreren einzelnen Firmen als Arge bestehend aus Marti Tunnelbau AG, Bern, Marti AG, Bern, Marti Travaux Spéciaux SA, Porrentruy, Parietti & Gindrat SA, Porrentruy, Pro Routes SA, Tavannes sowie Georges Chételat SA, Courroux durchgeführt, wobei sowohl die technische Leitung als auch die Baustellenleitung bei der Marti Tunnelbau AG liegt.

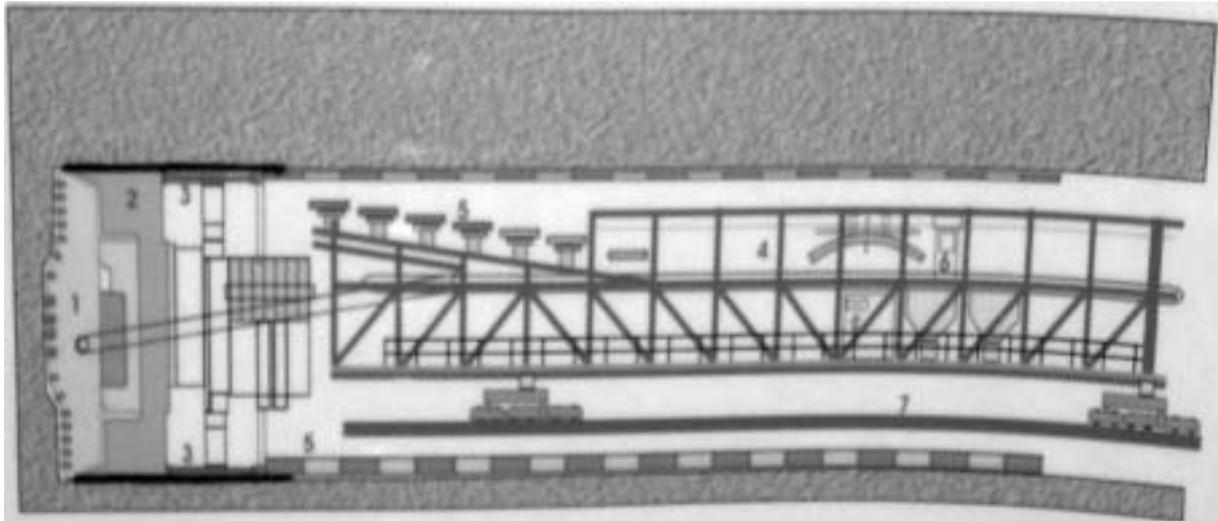
In der Ausschreibung des Bauvorhabens war ein konventioneller Vortrieb unter Ausschluss von Sprengarbeiten vorgesehen. Um Kosten und Zeit einzusparen, wurde allerdings entschieden, den Sondervorschlag der Firma Marti Tunnelbau AG anzunehmen und den Vortrieb mittels einer Tunnelbohrmaschine vorzunehmen. Der Einsatz der Tunnelbohrmaschine war in diesem Fall trotz der geringen Länge der Tunnelröhren wirtschaftlich, da es sich bei der eingesetzten Maschine um eine bereits amortisierte Anschaffung von einem früheren Bauvorhaben der Firma Marti Tunnelbau AG handelte. Die geplanten Kosten zu Baubeginn beliefen sich auf 96 Millionen Schweizer Franken. Diese Kosten umfassten sowohl die Arbeiten am Tunnel als auch die Arbeiten an der Anschlussstelle Moutier-Süd und den Materialtransport durch den Sondierstollen des Tunnels Graiterie.

Um einen reibungslosen Bauablauf zu ermöglichen, konzipierte die Arge ein aufwändiges System zum Abtransport des Ausbruchmaterials. Sämtliches Aushubmaterial der Voreinschnitte und des Trassenbaus sowie das Ausbruchmaterial des Tunnels werden vor dem Tunnel deponiert, auf ein Förderband aufgeladen und durch den Sondierstollen Graiterie in eine 2.600 Meter entfernte Deponie gefördert. Von dort aus wird das Material dann in eine ca. 4.000 Meter entfernte Enddeponie transportiert.

Die Installationsarbeiten und der Aushub der Portale wurden im Herbst 2001 mit dem Ziel begonnen, den Tunnel im Jahre 2005 fertig zu stellen und somit einen wichtigen Meilenstein des Teilstückes von Roches über Moutier nach Court zu erstellen. Das gesamte Teilstück der A16 soll dann im Jahre 2011 dem Verkehr übergeben werden.

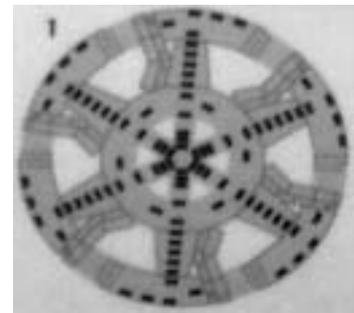
In den Portalbereichen wurden die Lockergesteinszonen im Rohrschirmverfahren aufgefahren; die Felssicherung erfolgte mit Stahlfaser-Spritzbeton und Einbaubögen. Die ca. 17 Meter tiefen Baugrubensicherungen der Portale wurden als verankerte Bohrpfahlwände ausgeführt.

Mit dem Vortrieb der Talröhre wurde am 3.10. 2002 von Süden her begonnen.



Schnitt durch eine Tunnelbohrmaschine

1. Bohrkopf
2. Schild
3. Vorschubpressen
4. Nachläufer
5. vorgefertigte Tübbinge aus Stahlbeton
6. Steuerkabine
7. Auflagerschiene für Nachläufer

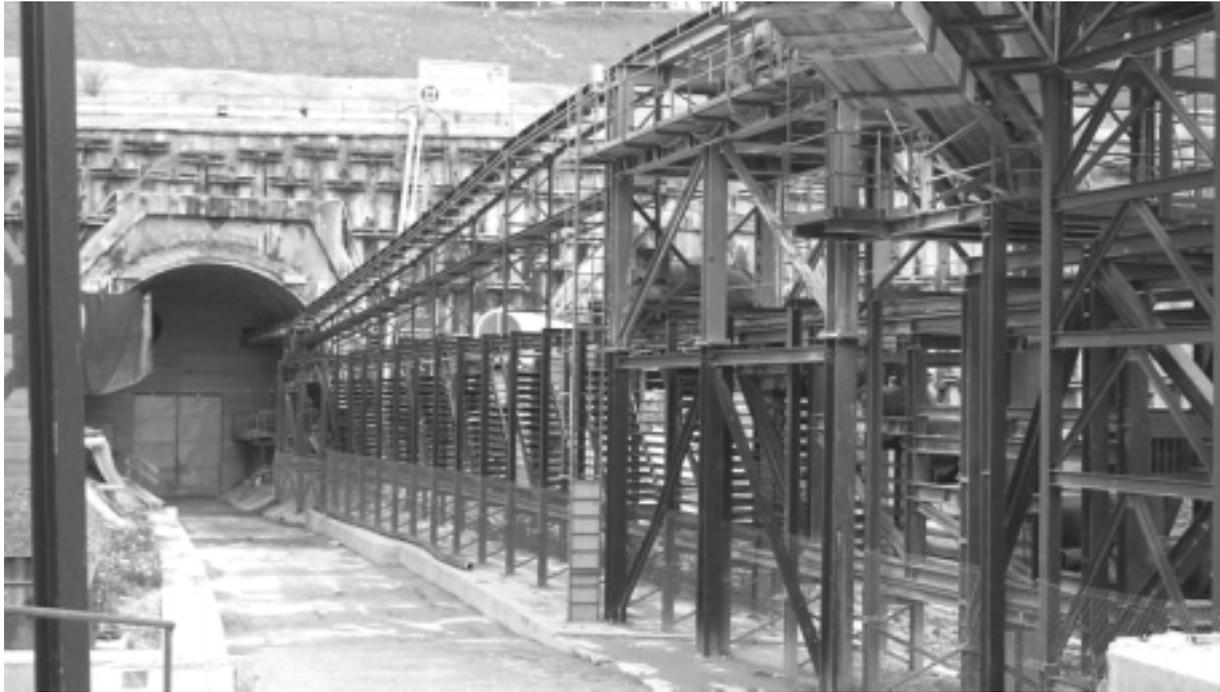


Die Molassestrecken wurden mit einer Vollschnitt-Tunnelbohrmaschine mit Tübbingausbau aufgeföhren. Bei diesem Verfahren wird der Tunnel im Schutz des Schildes weitgehend automatisiert aufgeföhren und ausgebaut. Um sich vorzubohren, stützt sich die Tunnelbohrmaschine mittels hydraulischer Vortriebspressen am zuletzt eingebauten Tübbingring ab.

Das Schneidrad ist mit Hartgesteinsdisken bestückt und löst das Gestein in Chip-Form. Das Schneidrad kann mittels hydraulischer Pressen angesteuert werden, um seine Vortriebsrichtung im Gestein zu ändern. Räumer, die sich etwas hinter den Disken zurückgesetzt befinden, föhren den abgebauten Fels hinter das Schneidrad.

Über Fördereinrichtungen wird das abgebaute Material dann über die komplette Länge der TBM zum Tunnelportal transportiert. Am Tunnelportal wird das Material über weitere Förderbänder wie beschrieben zur Deponie transportiert. Diese Förderbänder können bei fortschreitendem Vortrieb nach Bedarf verlängert werden, um gelöstes Material aus dem Tunnel zu födern.

Um einen kontinuierlichen Betrieb der Tunnelbohrmaschine zu gewährleisten, werden am Südpotal in einer speziell angefertigten Konstruktion bis zu 400 Meter Förderband vorgehalten.



Förderbandanlage mit Bandvorhaltung am Südportal

Nachdem die Arbeiten mit der Tunnelbohrmaschine zunächst problemlos verliefen, traten allerdings Ende Februar 2003 unvorhergesehene Probleme auf. Entgegen der Angaben des bei Vertragsabschluss vorgelegenen geologischen Gutachtens, das eine durchgängige Schicht aus „Molasse Alsacienne“ ausgewiesen hatte, traf die Tunnelbohrmaschine nach ca. 135 Metern Vortrieb auf eine wasserführende Kalkschicht. Dies hatte nicht nur erhebliche Maßabweichungen zur Folge, sondern auch eine Blockade des Bohrkopfes der Tunnelbohrmaschine. Darüber hinaus sackte ein Teil des Gesteins nach unten ab, was einen Tagbruch an der Oberfläche des Berges zur Folge hatte. Konsequenz war, die komplette Einstellung aller Arbeiten in der Talröhre.

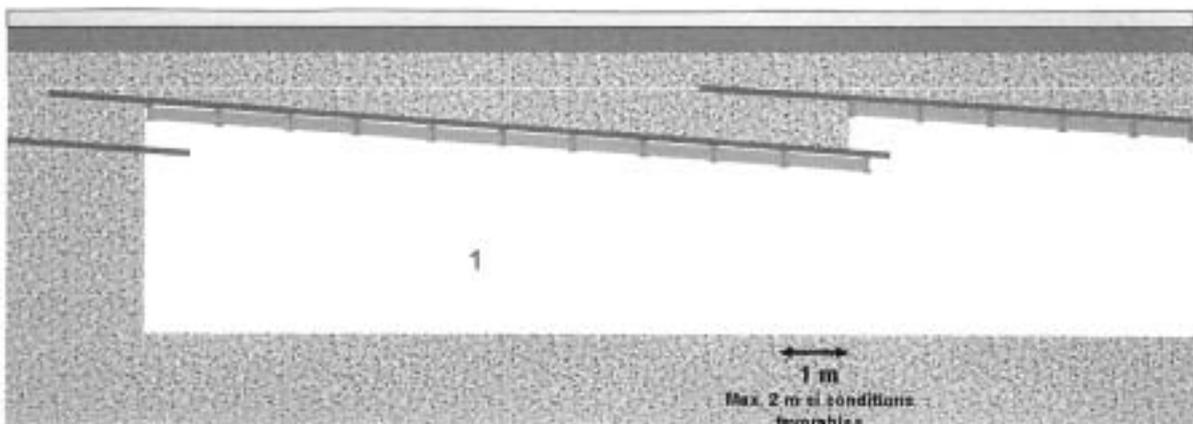
Zur Lösung dieser Problematik wurden nun umfangreiche geologische Untersuchungen in Form von Probebohrungen und Sondierstollen durchgeführt, um sich ein genaues Bild der vorhandenen Geologie zu verschaffen. Diese Untersuchungen nahmen über ein Jahr in Anspruch, bis das neue geologische Gutachten Ende April 2004 fertig gestellt wurde. Danach lagen sehr detaillierte Daten über weitere mögliche Störzonen vor, die nun die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen ermöglichten. Diverse Möglichkeiten wurden diskutiert, bis man schließlich die Arbeiten wieder aufnehmen konnte.

Anfang 2004 wurde begonnen, die Bergröhre von Süden her in konventioneller Tunnelbauweise auf ca. 300 Meter Länge vorzutreiben. Dabei wurde zuerst die Kalotte im Rohrschirmverfahren ausgebrochen. Beim Rohrschirmverfahren wird zuerst die Tunnelbrust mit Spritzbeton gestützt. Anschließend werden

bogenförmig Rohre mit einem Durchmesser von 139 mm leicht schräg nach oben eingebracht. Diese Rohre werden im nächsten Schritt mit einer Zementsuspension ausinjiziert. Die Rohre erlauben es nun, die Tunnelbrust in Ein-Meter-Schritten abzugraben. Direkt im Anschluss an das Abgraben der Tunnelbrust werden nun in Abständen von einem Meter Stahlbögen eingesetzt. Diese nehmen über ihre Gewölbewirkung die Last aus dem Gebirge auf. Zwischen den Stahlbögen werden im nächsten Schritt Stahlmatten eingebaut, die, nachdem sie mit den Bögen verschweißt worden sind, mit Spritzbeton hinterfüllt werden. Diese Schritte wiederholen sich auf einer Länge von 10 bis 12 Metern. Nach 12 Metern müssen die nächsten Rohre gesetzt werden und die Schritte werden von neuem durchgeführt. Die Vortriebsleistung bei diesem Verfahren liegt bei etwa 1,2 Meter / Tag.



Vortrieb der Kalotte in der Bergöhre im Rohrschirmverfahren



Prinzipielle Vorgehensweise beim Rohrschirmverfahren

Der Vortrieb wurde bis auf Höhe des ersten geplanten Querschlags durchgeführt. Anschließend wurde der Querschlag in Mitten der geologischen Störzone vorgetrieben. Allein dieser Querschlag, bei dem die Kalotte und die Strosse ausgebrochen wurden, erzeugte Kosten in Höhe von ca. 60 Mio. Schweizer Franken.

Es ist nun geplant, von diesem Querschlag aus startend, die Talröhre in Richtung des Bohrkopfes der Tunnelbohrmaschine vorzutreiben und den Bohrkopf freizulegen. Dabei sind aber aufgrund der geologischen Gegebenheiten umfangreiche Sicherungsmaßnahmen erforderlich, so zum Beispiel Verankerungen der Tunnelbrüst. Inzwischen ist es den Spezialisten der Arge gelungen, den Bohrkopf wieder in Gang zu bekommen. Um Schäden an der Tunnelbohrmaschine zu verhindern, wird der Bohrkopf in regelmäßigen Abständen bewegt.

Gleichzeitig zu den Arbeiten am Querschlag begannen die Arbeiten an den beiden Röhren von Norden her. In beiden Röhren wird zurzeit die Kalotte ausgebrochen und ebenfalls im Rohrschirmverfahren gesichert. Die Talröhre wird dabei im Querschnitt der Tunnelbohrmaschine gestaltet, die Bergröhre hingegen wird als Normalquerschnitt ausgeführt. Es ist nun geplant, die Talröhre nach Fertigstellung der Kalotte mit der bis dahin wieder freigelegten und wieder in Gang gesetzten Tunnelbohrmaschine fertig zu bauen, dass heißt der Strossen- und Sohlausbau soll mit der Tunnelbohrmaschine von Süden her durchgeführt werden. Anschließend soll die Tunnelbohrmaschine am Nordportal demontiert und abtransportiert werden. Die Bergröhre hingegen soll nach Fertigstellung der Kalotte von Norden her in traditioneller Bauweise ausgebaut werden. In Bereichen, in denen die Geologie besonders schlecht ist, wird der Querschnitt in der Kernbauweise erstellt.

Das Prinzip der Kernbauweise beruht darauf, dass der Querschnitt in einzelne Teilquerschnitte unterteilt wird. Jeder Teilquerschnitt ist dabei eine Einheit und für sich alleine oder im Zusammenwirken mit anderen Teilquerschnitten ein geschlossenes System und gegen den Gebirgsdruck standfest.

Zuerst werden die seitlichen Bereiche, die so genannten oberen und unteren Paramentstollen, vorgetrieben. Die Stollen werden entweder durch Spritzbeton alleine oder aber in Kombination mit Stahlträgern gesichert. Im Anschluss an den Ausbruch der Paramentstollen wird die Kalotte, daraufhin die Strosse und letztlich die Sohle ausgebrochen. Durch die Reduzierung des Ausbruchquerschnitts bei dieser Bauweise wird eine bessere Standfestigkeit des Gebirges erzeugt. Allerdings nimmt diese Vortriebsweise sehr viel Zeit in Anspruch. Die mittlere Vortriebsleistung liegt bei etwa 0,25 Meter pro Tag.

Da die Verhandlungen zwischen der Bauherren und der an der Arge beteiligten Bauunternehmungen zur Zeit noch nicht abgeschlossen sind, laufen die Arbeiten momentan nur mit einer geringen Leistung, da die Arge bereits in enorme Vorleistung getreten ist. Durch die Probleme während der Ausführung werden die Kosten von ehemals geschätzten 96 Mio. Schweizer Franken auf voraussichtlich ca. 300 Mio. Schweizer Franken ansteigen. Das geplante Bauende wird sich wohl von September 2005 auf 2010 bis 2011 verschieben.

Wir möchten uns auf diesem Wege bei allen Mitarbeitern der Marti Tunnelbau AG, insbesondere Herrn Reber und Herrn Elginger ganz herzlich für die freundliche Betreuung und für die Zeit, die sie während unseres Baustellenbesuchs für uns aufgebracht haben, bedanken. Diese Tunnelbaustelle bot uns die seltene Gelegenheit, verschiedene Arten des Vortriebs auf nur einer Baustelle zu sehen.

Gotthard-Basistunnel – Bodio

Jan Beutelschieß, Peter Schäfer, Rafael Grapper, Roland Volz

Das Projekt NEAT (Neue Eisenbahntransversale)

Der alpenquerende Güterverkehr auf Strasse und Schiene hat in Europa und der Schweiz kontinuierlich zugenommen. Die Nachfrage beim Güterverkehr von und nach Italien wird weiterhin stark ansteigen.

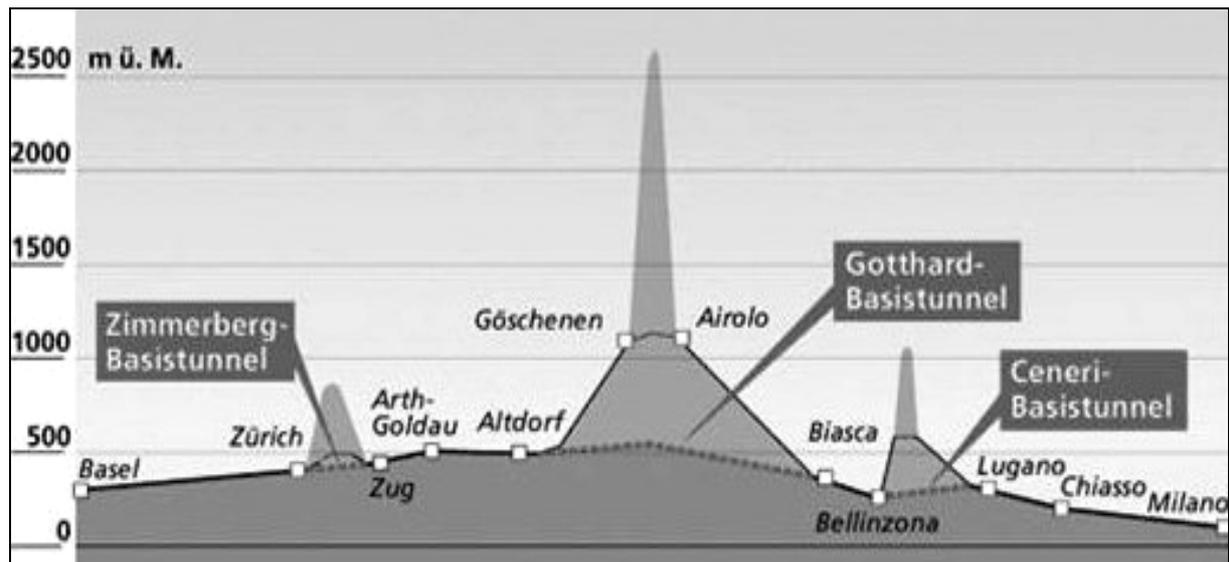
Der Anteil des Straßenverkehrs verdoppelt sich alle acht Jahre, während der Schienenverkehr stabil bleibt. Die Aufhebung des 40-Tonnen-Verbots führt dazu, dass weniger Schwerlastverkehr die Schweiz über Österreich und Frankreich umfährt. Dies führt zu einem Anstieg des Transitverkehrs in der Schweiz. EU-Prognosen sagen sogar einen Anstieg des Güterverkehrs im gesamten Alpenraum um rund 75% voraus. Die bald 130-jährige Gotthard-Bergstrecke kann jedoch in Zukunft solche Volumen nicht mehr bewältigen. Auch die Qualität des Lebensraumes würde über einen gewissen Zeitraum darunter leiden.

Gleichzeitig wird in Europa der Ausbau eines Bahnverkehrshochgeschwindigkeitsnetzes vorangetrieben, welches bis 2020 auf voraussichtlich 20.000 km anwachsen wird.

Da die alten alpenquerenden Bahnstrecken in der Schweiz dieser Entwicklung, an einen modernen, leistungsfähigen Verkehrsträger, jedoch in Zukunft nicht mehr gerecht werden können, wurde mit dem Bau der beiden NEAT-Achsen (Neue Eisenbahn Alpentransversalen) am Lötschberg (ca. 35 km Länge) und am Gotthard (ca. 57 km Länge) begonnen.

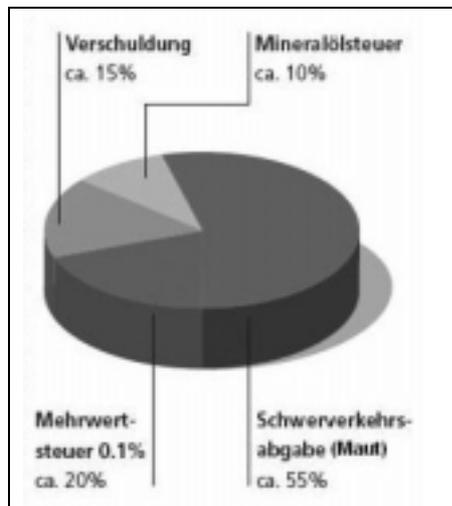
Diese neuen Alpentransversalen sollen es ermöglichen, die Wirtschaftsräume der Schweiz, Baden-Württembergs und der Lombardei besser und vor allem schneller miteinander zu verbinden. So soll es zum Beispiel auf der östlichen Route, welche neben dem Gotthard noch zwei weitere Basistunnel-Projekte beinhaltet, möglich sein, mit einem Hochgeschwindigkeitszug in 2 Stunden und 40 Minuten von Zürich nach Mailand zu gelangen (heute: 3 Stunden und 40 Minuten). Und dort für den Personenfernverkehr relevante weiterführende Verbindungen in den südlicheren italienischen Raum ohne lange Wartezeiten zu erreichen.

Kernstück der östlichen NEAT-Achse ist der Gotthard-Basistunnel, der aus zwei einspurigen Röhren mit einem Achsabstand von im Durchschnitt ungefähr 40 Metern besteht und bis etwa 2015 fertiggestellt werden soll.

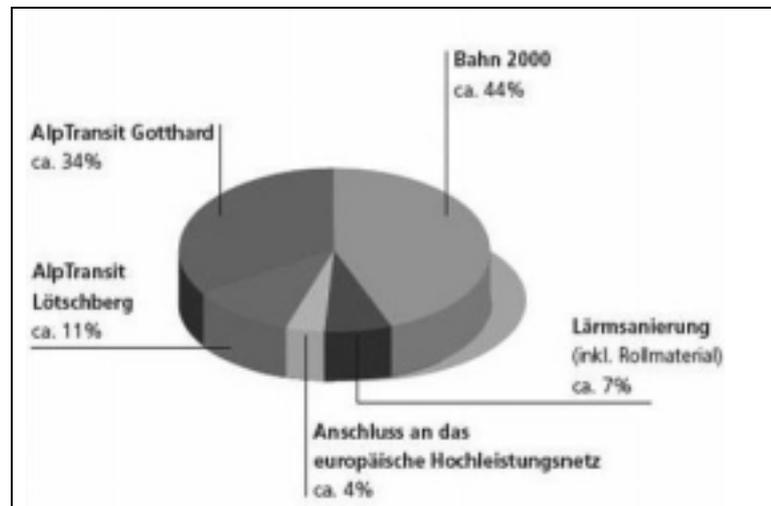


Profil der östlichen Route der NEAT (heute und in Zukunft)

Die im November 1998 durch das Schweizer Volk angenommene Vorlage zur Finanzierung der Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs (FinöV) war die Grundlage für eine umfassende Modernisierung der Bahninfrastruktur. Zur Finanzierung des Projekts wurde ein spezieller Fond eingerichtet. Der Fond hat ein Volumen von etwa 30 Mrd. Schweizer Franken, wovon ein Drittel der Mittel alleine für die Finanzierung des Gotthard Basistunnels eingesetzt wird, und voraussichtlich über 8 Mrd. Schweizer Franken verschlingen wird.



Die Herkunft der Mittel



Die Verwendung der Mittel

Gesamtverantwortlich für das Projekt ist die AlpTransit Gotthard AG, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB). Dieses Konsortium übernimmt alle relevanten Bauvorhaben der NEAT, auch die des Zimmerberg-Basistunnels nördlich und des Ceneri-Basistunnels südlich des Gotthards.

Stand der Bauarbeiten

Die Bauarbeiten am Tunnel begannen eigentlich schon 1993 mit einem Sondierstollen in der kritischen Piora-Mulde, um Informationen und Daten aus der geologischen Struktur zu gewinnen. Dieser Sondierstollen kostete alleine ca. 70 Mio. Schweizer Franken. Sämtliche Zugangsstollen und Schächte wurden seit 1996 erstellt, später wurde dann mit den eigentlichen Ausbrucharbeiten in den zwei Einspurröhren, Querschlägen und Multifunktionsstellen begonnen. Die 180 Querschläge verbinden alle 325 Meter die beiden Tunnelröhren, um ausreichend Sicherheit im Brandfall zu gewährleisten.

Der Bau des Gotthard-Basistunnels erfolgt in fünf Teilabschnitten gleichzeitig: Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faido und Bodio. In den Zwischenangriffen Amsteg, Sedrun und Faido wird mittels eines Stollens zuerst in den Berg bis zur geplanten Röhre gebohrt, um dann sowohl mit herkömmlicher Sprengtechnik als auch mit maschinellem Vortrieb in beide Richtungen vorzutreiben.

Zum Zeitpunkt unseres Besuches waren bereits 45 % der gesamten Ausbrucharbeiten am Gotthard-Basistunnel abgeschlossen, bis zum Sommer 2005 soll die Hälfte der Ausbrucharbeiten vollendet sein.

Das hierbei in großen Mengen anfallende Ausbruchmaterial (13,3 Mio.m³) entspricht ungefähr dem fünffachen Volumen der größten ägyptischen Pyramide und kann deshalb nur teilweise anderenorts wieder verwendet bzw. eingebaut werden.

Die Alptransit Gotthard AG hat sich für die Materialbewirtschaftung drei Ziele gesetzt: minimale Umweltbelastung, maximale Wiederverwertung und eine wirtschaftliche Gesamtlösung.

Die Aufbereitung des Ausbruchmaterials erfolgt direkt auf den Baustellen, wobei das feinere Material zur Herstellung von rund 5 Mio. Tonnen Spritzbeton wieder direkt im Tunnel verwendet wird. Durch den Aufbereitungsprozess fallen auch circa 0,8 Millionen Tonnen schlammartiger Feinstanteile als Rückstände an, welche zum Teil in der Ziegelindustrie verwendet werden können. Das überschüssige Material wird unter anderem für die Erbauung von Bahndämmen, neuen Straßen und zur Renaturierung von Steinbrüchen genutzt, oder zu nahe gelegenen Seen der Zentralschweiz transportiert und dort aufgeschüttet.

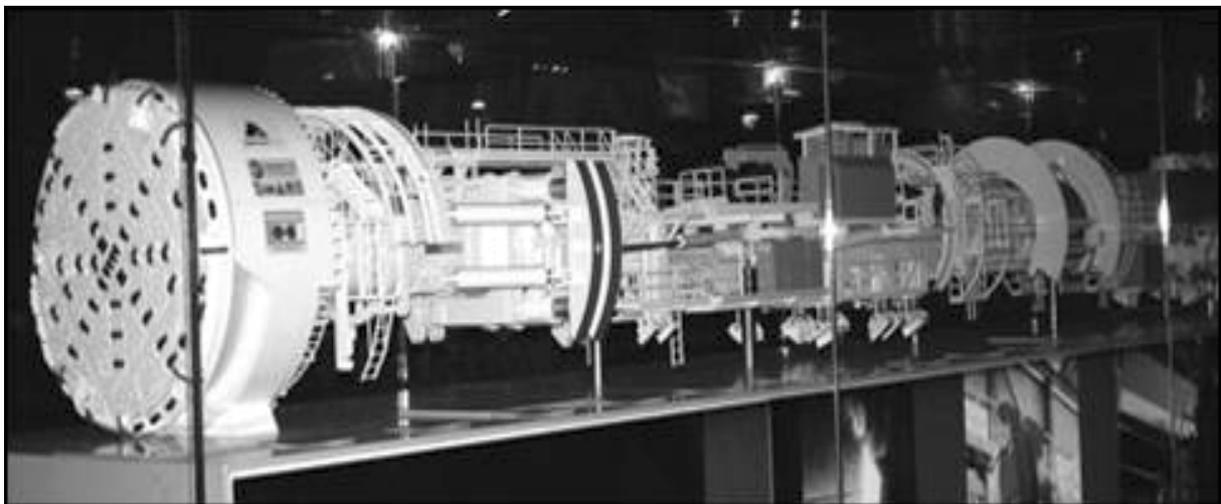
Auf den Baustellen unter Tage herrschen auf Grund der hohen Gebirgsüberdeckungen Temperaturen über 40°C. Um die Arbeitsbedingungen wenigstens etwas erträglicher zu gestalten, ist in den Baustellen jeweils eine Frischluftzufuhr installiert, die die Temperaturen auf knapp unter 30°C hält.

Teilabschnitt Bodio

Der Teilabschnitt Bodio, welcher das Südportal und den Anschluss an das SBB-Netz beinhaltet, ist mit 16,5 Kilometern der längste Teilabschnitt des Gotthard-Basistunnels. Kombiniert mit der Baustelle am Zwischenangriff Faido, wurde das Baulos an die Arbeitsgemeinschaft TAT vergeben, welche aus den Unternehmungen Zschokke Locher, Zürich, Alpine Mayreder GmbH, Salzburg, CSC Impresa Costruzioni SA, Lugano, Impreglio S.p.A., San Giovanni und Hochtief AG, Essen, besteht. Die Federführung obliegt hierbei der Firma Zschokke Locher.

Die ersten Tunnelmeter wurden im Tagbau erstellt, darauf folgte eine Lockergesteinsstrecke und schließlich standfester Fels, der den Vortrieb der weltweit größten Tunnelbohrmaschine TBM S-210 erlaubte. Um die unterirdischen Montagekavernen schneller zu erschließen wurde in der Portalzone ein Umgehungsstollen gebohrt.

Die eingesetzte Tunnelbohrmaschine kostet ungefähr 20 Mio. Euro, hat eine Länge von über 400 Metern, einen Bohrkopf mit 9 Metern Durchmesser und wird in ca. 90.000 Einzelteilen angeliefert, die in den Montagekavernen zusammengesetzt wurden. Am Gotthard-Basistunnel werden Tunnelbohrmaschinen der Herrenknecht AG aus Schwanau (Südbaden) verwendet.



Modell der Tunnelbohrmaschine

Mit diesen Tunnelbohrmaschinen ist unter optimalen Bedingungen ein Vortrieb von durchschnittlich 20 bis 40 m am Tag möglich, während im Gegensatz dazu im Bereich von geologischen Störzonen mit dem herkömmlichen Sprengvortrieb ein Fortschritt von nur 80 bis 90 cm pro Tag zu erreichen ist. Solche Störzonen wurden zum Beispiel 2003 und in der ersten Hälfte von 2004 durchfahren und verschoben den ursprünglich 2005 geplanten Durchstoß in Faido

auf das Jahr 2006. Dort wird die TBM in der zwischenzeitlich erstellten Multifunktionsstelle teilweise demontiert, revidiert und umgerüstet. Anschließend wird sie auch den 11 km langen Abschnitt von Faido bis zur Losgrenze in Sedrun ausbrechen. Die TBM S-210 wird damit rund 26 km oder 45 % der Oströhre (Gesamtlänge 57 km) durchbohren. Insgesamt werden beim Gotthard-Basistunnel 50 von 57 km mit Tunnelbohrmaschinen aufgeföhren.



Besucherzentrum Bodio-Pollegio

Auf der Baustelle in Bodio wurde für 12 Mio. Schweizer Franken ein Besucherzentrum errichtet, um über das Gesamtprojekt bzw. den Baufortschritt zu informieren. Dabei hat der Besucher die Möglichkeit sich mittels interaktiver Medien und Modellen von einigen Baumaschinen des Tunnelbaus selbst ein Bild zu machen.

Nach der Ankunft am Besucherzentrum besuchten wir dort einen ca. 45 min. Vortrag über den Stand der Arbeiten am Gotthard-Basistunnel, welcher von Herrn Sutter (Leiter Kommunikation der Alptransit) gehalten wurde, auf den dann die direkte Baustellenführung unter Leitung von Emanuele Tabet (Bauleitung Logistik Zschokke Locher) erfolgte. Auch eine Cafeteria ist dort eingerichtet, um den Besucher vor Ort versorgen zu können, in welchem unsere gesamte Gruppe zu Mittag vom freundlichen Personal verpflegt wurde.

Auf der Baustelle wurde uns die Aufbereitungsanlage gezeigt, in welcher das ausgebrochene Material nach den entsprechenden Kornfraktionen (von 0 bis 32 mm) klassiert wird. Dieses wird zuvor aus dem Tunnel auf Behelfsgleisen und kleinen Diesellokomotiven zu Tage befördert und in einer entsprechenden

Anlage gewaschen, gesiebt und mit Hilfe von Förderbändern zu den Lagerstätten transportiert. So werden zum Beispiel kleinere Korngrößen für den Spritzbeton wieder verwendet und die größeren direkt für den Abtransport über Förderbandanlagen in die nahen Steinbrüche in Cavienna und Buzza di Biasca transportiert. Der Rest des Überschussmaterials, der nicht für Dammschüttungen auf der neuen Strecke benötigt wird, setzt man für die Renaturierung ein. Dadurch werden Kosten gespart und wertvolle Ressourcen geschont.

Der Spritzbeton wird vor Ort gemischt und in Kapseln mit einem Volumen von 12 m³ abgefüllt, die ebenfalls auf den Behelfsgleisen mit Hilfe der Diesellokomotiven in den Berg befördert und dort verarbeitet werden. Innerhalb dieser Kapseln wird der Frischbeton mit einer Schnecke nach vorne befördert und dort über ein spezielles Verbundsystem in den darauffolgenden Waggon gepumpt. Somit ist er direkt an der Einbaustelle im Tunnel verfügbar.



Befüllung einer Betonkapsel

Insgesamt erhielten wir durch den Besuch auf der Baustelle in Bodio einen umfassenden Einblick in das Großprojekt Gotthard-Basistunnel als Ganzes, wofür wir uns ganz herzlich bei Herrn Sutter für den informativen Vortrag, bei Emanuel Tabet für die Baustellenführung, sowie beim Küchenpersonal im Besucherzentrum für das gute Mittagessen bedanken möchten.

Gotthard-Basistunnel – Faido

Joachim Beike, Simon Lothar

Der Gotthard-Basistunnel

Der Gotthard-Basistunnel ist nach seiner Fertigstellung mit 57 km der längste Tunnel der Welt. Diese Nord-Süd-Verbindung durch die Alpen ermöglicht in naher Zukunft die Verlagerung des Personen- und Güterverkehr von der Straße auf die Schiene. Somit verbindet die neue Flachbahn die Wirtschaftszentren auf beiden Seiten der Alpen.

Um die Bauzeit zu verkürzen, gibt es neben dem Nordportal in Erstfeld und dem Südportal in Bodio drei Zwischenanriffe von denen aus der Tunnel vorgetrieben wird. Diese befinden sich in Amsteg, Sedrun und Faido.

Der Zwischenanriff Faido

Der 14,6 km lange Teilabschnitt Faido weist sowohl in geologischer als auch in baulicher Hinsicht Besonderheiten auf. Während weite Teile des Tunnels durch geologisch unbedenkliche Schichten verlaufen, liegt im Abschnitt Faido eine Störstelle, die sogenannte Piora-Mulde. Außerdem wird in diesem Bereich eine von zwei Multifunktionsstellen (MFS) des Tunnels gebaut.

Am Zwischenanriff Faido führt ein 2,5 km langer Zugangsstollen mit 13 % Gefälle hinunter bis auf das Basistunnelniveau, welches sich an dieser Stelle circa 1.400 m unter der Erdoberfläche befindet. Aufgrund der hohen Erdwärme in dieser Tiefe und der zusätzlichen Abwärme durch die Baumaschinen würde die Lufttemperatur deutlich über 30°C ansteigen. Mit Hilfe eines Kühlungssystems gelingt es jedoch, die Temperatur auf 28°C zu senken und so Arbeitsverhältnisse zu schaffen, die den Vorschriften entsprechen.

Gearbeitet wird im Tunnel rund um die Uhr in 4/3-Schichten. Das bedeutet, drei Acht-Stunden-Schichten treiben abwechselnd vor, während sich die vierte Schicht im Urlaub befindet. Derzeit wird im Bereich Faido an sechs Stellen gleichzeitig vorgetrieben, wobei eine Vortriebs-Mannschaft optimalerweise aus sechs Arbeitern besteht.

Der Vortrieb

Der Tunnel wird auf verschiedene Art und Weise vorgetrieben: mit Tunnelbohrmaschinen (TBM), mit Sprengvortrieb oder auf konventionelle Art mit Tunnelbaggern.

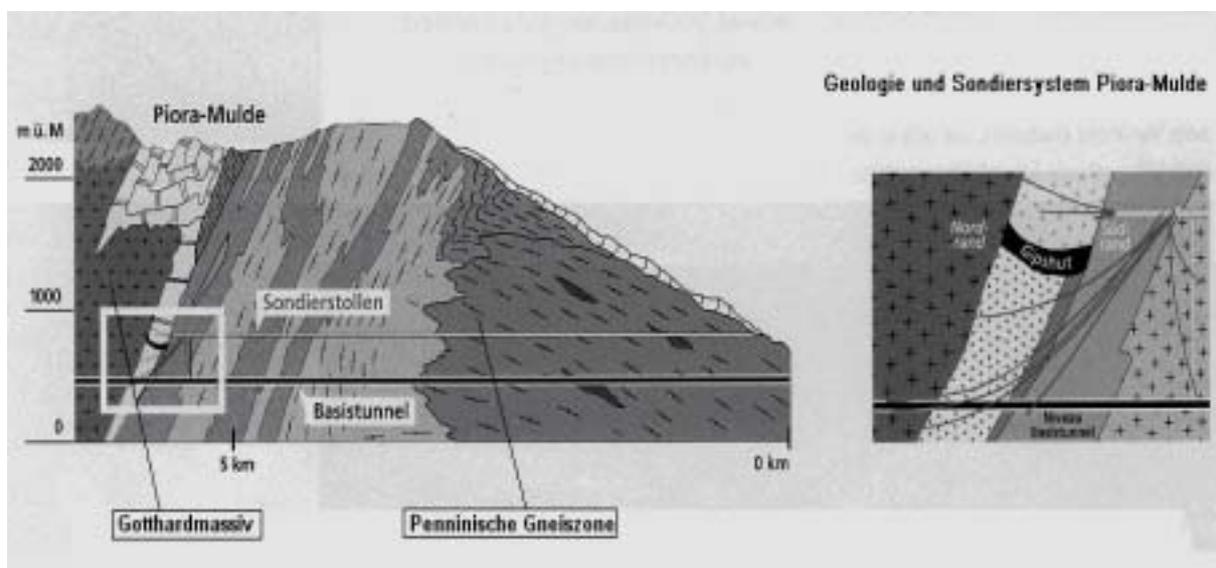
Von Bodio im Süden und Amsteg im Norden fahren je zwei TBM mit einer Tagesleistung von durchschnittlich 18 m Richtung Sedrun. Maximal wurden 24 m pro Arbeitstag erreicht.

In der Multifunktionsstelle Faido werden die beiden aus Bodio kommenden Maschinen revidiert und auf den größeren Durchmesser von 9,30 m umgebaut, bevor sie weiterfahren können (der Durchmesser von Bodio nach Faido beträgt 8,80 m).

Die Vorarbeiten für das weitere Auffahren des Tunnels mit den TBM werden im Sprengvortrieb geleistet. Der durchschnittliche tägliche Fortschritt dieser Methode, die auch in Sedrun zum Einsatz kommt, beträgt 6 bis 10 m, an geologisch schwierigen Stellen jedoch weniger. So schafft man in Faido im Bereich der Piora-Mulde nur 60 bis 80 cm pro Tag. Auch der Vortrieb im Bereich der MFS liegt in dieser Größenordnung.

Die Geologie und die bautechnischen Lösungen

Wie bereits oben erwähnt, sind große Abschnitte des Streckenverlaufs mit der Tunnelbohrmaschine (TBM) zu durchfahren. Eine Ausnahme bildet die Piora-Zone, eine Störstelle, die mit einer aufwändigen Sondier-Kampagne untersucht wurde. Bereits im Herbst 1993 begann der Vortrieb des dafür benötigten circa 5.500 m langen horizontalen Sondierstollens, 350 m über Tunnelniveau. Mit diesem erreichte man den oberen Teil der Mulde, der aus kohäsionslosem, wassergesättigten, zuckerkörnigem Dolomit besteht. Von hier aus wurden Schrägbohrungen durchgeführt, welche trockene standfeste Dolomit-Anhydritmarmore auf Tunnelniveau ergaben.



Geologie und Sondiersystem Piora-Mulde

Als Anfang 2003 die Piora-Mulde erreicht wurde, zeigte sich, dass das anstehende Gestein nicht den Prognosen entsprach. Da sich der Fels als druckhaft erwies, waren spezielle Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Außerdem entschied man sich, die Multifunktionsstelle wegen ihres für die angetroffenen geologischen Verhältnisse zu großen Tunnelquerschnitts (Spurwechsel und Räume für bahntechnische Anlagen) um 500 m nach Süden zu verlegen. Andernfalls wäre mit erheblichen technischen und finanziellen Risiken zu rechnen gewesen.

Im Bereich der Oströhre besteht die Störzone aus einem 5 m mächtigen weichen Kakirit, der in einem stark zerklüfteten Leventinagneis liegt. Die Sicherung erfolgt durch einen flexiblen Stahlausbau mit TH-Stahlprofilen, die alle 75 cm eingebaut werden, und durch Konvergenzschlitze im Spritzbeton. Hierzu wurden bis zu 200 m Stahllanker pro Laufmeter Tunnel eingebracht. Der Ausbau erfolgt in zwei Phasen. In der Ausweichphase soll der Gebirgsdruck durch ein kontrolliertes Zulassen von Deformationen soweit reduziert werden, dass in der darauf folgenden Widerstandsphase die weiteren Deformationen durch einen starren Einbau schadlos aufgenommen werden können. Die Widerstandsphase beginnt somit mit dem Erschöpfen der Gleitwege des Stahleinsbaus. Insgesamt erreichten die Deformationen bis zu 25 cm im Radius. Die Erfahrung, dass der Gebirgsdruck und damit der aufzubringende Ausbauwiderstand mit zunehmenden Gebirgsdeformationen abnehmen, war Grundlage für die Anwendung dieser Methode.



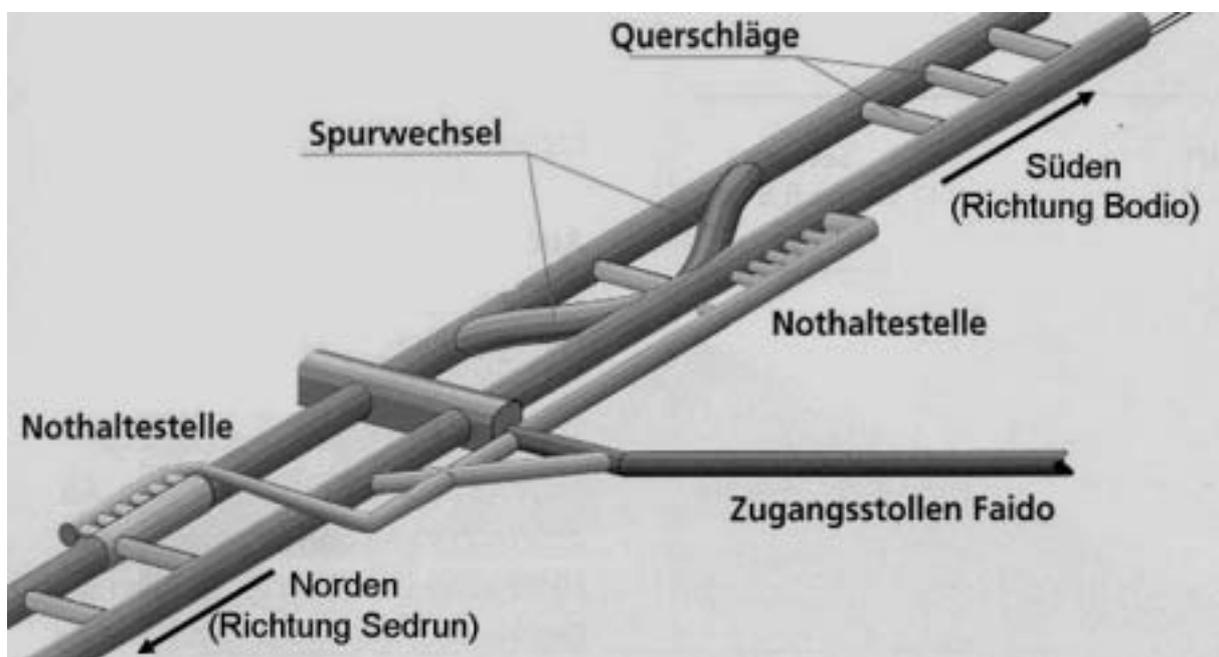
Flexibler Stahleinbau mit Deformationsstreifen

Die Querung der Störzone mit der Weströhre erwies sich als wesentlich komplexer, da der Kakirit hier in weicherem Lucomagnogneis liegt. Bis zum Einbau der Stahlprofile wurde die Arbeitssicherheit durch Spritzbeton mit Stahllankern hergestellt. Nach dem Abklingen der ersten Deformationen baute man schwere Profile vom Typ HEM 180 mit 40 cm Betonhinterfüllung ein. Allerdings führten Verformungen von bis zu 30 cm teilweise zu einem Durchreißen der Trä-

ger, so dass die gesamte Ankerlänge auf 300 m pro Laufmeter Tunnel erhöht werden musste.

Die Multifunktionsstelle

In Faido wird eine von zwei Multifunktionsstellen (MFS) des Gotthard Basistunnels gebaut. Hier befinden sich zwei Nothaltestellen und Spurwechsel zwischen den beiden einspurigen Tunnelröhren. Des Weiteren liegen in der Multifunktionsstelle auch Teile der Lüftungsinstallation und der Technikräume für die Sicherungs- und Schaltanlagen.



Multifunktionsstelle (MFS)

Die Nothaltestellen sind für den Nothalt eines Zuges konzipiert und dienen als Flucht- und Evakuierungsort für die Reisenden. Im Ernstfall ist es möglich, die Nothaltestelle mit Frischluft zu versorgen, während aus der betroffenen Röhre der Rauch abgesaugt wird. Auf dem Fluchtweg in die andere Röhre müssen weder die Schienen überquert, noch Lifte benutzt werden. Von hier aus führt ein Evakuierungszug die Menschen aus dem Tunnel. Bei einem Notfall außerhalb der MFS gelangt man über Querschläge in die nicht betroffene Tunnelröhre und kann von dort aus evakuiert werden.

Terminliche Aspekte

Wie bereits erwähnt, sieht das Konzept der Loskombination für die Teilabschnitte Bodio und Faido vor, dass die beiden TBM aus Bodio in der Multifunk-

tionsstelle Faido revidiert und umgebaut werden. Anschließend werden die TBM-Vortriebe Richtung Sedrun fortgesetzt. Dies bedingt, dass die Hauptausbrucharbeiten der MFS Faido bis zur Ankunft der beiden TBM abgeschlossen sind. Um die terminlichen Konsequenzen der Neudisposition und der schwierigeren Geologie zu mindern, wurden die Vortriebsequipen von bisher drei auf fünf und später auf sechs erhöht. Die Logistik im rückwärtigen Bereich wurde entsprechend angepasst.

Infolge der Neudisposition der MFS verlängert sich die Bauzeit für die MFS Faido um rund ein Jahr, während sich die Gesamtbauzeit des Gotthard Basistunnels dadurch lediglich um ca. ein halbes Jahr verlängert. Beide TBM aus Bodio werden Ende 2005 in Faido erwartet. Im Herbst 2006 sollen die Vortriebe Richtung Sedrun wieder aufgenommen werden.

Abschließend möchten wir uns im Namen der Gruppe für die eindrucksvolle Führung und Vorstellung des Projekts bei allen beteiligten Initiatoren und Sponsoren recht herzlich bedanken.

Kopswerk I – Besuch des Kraftwerks / Gesamtanlage

Matthias Heneka, Xiaobin Jiang, Markus Kurz

Am dritten Tag unserer Exkursion besuchten wir das im Montafon gelegene Wasserkraftwerk Kops I und dessen im Bau befindliche Erweiterung Kops II auf Einladung der Illwerke.



Eingang vom Kopswerk I

Betreibergesellschaft Illwerke AG

Die Betreibergesellschaft des Kopswerkes I ist die Illwerke AG. Sie wurde 1924 als GmbH gegründet und ist 1927 eine AG mit Sitz in Bregenz. Das Land Vorarlberg ist mit 95,5 % Hauptaktionär, die restlichen 4,5 % besitzt die WEG (Wertpapiergesellschaft mbH). Der Konzern beschäftigt über 500 Mitarbeiter und 60 Lehrlinge, hat neun Kraftwerke, vier Stauseen und viele Tages- und Auslaufbecken. Damit erzeugt er Spitzenstrom und Regelstrom, und stellt seinen Stromabnehmern zurzeit 1.248 MW Turbinenleistung und 533 MW Aufnahmeleistung im Pumpbetrieb zur Verfügung.

Die Vertragspartner sind die Karlsruher Energie Baden-Württemberg AG, die Vorarlberger Kraftwerke AG und die Tiroler Wasserkraft AG. Da der Hauptpartner jedoch die EnBW ist, und dieser die Schalthoheit besitzt, geht ein Großteil der erzeugten Energie nach Deutschland.

Als Betreibergesellschaft ist die Illwerke AG auch für den Umweltschutz und die Trinkwasserversorgung in der Region verantwortlich. Untersuchungen ha-

ben gezeigt, dass das Austrittswasser der Turbinen Trinkwasserqualität besitzt. Auch das Wasser der III ist sehr sauber, so dass die Versorgung mit Trinkwasser sichergestellt ist.

Baugeschichte und Lage

Das „Programm 1960“ mit dem Kopswerk I und allen Nebenanlagen wurde zwischen 1962 und 1969 verwirklicht. Das Krafthaus wurde 200 m tief in den Berg verlegt, da im Tal kein Platz gefunden wurde und die Lawinen- und Murränengefahr ein großes Risiko darstellten.

Aus demselben Grund musste die 220-kV-Schaltanlage auf einer Stahlbetonplatte im Ausgleichsbecken Partenen errichtet werden. Die Turbinen und Generatoren sind in einer Maschinenkaverne eingebaut, welche mit 70 m Länge, 26 m Breite und 29 m Höhe den größten Felshohlraum bildet, der bis dahin nach der neuen österreichischen Tunnelbauweise ausgeführt wurde. Die Transformatoren sind in einer gesonderten Transformatorenkaverne untergebracht.



Der Zugangsstollen zum Kraftwerk

Dem Kopswerk I steht das Wasser aus dem Kopssee und dessen Jahresspeichermöglichkeit zur Verfügung. Es nutzt die Gefällestufe vom Kopssee nach Partenen mit einem Höhenunterschied von rund 800 m. Aus dem Kopssee wird das Wasser in einem Druckstollen zum Wasserschloss in Tafamunt und in einem Druckschacht weiter zum Kavernenkrafthaus geführt. Die Doppelfrei-

strahlenturbinen und die Generatoren des Kopswerkes I bildeten die bis dahin leistungsstärksten Wasserkraftmaschinen Österreichs.



Druckstollen vom Kopssee über das Kopswerk zum Rifawerk

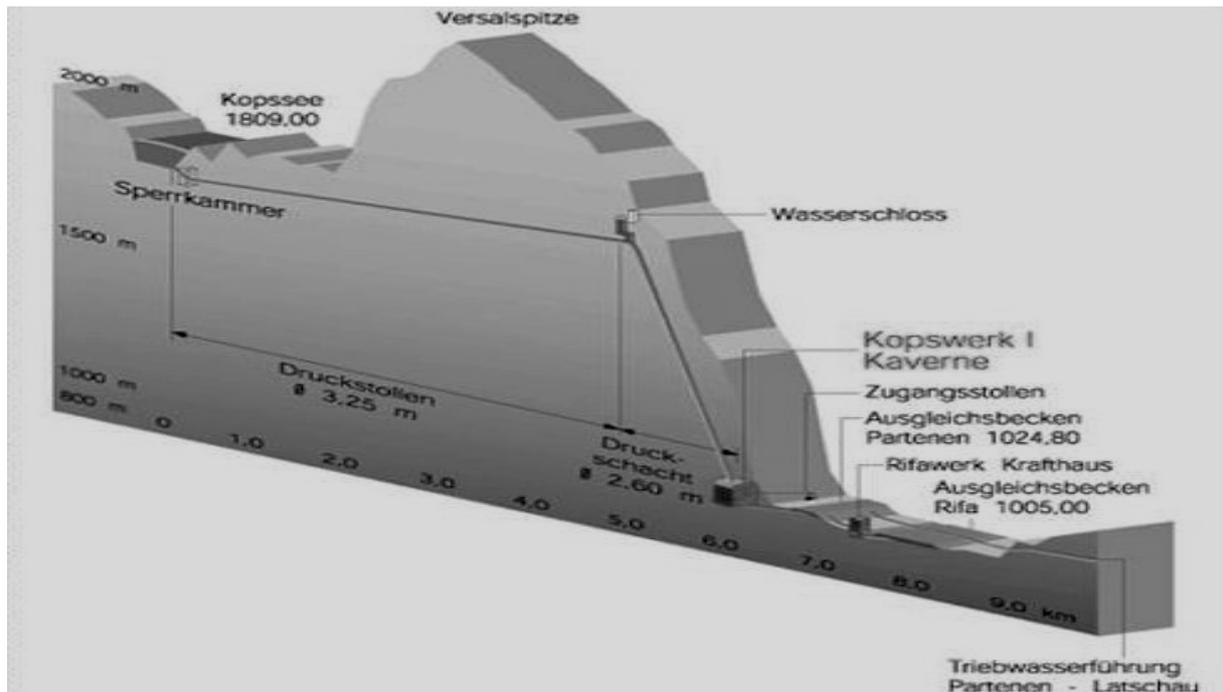
Das genutzte Wasser aus dem Kopssee I fließt über einen Unterwasserkanal in das Ausgleichsbecken Partenen und kann im Rifabecken zwischengespeichert werden.

Das Kopswerk I ist seit 1969 mit zwei und seit 1970 mit drei Maschinengruppen in Betrieb. Es hat eine Engpassleistung von 247 MW und ein Regelarbeitsvermögen von 392 Mio. kWh pro Jahr.

Es besitzt eine Konzession von 30 Jahren, in denen das Kopswerk I und der Kopssee amortisiert sein müssen, da nach Konzessionsablauf der Gewinn an das Land geht, welches aber bereits mit 95,5 % Hauptaktionär ist.

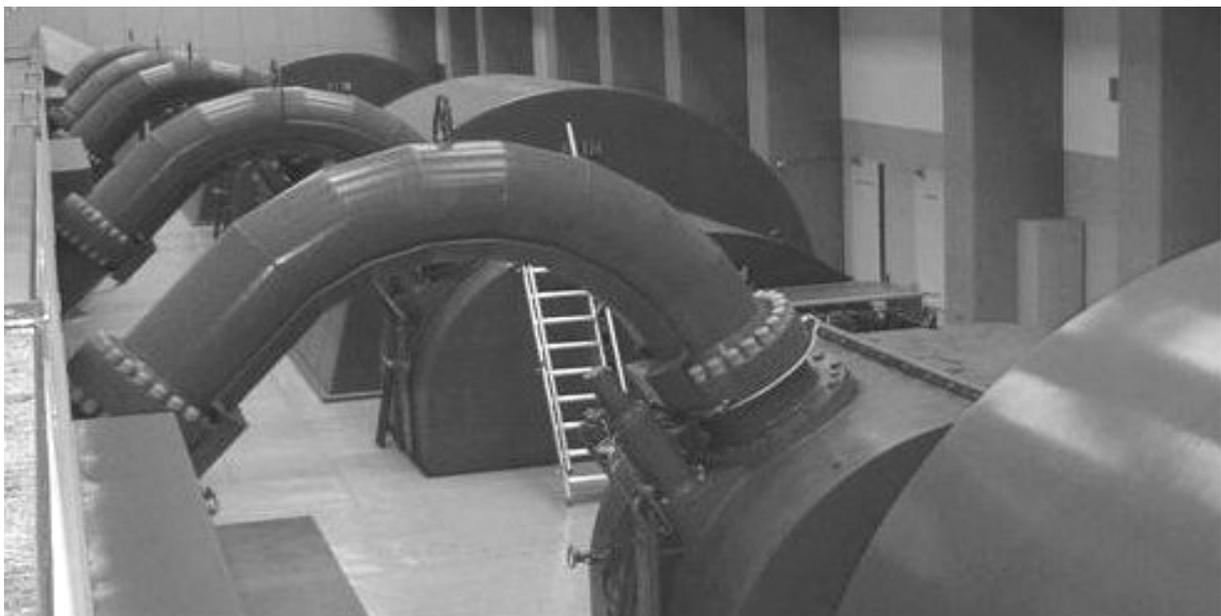
Funktionsweise des Kopswerks I

Das Wasser fließt aus dem Kopssee, der 1.809 m über N.N. liegt, durch einen Druckstollen mit einer Länge von 4,8 km und einer lichten Weite von 3,25 m mit einem Wasserdruck von 12 bar zum Wasserschloss Tafamunter. Für die Betonauskleidung in geologisch ungünstigen Abschnitten des Druckstollens und des Wasserschlosses wurde das Kernringvorspannverfahren modifiziert und mit der Abdichtung mittels Noppenfolie kombiniert.



Querschnitt des Kopswerks I

Vom Wasserschloss aus schießt das Wasser durch einen gepanzerten Druckschacht mit einer Länge von 1.227 m und einer lichten Weite von 2,6 m in das Kavernenkrafthaus mit Maschinen- und Transformatorenkaverne. Dieser Schacht ist in zwei Abschnitte mit unterschiedlichen Neigungen unterteilt. Im oberen Teil beträgt die Neigung 51 % und im unteren Teil 75 %.



Die Maschinenkaverne

Die Maschinenkaverne ist, wie schon erwähnt, ein Felsausbruch von 70 m Länge, 26 m Breite und 29 m Höhe, der mit Felsanker und Spritzbeton ge-

sichert wurde. Darin befinden sich drei horizontalachsige Maschinengruppen, bestehend aus je einem Generator und zwei zweidüsigen Pelton-Freistrahlturbinen. Der Vorteil zweier Turbinen pro Generator liegt in der Gewichtverteilung der 190 t rotierenden Massen.

Da eine Turbine von zwei Wasserstählen mit 18 cm Durchmesser, 80 bar Wasserdruck und einer Fließgeschwindigkeit von 425 km/h angetrieben wird, ergibt sich eine so kurze Anlaufzeit, so dass das Werk 60 Sekunden nach Anfrage ohne Vorbeschleunigung ans Netz gehen und nach weiteren 30 Sekunden mit Volllast Strom produzieren kann.



- Nennleistung je Doppelturbine 84,6 MW
- Durchfluss je Doppelturbine 12 m³/s
- Rohrfallhöhe 780 m
- Drehzahl 500 UpM
- Nennleistung je Generator 102 MVA
- Generator-Nennspannung 12,5 kV
- Wirkungsgrad 0,9 – 0,95

Eine Turbine-Generator-Einheit

Die Transformatorenkaverne ist ebenfalls ein Felsausbruch von 52 m Länge, 12 m Breite und 13 m Höhe. Darin befinden sich drei 102-MVA Transformatoren, welche die Generator-Nennspannung von 12,5 kV auf 240 kV Hochtransformieren. Die Maschinen- und Transformatorenkaverne sind durch Stromschienenstollen gekoppelt, wodurch die Generatoren und Transformatoren in Blockschaltung miteinander verbunden sind. Der Energietransport zu der im Ausgleichsbecken Partenen (1.024,8 m über N.N.) auf einer Stahlbetonplattform errichteten Freiluftschaltanlage erfolgt über 220-kV-Ölkabel. Von dieser Anlage wird die Energie zur Umspannanlage Bürs über ein System der 220-kV-Leitungen von Partenen abtransportiert.

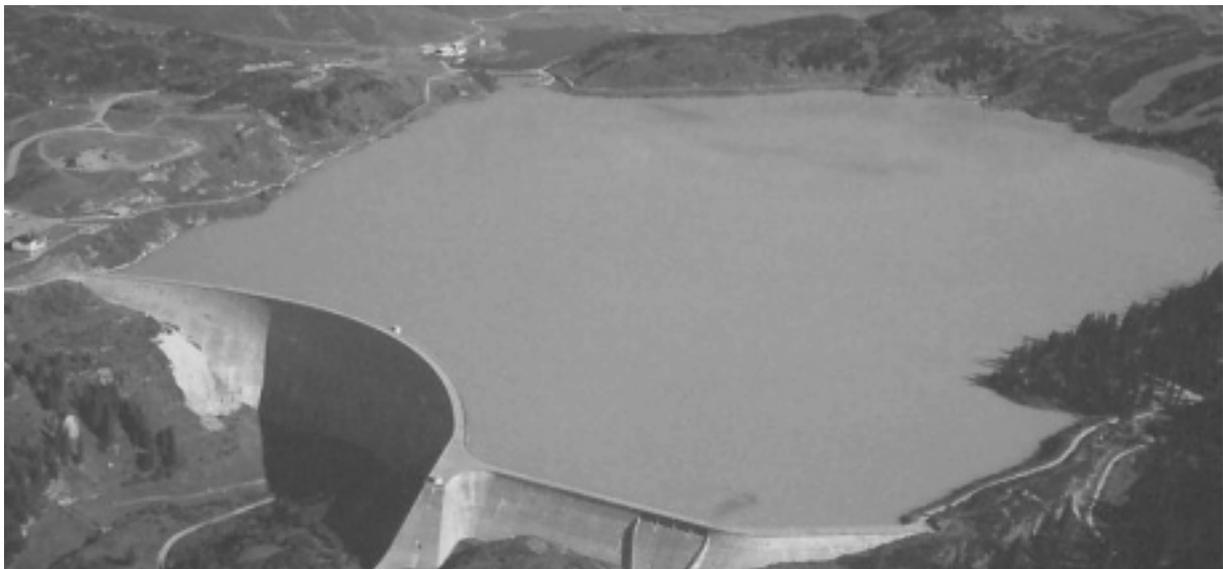
Im Kopswerk I wird so mit einem Regelarbeitsvermögen von 392 Mio. kWh Spitzenstrom erzeugt, weshalb das Kopswerk I ein wesentlicher Motor für die Wirtschaft des Landes ist.

Der Kopssee

Der Kopssee befindet sich im Bereich der europäischen Wasserscheide zwischen Donau und Rhein, liegt wie schon erwähnt auf 1.809 m über N.N. und hat ein Fassungsvermögen von 42,9 Mio. m³. Er hat ein Wassereinzugsgebiet von 170 km² und wird hauptsächlich vom Ochsentaler Gletscher gespeist.

Dieser hatte jedoch im Jahr 2003 einen Rückgang von 31 m und im letzten Jahr von 18 m erfahren, da die Schneeeauflage zum Schutz vor der Sonne zu gering war. Da aber eine über das Jahr gleich bleibende Niederschlagsmenge von 12 bis 14 mm/m² anfällt, ist ein relativ konstanter Wasserzufluss gewährleistet.

Der See liegt in wenig abrasivem Urgestein, weshalb sich kaum Sand im Wasser befindet. Deshalb, und wegen einer Wassertemperatur von maximal 8 °C, mussten die Pelton-Turbinenräder, wovon eines heute wie noch vor 40 Jahren ca. 600.000 € kostet, noch nie ausgewechselt werden.



der Kopssee

Die Mauer ist eine technische Besonderheit, da sie als Zwei-System-Mauer ausgebildet wurde. Die Hauptmauer ist eine unbewehrte Bogenmauer von 122 m Höhe, 400 m Länge und einem Volumen von 660.000 m³. Deren Widerlager bildet eine Gewichtsmauer mit 81.000 m³ Betonvolumen, 43 m Höhe, 214 m Länge und 33 m Basisbreite, die einen vorgelagerten Felsriegel erhöht. Aus Sicherheitsgründen wird die Bewegung der Mauer durch ständige automatische Messungen eines stationären Theodolits überprüft. Im Mittel bewegt sich die Mauerkrone ca. 5 cm pro Tag vor und zurück. Außerdem gibt es im ganzen Tal eine Druckluftwarnanlage, denn selbst wenn die Mauer brechen würde, bestände eine Vorwarnzeit von ca. 25 Minuten, um sich in höheren Lagen in Sicherheit zu bringen.

Wir möchten uns abschließend recht herzlich bei Herrn Hans Tschanhenz für die freundliche Betreuung und anschauliche Führung durch das Werk und bei der Illwerke AG für die Gastfreundschaft bedanken!

Neubau des Kopswerks II

Thomas Kalmbacher, Daniel Blöchle, Clarissa Makiyana

Nach dem Besuch und der Vorstellung des bestehenden Kopswerks I am Vormittag und eines stärkenden Mittagessens besuchten wir am Nachmittag die Erweiterungsbaustelle Kops II. In einem einführenden Vortrag erläuterte uns Herr Wörle und Herrn Schwarz das eindrucksvolle Projekt „Kopswerk“.

Allgemeines zum Kopswerk II

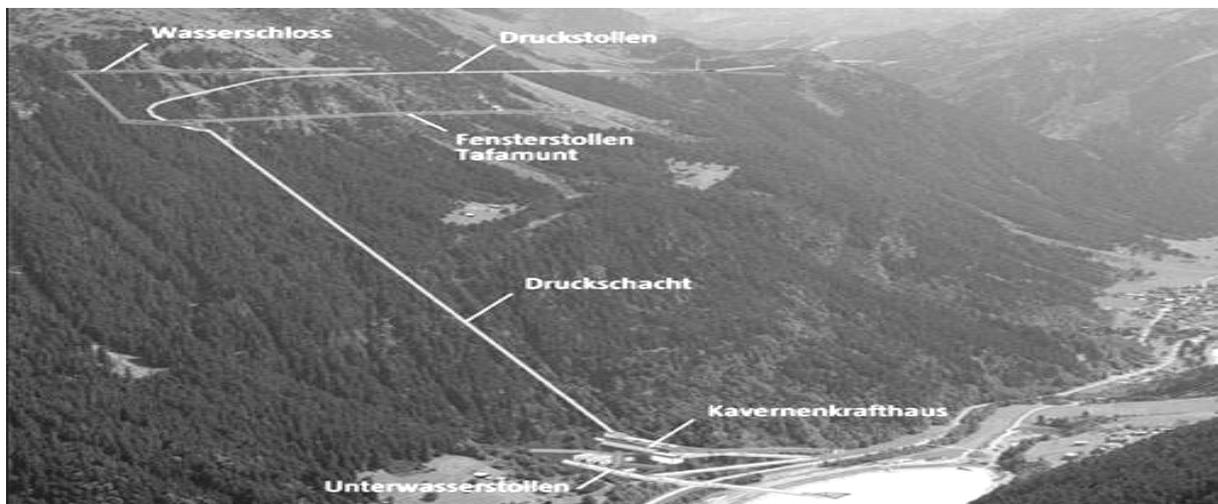
In Gaschurn-Partenen entsteht das größte Pumpspeicherkraftwerk der Illwerke AG, das Kopswerk II. Das Krafthaus ist in der Parzelle Rifa, zwischen den Tourismusorten Gaschurn und Partenen im Berginneren situiert.

Das Kopswerk II wird als Pumpspeicherkraftwerk parallel zum bestehenden Kopswerk I errichtet und mit drei hochflexiblen und rasch regelbaren Maschinensätzen mit je 150 MW ausgestattet, die sowohl den Turbinen- als auch den Pumpbetrieb erlauben. Die Kapazität der Gesamtanlage erhöht sich dadurch im Pumpbetrieb um 85 % und im Turbinenbetrieb um 36 %.

Das zukünftige Werk nutzt den bestehenden Kopssee als Oberwasserbecken und das vorhandene Becken Rifa als Unterwasserbecken. Alle großen Anlagenteile des Kopswerks II liegen im Berginneren. Der Energieabtransport erfolgt über die bestehende Kraftwerksdirektleitung.

Mit einem Investitionsvolumen von rd. 330 Mio. EUR ist das Kopswerk II der Vorarlberger Illwerke AG derzeit eines der größten Investitionsvorhaben im Vorarlberg.

Hauptbestandteile des Kopswerks II



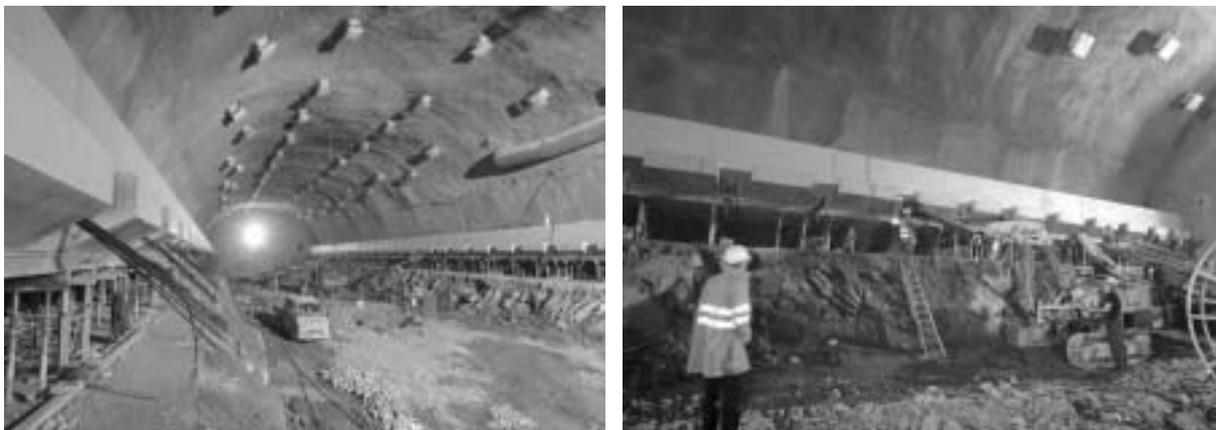
Ansicht Kopswerk II

Das Kopswerk II besteht aus den folgenden Bauwerken:

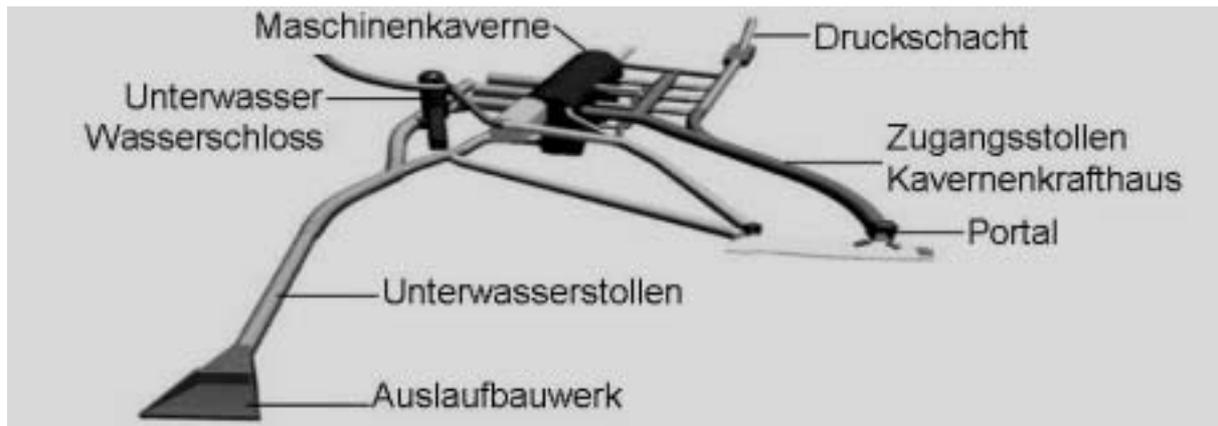
- Einlaufbauwerk im Speicher Kops
- Sperrkammer mit Entlastungsschacht
- Druckstollen: Länge 5,5 km, Innendurchmesser 4,9 m
- 2-Kammer-Wasserschloss mit Schrägschacht und 3 Drosseln
- Druckschacht: Länge 1,2 km, Innendurchmesser 3,8 m
- Hochdruckseitige Verteilrohrleitung
- Kavernenkrafthaus
 - Maschinenkaverne: Höhe 61 m, Breite 30 m, Länge 88 m
 - 3 Maschinensätze mit Pelton turbine, Motorgenerator, Wandler
- Unterwasserführung
 - 3 Druckluftwasserschlosskammern
 - Unterwasserführung zum Becken Rifa
 - 2-Kammer-Unterwasser-Wasserschloss
 - Pumpenzulaufleitung mit Niederdruckverteilrohrleitung
- Aus- und Einlaufbauwerk im Becken Rifa
- Trafokaverne: Höhe 60 m, Breite 32 m, Länge 80 m
- 220-kV - SF6-Schaltanlage

Das Kavernenkrafthaus

Nun wurde es so richtig interessant. Besichtigung der im Bau befindlichen Zugangsstollen und des Kavernenkrafthauses. Die Maschinenkaverne mit einem Felsausbruch von etwa 113.000 m³ war wirklich atemberaubend. Mit den Maßen (Länge ca. 88 m, Breite maximal ca. 30,5 m, Höhe maximal ca. 60,5 m), misst sie wohl den größten Felshohlraum Europas. Man kam sich vor wie in einem Geheimprojekt eines James Bond Filmes. Hier Sagen Bilder wohl mehr als Tausend Worte.



Maschinenkaverne



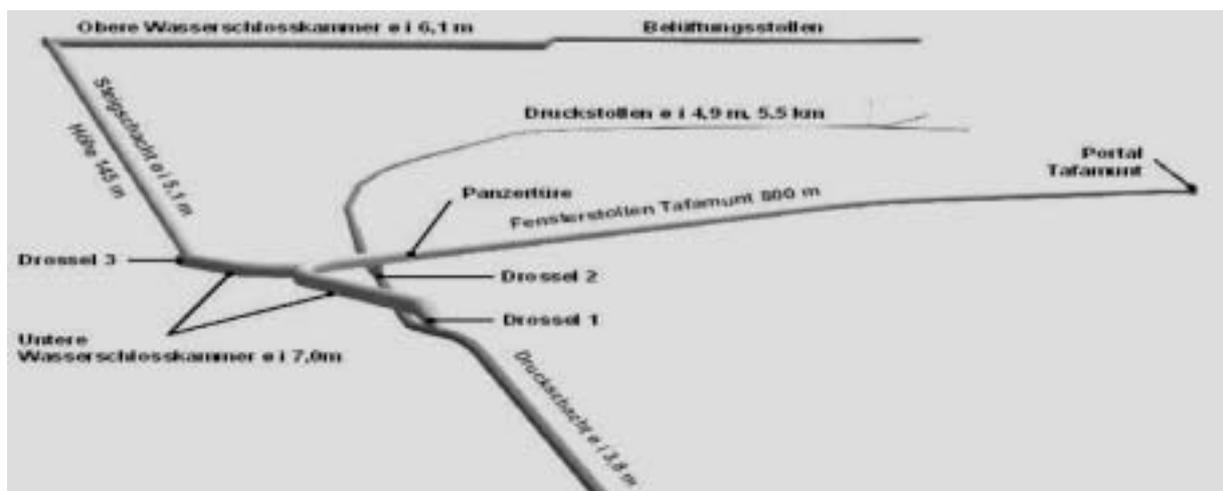
Aufbau Kavernenkrafthaus

Technische Daten

1. Kenndaten der Gesamtanlage

- Nennleistung bei Turbinenbetrieb: 450 MW Absenzziel
510 MW Stauziel
- Nennleistung bei Pumpbetrieb: 470 MW Absenzziel
450 MW Stauziel
- Generatorenleistung: 600 MVA
- Rohfallhöhe bei Speicherschwerpunkt: 798 m
- Durchfluss: 80 m³/s Turbinenbetrieb
56 m³/s Pumpbetrieb

2. Oberwasserführung



Übersicht der Oberwasserführung

Druckstollen Versal II:

Länge: 5.552 m, Innendurchmesser 4,90 m, Längsneigung 0,4 %

Druckschacht Tafamunt:

Länge 1.135 m, Innendurchmesser 3,80 m, Längsneigung 80,0 % (38,7°)

Flachstrecke:

Länge 60 m, Innendurchmesser 3,80 m

Verteilleitung:

Verjüngung auf 2,20 m mit anschließenden Trennkugelschiebern, Innendurchmesser von 1,50 m

Wasserschloss Tafamunt:

Das Wasserschloss Tafamunt besteht aus einer unteren Kammer mit zwei Verbindungen zum Druckstollen Versal II, einem schrägen Steigschacht sowie einer oberen Kammer und einem Belüftungstollen, an dessen Ende ein Belüftungsbauwerk im Übergang an die Geländeoberfläche angeschlossen ist.

Untere Kammer:

Länge gesamt 270 m, Innendurchmesser 7,0 m

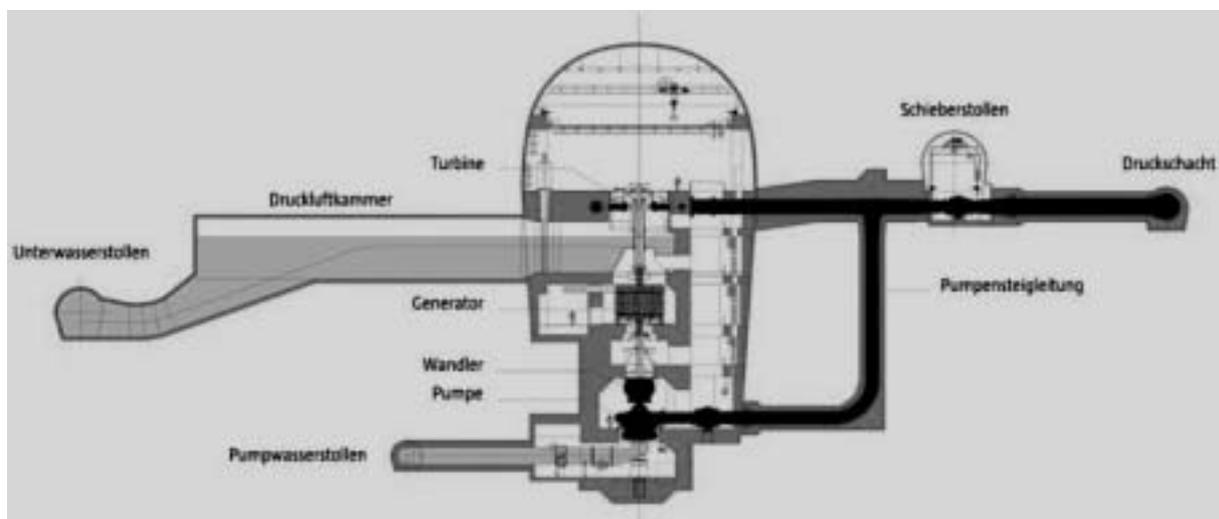
Steigschacht:

Länge 192 m, Innendurchmesser 5,1 m, Längsneigung 49°

Obere Kammer:

Länge 240 m, Innendurchmesser 6,1 m

3. Krafthaus



Übersicht Krafthaus

Maschinenkaverne:

Länge ca. 88 m, Breite maximal ca. 30,5 m, Höhe maximal ca. 60,5 m. Drei vertikalachsige Maschinensätze mit je sechsdüsiger Freistrahlturbine, Synchronmotor/-generator, hydraulischem Synchronisierwandler mit Zahnkupplung und dreistufiger Speicherpumpe.

Die Gesamthöhe des Maschinensatzes - Hauptpumpe, hydraulischer Anfahrwandler, Motorgenerator und Pelton turbine beträgt rd. 38,70 m. Nennleistungen je Turbine bei Absenkziel 150 MW. Maximale Turbinenleistung je Turbine bei Stauziel im Speicher Kops 175 MW. Aufgenommene Motorleistung je Maschinensatz im Pumpbetrieb maximal ca. 157,8 MW.

Ausbauwassermenge bei Absenkziel Kops:

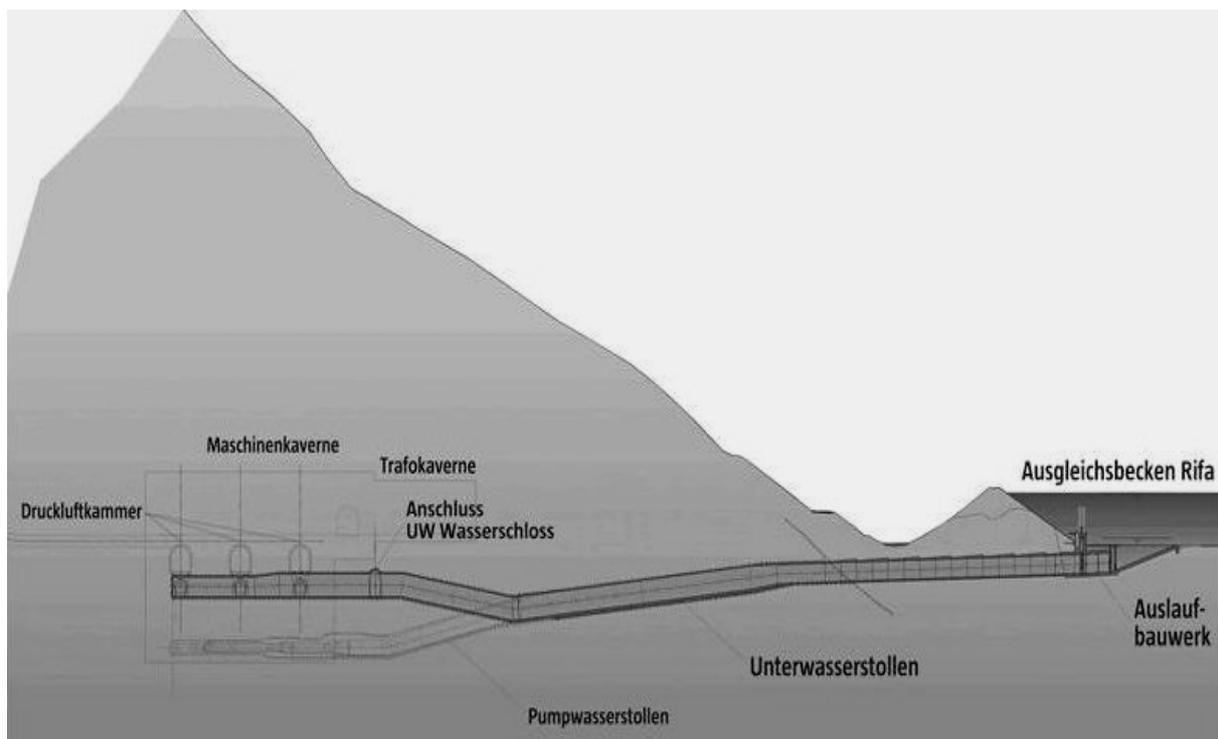
Durchfluss je Turbine 25,3 m³/s

Durchfluss je Speicherpumpe ca. 18,4 m³/s

Maximale Durchflüsse (bei Überöffnung) der Maschinen:

Durchfluss je Turbine bei Vollstau 26,7 m³/s. Maximale Förderkapazität je Speicherpumpe ca. 19,3 m³/s. Die Bruttofallhöhe beträgt zwischen 818 m und 723 m. Drehzahl 500 UpM.

4. Unterwasserführung



Übersicht Unterwasserführung

Die Unterwasserführung des Kopswerks II weist in Turbinenfließrichtung, beginnend ab dem Kavernenkrafthaus bis zur Einmündung in das Ausgleichbecken Rifa, folgende Anlagenteile auf:

- Druckluftwasserschloss mit 3 jeweils 45 m langen Kammern und 52 m² Querschnitt, anschließend Stichstollen und der 77 m lange Verbindungsstollen.
- Unterwasser-Wasserschloss mit einer 47 m langen Unterkammer, einem Steigschacht mit Innendurchmesser von 12,0 m und 31,0 m Höhe und einer kleinen oberen Schwallkammer
- Unterwasserstollen mit Unterdükerung der L 188 Silvrettastraße und der III sowie Durchörterung des Dammes des Ausgleichbeckens Rifa. Die Gesamtlänge des Unterwasserstollens beträgt 267 m. Der maximale Innendurchmesser beträgt im Bereich der im Fels liegenden Strecke 7,0 m; der Innendurchmesser im Bereich der Lockermaterialstrecke beträgt 5,8 m.
- Gemeinsames Turbinenauslauf- bzw. Pumpeneinlaufbauwerk im Ausgleichbecken Rifa, welches einen Nutzinhalt von 1,1 Mio. m³ Wasser aufweist.

Im Pumpbetrieb wird das Wasser über das gemeinsame Turbinenauslauf- bzw. Pumpeneinlaufbauwerk und einen Teil des Unterwasserstollens folgenden Anlagenteilen zugeführt:

- Im Fels liegender Abzweig des Pumpwasserstollens vom Unterwasserstollen
- Pumpwasserstollen mit einer Länge von 68 m und einem maximalen Innendurchmesser von 5,8 m
- Pumpenverteilerrohrleitung mit 2 Abzweigen und 3 Stichleitungen zu den Hauptpumpen sowie 3 Absperrklappen, die einen Innendurchmesser von 2,2 m aufweisen.

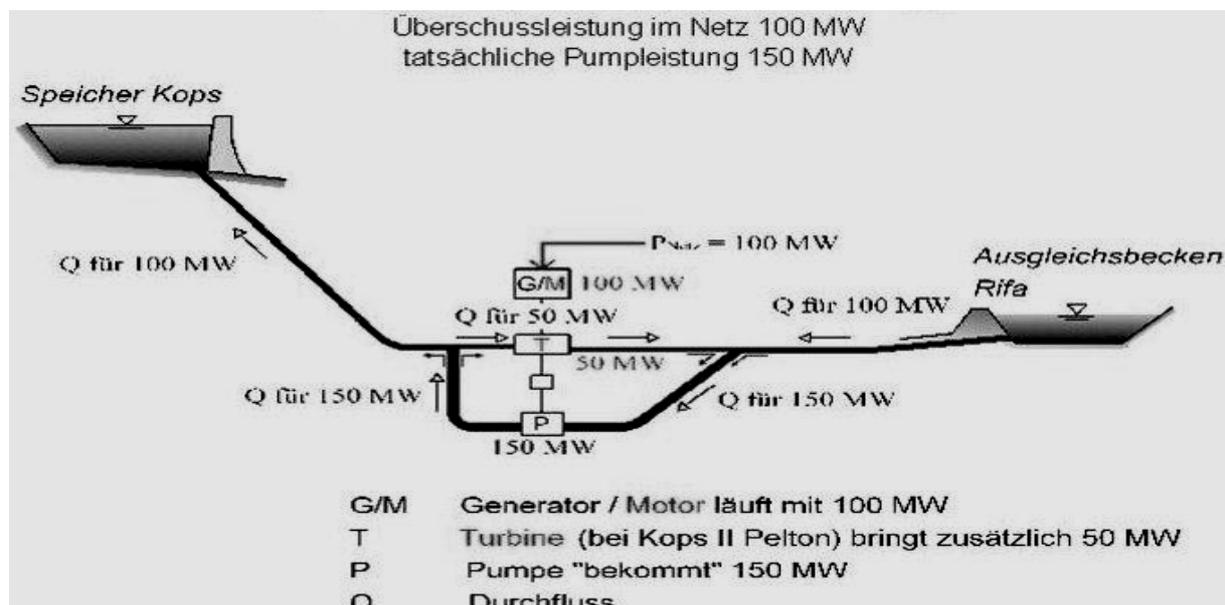
Besonderheiten und Merkmale

Neben der Erzeugung von Spitzenenergie ist die Bereitstellung von Regelenergie ein wesentliches Projektmerkmal der im Bau befindlichen Kraftwerksanlage. Die Bereitstellung eines Regelbandes zur Deckung der Abweichung des tatsächlichen Stromverbrauches vom prognostizierten erfordert die Regelfähigkeit zwischen 0 % und 100 % sowohl im Turbinen- als auch im Pumpbetrieb. Um bei Teilleistungen oder sehr geringen Leistungen einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen, ist der Einsatz von Pelton-Turbinen vorgesehen, welche diese Forderung optimal erfüllen. Daraus folgt die Notwendigkeit der Trennung der Pumpe und der Turbine, sowie der Anordnung eines Wand-

lers (Kupplung) auf einer Maschinenachse gemeinsam mit dem Motorgenerator.

Bei Leistungsüberschuss im Netz erfordert die Anpassung an die Leistungsschwankungen eine regelfähige Pumpe. Um diese Anforderung der Regelfähigkeit im Pumpbetrieb optimal, d.h. ohne nennenswerte Wirkungsgradverluste zu erreichen, kommt beim Kopswerk II der "Hydraulische Kurzschluss" zum Einsatz. Dabei wird die Differenz zwischen der immer gleich bleibenden Leistungsaufnahme der Pumpe und der vom Netz zur Verfügung stehenden Pumpleistung durch den gleichzeitigen Betrieb der Turbinen im erforderlichen Umfang kompensiert. Durch die gute Regelfähigkeit der Turbine im gesamten Leistungsband ergibt sich so auch eine gute Regelfähigkeit im Pumpbetrieb.

In idealer Anpassung an die Markterfordernisse ist so mit dem Kopswerk II Wälzpumpenspeicherung mit einer Regelfähigkeit im Turbinen- und im Pumpbetrieb von +/- 100 % der Leistung möglich. Zur optimalen Nutzung der Fallhöhe auch bei schwierigem Unterwasser-Spiegel und zur Beherrschung hydrodynamischer Vorgänge kommen in der Unterwasserführung Druckluftwasserschlosskammern zur Anwendung.



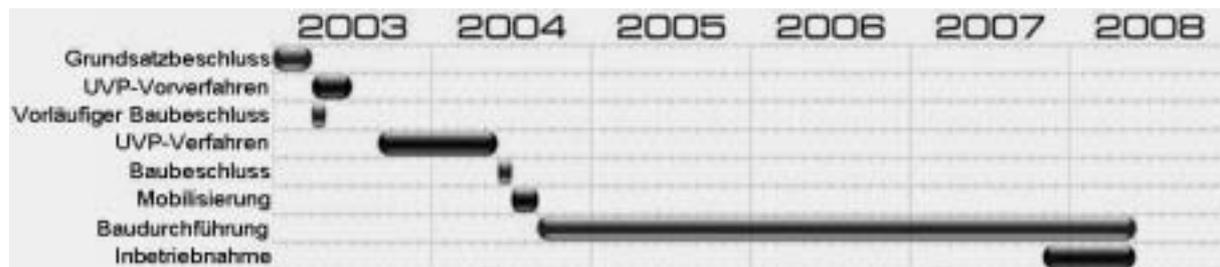
Hydraulischer Kurzschluss am Beispiel

Umweltverträglichkeit

Das Kopswerk II hat keine Auswirkungen auf öffentliche Gewässer und es wird kein zusätzliches natürliches Wassergebiet in Anspruch genommen. Es nutzt den bestehenden Kopssee und das Ausgleichsbecken Rifa. Alle wesentlichen Teile des Kopswerkes II, nämlich die Wasserführung, das Krafthaus und die Unterwasserführung, werden in Berginneren bzw. unter Tage liegen.

Der Energieabtransport erfolgt über eine bestehende Hochspannungsleitung. Nach der Inbetriebnahme werden am Kopswerk II nur noch eine Zufahrt und ein Tor im Berghang gegenüber dem Rifabecken in Partenen sichtbar sein. Die Illwerke sind bestrebt, die temporären Auswirkungen auf die Umwelt während der Bauzeit möglichst gering zu halten, damit der aus der Sicht des Landschaftsschutzes sehr sensible Berghang oberhalb Partenen unberührt bleibt.

Bauzeit



Bauzeitenplan

März 2003:	Grundsatzbeschluss für den Bau des Kopswerks II
April 2003:	Vorprüfungsverfahren zur UVP eingeleitet
September 2003:	Ansuchen um Durchführung der eigentlichen Umweltverträglichkeitsprüfung
März 2004:	mündliche Bewilligungsverhandlung nach UVP-Gesetz
Juli 2004:	Baubeschluss durch den Aufsichtsrat der Illwerke
August 2004:	Bewilligungsbescheid erhält Rechtsgültigkeit
September 2004:	Baubeginn

Ökologische Baubegleitungen

Herr Schwarz ist ökologischer Baubegleiter und ist zuständig für folgende Tätigkeiten auf der Baustelle:

- Überwachung der Einhaltung von Bescheidsvorschreibungen
- Überwachung der Einhaltung der privaten Vereinbarungen
- Direkter Kontakt zu den Anrainern (Hotline)
- Abstimmung der Immissionswerte mit behördlichen Sachverständigen
- Baustellenkoordination nach dem Baukoordinationsgesetz
- Sicherheitsansprechperson
- Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte
- Überprüfung Ölabscheider
- Umsetzung fischökologischer Auflagen
- Umsetzung tourismusrelevanter Auflagen

- Einhaltung Deponieverordnung
- Einhaltung von Grenzwerten bei Sprengungen in der Nacht
- Einhaltung von Grenzwerten bei Einleitung von Wasser in öffentliche Gewässer
- Veranlassung limnologischer Beweissicherung

Baustelle

Die Bauarbeiten zum Kopswerk II sind in drei so genannte Baulose unterteilt:

Baulos 1 - Druckstollen

Baulos 2 - Druckschacht und Wasserschloss

Baulos 3 - Kavernenkrafthaus und Unterwasserführung

Auf den drei Baustellenabschnitten wird parallel gearbeitet.



Übersicht Baulose

Deponieplan



Schuttstollen

In den Baustellenbereichen Rifa, Tafamunt und Kops wurden eigens Stollen-
ausbruchsdeponien geschaffen, von denen aus das Ausbruchmaterial per
LKW oder Förderband zu den nahe gelegenen Deponien gebracht wird.

Wir bedanken uns bei Herrn Wörle für den Vortrag über die Technik und die
Wirtschaftlichkeit des Projektes, sowie bei Herrn Schwarz über die Erläuterun-
gen über die Aufgabenbereiche eines ökologischen Bauleiters und die Infor-
mationen betreffend des Umweltschutzes.

Besuch Putzmeister-Werk, Aichtal

Alican Yücesoy, Victor Herz

Nach den interessanten Tunnel-Besichtigungen der vergangenen Tage, kamen wir zum Abschluss unserer Exkursion in den Genuss einer Werksbesichtigung bei der Firma Putzmeister in Aichtal. Vorort konnten wir uns über den Stand der Technik im Bereich Betontransport umfassend informieren.

Dort angekommen wurden wir sogleich sehr freundlich von Herrn Schulz empfangen, der uns an diesem Tag begleitete und uns zur Beantwortung unserer Fragen zur Seite stand.

In einer kleinen Einführung, die von Herrn Dr.-Ing. Hartmut Benckert, Vorstand der Putzmeister AG Technik, mit geleitet wurde, erzählte man uns viel über die Geschichte des Unternehmens. Auch der Leitgedanken des Unternehmens „Wir bringen den Beton dort hin, wo ihn der Kunde braucht“ wurde uns erläutert, und aufgrund unserer leeren Mägen sofort umgewandelt in „Wir bringen die Hungrigen dort hin, wo es was zu essen gibt“. Nach der Stärkung ging es ins Werk, wo wir die Herstellung und Montage der PM-Produkte besichtigten.

Das Unternehmen

Die Firma Putzmeister beschäftigt weltweit über 2000 Firmenangehörige. Den größten Anteil des Umsatzes erwirtschaftet das Unternehmen durch den Export seiner Maschinen, die weltweit sehr beliebt und nachgefragt sind. Zu erwähnen ist, dass Putzmeister knapp 70 % der Produktion auftragsbezogen fertigt, d.h. es wird vorwiegend nur auf Bestellung produziert. Neben der großen Palette an Autobetonpumpen, stellt die Firma Putzmeister auch Mörtelmaschinen, Hochdruckwassergeräte und mobile Teleskopförderbänder her.

Der Standort Stuttgart - Aichtal

Zentrum der Unternehmensgruppe ist das Stammwerk in Aichtal. Dort werden die Teile und Komponenten von Tochtergesellschaften und langjährigen Lieferanten angeliefert und endmontiert.

Die Montage wird durch ständige Kontrollen überwacht, so dass sichergestellt ist, dass jedes Putzmeister-Produkt unabhängig vom Herstellungsort sich durch eine überdurchschnittlich hohe Qualität und Leistungsfähigkeit auszeichnet.

Im Werk Aichtal sind um die 800 Mitarbeiter beschäftigt, sei es in der Montage oder im Vertrieb. Diese Mitarbeiterzahl macht deutlich, warum der Standort Aichtal einen so hohen Stellenwert im Unternehmen hat.

Die technische Raffinesse der Putzmeister-Fahrzeuge wurde uns von Herrn Dr.-Ing. Benckert in einem kleinen Film und anschließendem Gespräch näher gebracht. Was uns, wie auch die Erzählungen über sein tägliches Geschäft, sehr interessierte und begeisterte.

Als Hersteller von Betonpumpen liegt der Großteil des Absatzmarktes von Putzmeister-Produkten natürlich in der Bauindustrie sowie im Berg- und Tunnelbau. Aber auch in anderen Betätigungsfeldern, wie zum Beispiel in der Industrie, wo Stoffe in große Höhen vor Ort gepumpt werden müssen, sind Putzmeister-Produkte gefragt.



Putzmeister-Pumpen im Tunnelbau

Weltweit genießt die Firma aufgrund der guten Produkte, der guten Beratung und dem gut ausgebauten Servicenetz einen hervorragenden Ruf. Die Kunden werden bei der Inbetriebnahme von fachkundigen Ingenieuren unterstützt und beraten. Und können während der gesamten Betriebsphase mit dem Know-how von Putzmeister rechnen.

Das Unternehmen ist in produktorientierte Geschäftssektoren gegliedert, um höchstmögliche Innovationskraft, anwendungsorientierte Technik und markt-nahe Kundenbetreuung zu bündeln. Niederlassungen im Inland, Tochtergesellschaften im Ausland sowie leistungsfähige Händler und Vertreter sorgen sich um Vertrieb und Service in aller Welt.

Die Verantwortung gegenüber dem Kunden, den Mitarbeitern und der Umwelt wird sehr ernst genommen. Sie ist die Grundlage des Erfolges, welchen das Unternehmen täglich aufs Neue bestätigen möchte.

Das Bestreben, die Kontinuität in der weiteren Entwicklung der Putzmeister-Werke zu wahren, gibt deren Kunden die Sicherheit, von der Firma auch zukünftig stets mit Qualitätsprodukten versorgt zu werden, die den neuesten Stand der Technik repräsentieren und individuelle Wünsche erfüllen.

Durch ihre großen Leistungsreserven eignen sie sich für extremste Einsätze, reduzieren den Verschleiß und sichern ihre hohe Betriebsbereitschaft. Selbst unter schwierigsten Arbeitsbedingungen bleibt der Putzmeister-„Elefant“ bedienungs- und wartungsfreundlich.

All dies trägt zum fast sprichwörtlich hohen Wiederverkaufswert der Putzmeister Betonpumpen bei. Die Palette der Putzmeister Autobetonpumpen deckt einen großen Anwendungsbereich ab. Darüber hinaus kann jede Autobetonpumpe mit einer Reihe zusätzlicher Optionen ausgestattet werden.

Karlsruher Baubetriebler als Elefanten-Dompteure



Ein Gigant erhebt sich

Auf dem Turmberg, dem künstlich angelegten Testgelände bei PM, werden die „sanften Riesen“ auf Herz und Nieren geprüft. Zu unserem Glück, waren an diesem Freitagnachmittag noch zwei Angestellte auf dem Testgelände damit beschäftigt, eine 63-Meter-Ausleger-Betonpumpe auf einem Daimler-Chassi zu justieren. So kam jeder von uns in das Vergnügen, einmal so einen „Giganten“ zu bedienen.



Fernbedienung für Betonpumpe mit Ausleger



Putzmeister „Elefant“

EBC (Ergonic Boom Control)

Die Fernsteuerung ist die wichtigste Schnittstelle zwischen dem Betonpumpenfahrer und seiner Maschine. Ihr Bedienkonzept entscheidet darüber wie feinfühlig sich der Mast steuern lässt. So werden mit zwei Proportional-Joysticks alle sechs Mastbewegungen gesteuert, ohne dass der Betonpumpenfahrer einmal umgreifen muss.

Das geht so komfortabel und sicher wie noch nie und erhöht obendrein die Einbauleistung der Betonpumpe. Der Betonpumpenfahrer wird entlastet und kann sich viel mehr auf das Umfeld und die Bewegung des Endschlauches konzentrieren.

Ohne EBC ging es beim Fahren und Drehen des Verteilermastes nur im Stop-and-go-Prinzip voran, außerdem waren die Ausschläge am Endschlauch unregelmäßig, was eine genaue Verteilung der Betonmassen erschwerte. Mit EBC hingegen, wurde die Vertikalbewegung des Mastes auf ca. 1/3 gedämpft und gleichzeitig die Ausschläge des Endschlauches in alle Richtungen reduziert.

Auch wenn unsere ungeübten Handgriffe an der mit Fingerspitzengefühl zu bedienenden Steuerung, zu der einen oder anderen Schrecksekunde führte, so machte es doch allen einen Heidenspaß diesen Ausleger einmal bedienen zu dürfen.

Besichtigung der Lager-, Prüf-, und Montagehallen

In der 3D-Meßanlage werden alle relevanten Teile auf Passgenauigkeit überprüft. Bei den Aussparungen der Wasserkästen kommt es beispielsweise auf eine Genauigkeit von 1/100 mm an. Mit einem speziellen Programm tastet sich die Maschine von Messpunkt zu Messpunkt und veranschaulicht das Objekt dann in einer 3D Grafik am Monitor oder via Beamer an die Wand.



3D-Meßmaschine



Hydraulikzylinder



Schlauchquetschpumpe

Einige Bereiche des Werkes durften wir, um die Betriebsgeheimnisse zu wahren, leider nicht betreten. Dennoch bekamen wir recht interessante Einblicke in die tiefsten Tiefen des Maschinenbaus, so z.B. in die Zusammensetzung der Hydraulik-Betonpumpen, deren Kraft und Ausmaße manches Auge zum Glänzen brachte.

Die Endmontage findet in der sogenannten Perlenkettenmontage statt, auch bekannt unter dem Namen Taktmontage. Jeder Bereich erledigt seinen Teil am Gesamtwerk und gibt den Montagekörper zur nächsten Abteilung weiter.

Das Ende der Tour war auch das Ende des Montage-Ablaufs. Die Aufsätze wurden fertiggestellt und auf den Chassis befestigt, sofern sie nicht für den Export bestimmt waren.

Putzmeister hat, trotz auftragsorientierter Produktion, immer eine Anzahl an Fahrzeug-Chassis vor Ort, um größtmögliche Sicherheit in der Produktionskette zu gewähren. Sämtliche Modifikationen an den Chassis nimmt Putzmeister selbst vor.

Die Funktionsweise einer Betonpumpe

„Aber wie funktionieren diese Pumpen eigentlich?“. Fragen über Fragen, die wir natürlich fleißig stellten. Herr Schulz war dankbar für das rege Interesse und wir für die ausführlichen Antworten.

Antwort:

Das tiefliegende Rührwerk schaufelt den Beton direkt vor die Zylinderöffnungen. Zwei kraftvolle und schnell schaltende Umschaltzylinder sind gedämpft und bewegen den „Rüssel“ vor den großen Saugöffnungen hin und her. Dieser gibt dabei abwechselnd die Druck- und Saugöffnung frei. Ein Automatikring gleicht dabei den Verschleiß aus und dichtet das System auch bei hohem Drücken optimal ab.



Fabrikneuer PM M42

Mit hohen Förderdrücken bis zu 130 bar bei Fördermengen von bis zu 200 m³/h sind Putzmeister-Pumpen für alle Betonieraufgaben bestens geeignet, egal ob mit C- oder S-Rohrweiche ausgestattet. Sowohl C- und S-Rohrweichen sind optimal dichte Fördersysteme, da es nur eine einzige Trennstelle zwischen Brillenplatte und Rohrweiche gibt.

Die gesamte Umschalt-Hydraulik sowie die Lagerungen liegen außerhalb des Betonbereichs. Wartungsfreundlich sind die geringe Anzahl an Bauteilen und deren einfacher Austausch. Beim Verschleißteilaustausch muss der Trichter nicht abgebaut werden.

Von außen kann der Verschleiß von Rohrweiche und Brille optisch schnell kontrolliert und nachgestellt werden. Verschleißteile wie C- und S-Rohr und das Zweilagendruckrohr sind auf eine lange Lebensdauer ausgelegt. Die Wanddicken der Teile aus Spezialguss sind für einen gleichmäßigen Verschleiß optimiert, d.h. im Falle eines Austausches können sie gemeinsam ausgewechselt werden. Das sichert die hohe Verfügbarkeit durch kürzere Service- und Wartungszeiten.

Die C-Rohrweiche bietet einen kurzen und direkten Betonfluss vom Förderzylinder zum Mast. Weniger Bögen in der Förderleitung heißt auch weniger Verschleißkosten.

Der ungehinderte Zugang zum Trichter von allen Seiten ermöglicht Fahrmischern eine überlappende Beschickung und die volle Ausnutzung der hohen Pumpleistung.

Oftmals kam es auf der Führung zu Aha-Effekten, da wir den in der Theorie vermittelten Stoff nun veranschaulicht vor uns sahen. Daher gilt unser Dank der Firma Putzmeister, die uns diesen Besuch ermöglicht hat, und speziell Herrn Schulz, der uns viel Wissen über Betonpumpen vermitteln konnte.

Veröffentlichungen

Des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb

REIHE F - FORSCHUNG

Heft 1	Hans PINNOW "Vergleichende Untersuchungen von Tiefbauprojekten in offener Bauweise"	1972
Heft 2	Heinrich MÜLLER "Rationalisierung des Stahlbetonbaus durch neue Schalverfahren und deren Optimierung beim Entwurf"	1972
Heft 3	Dieter KARLE "Einsatzdimensionierung langsam schlagender Rambäre aufgrund von Rammsondierungen"	1972
Heft 4	Wilhelm REISMANN "Kostenerfassung im maschinellen Erdbau"	1973
Heft 5	Günther MALETON "Wechselwirkungen von Maschine und Fels beim Reißvorgang"	1973
Heft 6	Joachim HORNUNG "Verfahrenstechnische Analyse über den Ersatz schlagender Rammen durch die Anwendung lärmarm- er Baumethoden"	1973
Heft 7	Thomas TRÜMPER/Jürgen WEID "Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von Schneidköpfen bei Unterwasserbaggerungen"	1973
Heft 8	Georg OELRICHS "Die Vibrationsrammung mit einfacher Längsschwing- wirkung - Untersuchungen über die Kraft- und Bewe- gungsgrößen des Systems Rammbar plus Ramm- stück im Boden"	1974

Heft 9	Peter BÖHMER "Verdichtung bituminösen Mischgutes beim Einbau mit Fertigern"	1974
Heft 10	Fritz GEHBAUER "Stochastische Einflussgrößen für Transportsimulationen im Erdbau"	1974
Heft 11	Emil MASSINGER "Das rheologische Verhalten von lockeren Erdstoffgemischen"	1976
Heft 12	Kawus SCHAYEGAN "Einfluss von Bodenkonsistenz und Reifeninnendruck auf die fahrdynamischen Grundwerte von EM-Reifen"	1975
Heft 13	Curt HEUMANN "Dynamische Einflüsse bei der Schnittkraftbestimmung in standfesten Böden"	1975
Heft 14	Hans-Josef KRÄMER "Untersuchung der bearbeitungstechnischen Bodenkennwerte mit schwerem Ramm-Druck-Sondiergerät zur Beurteilung des Maschineneinsatzes im Erdbau"	1976
Heft 15	Friedrich ULBRICHT "Baggerkraft bei Eimerkettenschwimmbaggern - Untersuchungen zur Einsatzdimensionierung"	1977
Heft 16	Bertold KETTERER "Einfluss der Geschwindigkeit auf den Schneidvorgang in rolligen Böden" - vergriffen -	1977
Heft 17	Joachim HORNUNG/Thomas TRÜMPER "Entwicklungstendenzen lärmarmen Tiefbauverfahren für den innerstädtischen Einsatz"	1977

Heft 18	Joachim HORNUNG "Geometrisch bedingte Einflüsse auf den Vorgang des maschinellen Reißens von Fels - untersucht an Modellen"	1978
Heft 19	Thomas TRÜMPER "Einsatzoptimierung von Tunnelvortriebsmaschinen"	1978
Heft 20	Günther GUTH "Optimierung von Bauverfahren - dargestellt an Beispielen aus dem Seehafenbau"	1978
Heft 21	Klaus LAUFER "Gesetzmäßigkeiten in der Mechanik des drehenden Bohrens im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgestein" - vergriffen -	1978
Heft 22	Urs BRUNNER "Submarines Bauen - Entwicklung eines Bausystems für den Einsatz auf dem Meeresboden" - vergriffen -	1979
Heft 23	Volker SCHULER "Drehendes Bohren in Lockergestein - Gesetzmäßigkeiten und Nutzenanwendung"	1979
Heft 24	Christian BENOIT "Die Systemtechnik der Unterwasserbaustelle im Offshore-Bereich"	1980
Heft 25	Bernhard WÜST "Verbesserung der Umweltfreundlichkeit von Maschinen, insbesondere von Baumaschinen-Antrieben"	1980
Heft 26	Hans-Josef KRÄMER "Geräteseitige Einflussparameter bei Ramm- und Drucksondierungen und ihre Auswirkungen auf den Eindringwiderstand"	1981

Heft 27	Bertold KETTERER "Modelluntersuchungen zur Prognose von Schneid- und Planierkräften im Erdbau"	1981
Heft 28	Harald BEITZEL "Gesetzmäßigkeiten zur Optimierung von Betonmi- schern"	1981
Heft 29	Bernhard WÜST "Einfluss der Baustellenarbeit auf die Lebensdauer von Turmdrehkränen"	1982
Heft 30	Hans PINNOW "Einsatz großer Baumaschinen und bisher nicht er- fasster Sonderbauformen in lärmempfindlichen Gebie- ten"	1982
Heft 31	Walter BAUMGÄRTNER "Traktionsoptimierung von EM-Reifen in Abhängigkeit von Profilierung und Innendruck"	1982
Heft 32	Karlheinz HILLENBRAND "Wechselwirkung zwischen Beton und Vibration bei der Herstellung von Stahlbetonrohren im Gleitverfah- ren"	1983
Heft 33	Christian BENOIT "Ermittlung der Antriebsleistung bei Unterwasser- schaufelrädern"	1985
Heft 34	Norbert WARDECKI "Strömungsverhalten im Boden-/Werkzeugsystem"	1986
Heft 35	Christian BENOIT "Meeresbergbau - Bestimmung der erforderlichen An- triebskraft von Unterwasserbaggern"	1986
Heft 36	Rolf Victor SCHMÖGER "Automatisierung des Füllvorgangs bei Scrapern"	1987

Heft 37	Alexander L. MAY "Analyse der dreidimensionalen Schnittverhältnissen beim Schaufelradbagger"	1987
Heft 38	Michael HELD "Hubschraubereinsatz im Baubetrieb"	1989
Heft 39	Gunter SCHLICK "Adhäsion im Boden-Werkzeug-System"	1989
Heft 40	Franz SAUTER "Optimierungskriterien für das Unterwasserschaufel- rad (UWS) mittels Modellsimulation"	1991
Heft 41	Stefan BERETITSCH "Kräftespiel im System Schneidwerkzeug-Boden"	1992
Heft 42	Heinrich SCHLICK "Belastungs- und Fließverhältnisse in Silos mit zentra- len Einbauten und Räumarmaustrag"	1994
Heft 43	Günther DÖRFLER "Untersuchungen der Fahrwerkbodeninteraktion zur Gestaltung von Raupenfahrzeugen für die Befahrung weicher Tiefseeböden"	1995
Heft 44	Axel OLEFF "Auslegung von Stellelementen für Schwingungserre- gerzellen mit geregelter Parameterverstellung und a- daptive Regelungskonzepte für den Vibrationsramm- prozess"	1996
Heft 45	Kunibert LENNERTS "Stand der Forschung auf den Gebieten der Facility- und Baustellen-Layoutplanung"	1997

Heft 46	Kunibert LENNERTS "Ein hybrides, objektorientiertes System zur Planung optimierter Baustellen-Layouts"	1997
Heft 47	Uwe RICKERS "Modellbasiertes Ressourcenmanagement für die Rettungsphase in Erdbebengebieten"	1998
Heft 48	Ulrich-Peter REHM "Ermittlung des Antriebsdrehmomentes von Räumarmen in Silos mit Einbaukörper und kohäsivem Schüttgut"	1998
Heft 49	Dirk REUSCH "Modellierung, Parameterschätzung und automatische Regelung mit Erschütterungsbegrenzung für das langsame Vibrationsrammen"	2001
Heft 50	Franz DIEMAND "Strategisches und operatives Controlling im Bauunternehmen"	2001
Heft 51	Karsten SCHÖNBERGER "Entwicklung eines Workflow-Management-Systems zur Steuerung von Bauprozessen in Handwerker-netzwerken"	2002
Heft 52	Christian MEYSENBURG "Ermittlung von Grundlagen für das Controlling in öffentlichen Bauverwaltungen"	2002
Heft 53	Matthias BURCHARD "Grundlagen der Wettbewerbsvorteile globaler Bau-märkte und Entwicklung eines Marketing Decision Support Systems (MDSS) zur Unternehmensplanung"	2002
Heft 54	Jarosław JURASZ "Geometric Modelling for Computer Integrated Road Construction" ("Geometrische Modellierung für den rechnerintegrierten Straßenbau")	2003

Heft 55	Sascha GENTES "Optimierung von Standardbaumaschinen zur Rettung Verschütteter"	2003
Heft 56	Gerhard W. SCHMIDT "Informationsmanagement und Transformationsauf- wand im Gebäudemanagement"	2003
Heft 57	Karl-Ludwig Kley "Positionierungslösung für Straßenwalzen – Grundla- ge für eine kontinuierliche Qualitätskontrolle und Do- kumentation der Verdichtungsarbeit im Asphaltbau"	2004
Heft 58	Jochen Wendebaum "Nutzung der Kerntemperaturvorhersage zur Verdich- tung von Asphaltmischgut im Straßenbau"	2004
Heft 59	Frank Friedrich "Ein High-Level-Architecture-basiertes Multiagenten- system zur Ressourcenoptimierung nach Starkbeben"	2004
Heft 59	Joachim Dedeker "Rechnergestützte Simulation von Bauproduktions- prozessen zur Optimierung, Bewertung und Steue- rung von Bauplanung und Bauausführung"	2005

REIHE V - VORLESUNGEN UND MITTEILUNGEN

Heft 1	Heinrich MÜLLER "Management im Baubetrieb"	1974
Heft 2	Erwin RICKEN "Baubetriebswirtschaft B" - vergriffen -	1974
Heft 3	Thomas TRÜMPER "Elektrotechnik" - vergriffen -	1975
Heft 4	Albrecht GÖHRING "Zusammenfassung des Seminars Anorganische Chemie"	1975
Heft 5	Joachim HORNUNG "Netzplantechnik" - vergriffen -	1975
Heft 6	Günter KÜHN "Baubetriebstechnik I" Teil A: Baubetrieb Teil B: Hochbautechnik	1988
Heft 7	Günter Kühn "Baubetriebstechnik II" Teil A: Tiefbau Teil B: Erdbau	1985
Heft 8	Bernhard WÜST "Maschinentechnik I"	1982
Heft 9	Norbert WARDECKI "Maschinentechnik II"	1983
Heft 10	Fritz HEINEMANN "Einführung in die Baubetriebswirtschaftslehre" - vergriffen -	1991

Heft 11	Fritz GEHBAUER "Wer soll die Zukunft gestalten, wenn nicht wir?"	1989
Heft 12	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1989 Chile – Argentinien – Brasilien“	1989
Heft 13	„Mitgliederverzeichnis – Gesellschaft der Freunde des Instituts“	1996
Heft 14	„Das Institut“	1996
Heft 15	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1990 Deutschland – Dänemark – Norwegen – Belgien“	1990
Heft 16	Fritz GEHBAUER „Baubetriebstechnik I“ Teil A: Baubetrieb Teil B: Hochbau	1997
Heft 17	Fritz GEHBAUER „Baubetriebstechnik II“ Teil A: Erdbau Teil B: Tiefbau	1997
Heft 18	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1991 Deutschland – Polen“	1991
Heft 19	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1992 Südostasien – Bangkok – Hongkong – Taipeh“	1992
Heft 20	Alfred WELTE „Nassbaggertechnik – Ein Sondergebiet des Baubetriebes“ Ausgewählte Kapitel – nur noch 1 Exemplar -	1993

Heft 21	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1993 Großbritannien“	1993
Heft 22	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1994 Österreich“	1994
Heft 23	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1995 Deutschland"	1995
Heft 24	Die Studenten "Studentenexkursion 1996 Neue Bundesländer"	1996
Heft 25	Herbert FEGER "Betonbereitung" Teil 1 der Vorlesung "Betonbereitung und -transport"	1997
Heft 26	Herbert FEGER "Betontransport" Teil 2 der Vorlesung "Betonbereitung und -transport"	1997
Heft 27	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1997 Deutschland - Tschechien"	1997
Heft 28	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1998 Deutschland"	1998
Heft 29	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1999 Deutschland – Schweiz - Frankreich"	1999
Heft 30	Fritz GEHBAUER "Baubetriebswirtschaftslehre"	2000

Heft 31	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2000 Deutschland – Rhein/Main - Ruhr"	2000
Heft 32	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2001" Goldisthal - Berlin - Hannover	2001
Heft 33	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2002" Essen – Hamburg – Hannover	2002
Heft 34	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2003" Zürich – Luzern – München	2003
Heft 35	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2004" Köln – Hamburg – Hannover	2004
Heft 36	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2005" Schweiz – Österreich – Deutschland	2005