

PRESIDENT'S SELECTION

Newsletter des ETH-Präsidenten

www.ethz.ch

DER GOTTHARD-BASISTUNNEL

Hohes Können tief im Berg



Foto: AlpTransit

Tunnelbau-Weltpremiere: Flexible Stahlbögen trotzen dem grossen Gebirgsdruck.

Am 15. Oktober erfolgt im Gotthard-Basistunnel der Hauptdurchschlag. Das NEAT-Projekt kann damit einen Meilenstein in der Eisenbahngeschichte feiern. Zum Gelingen des Jahrhundertbauwerks hat auch die ETH Zürich massgeblich beigetragen. Ihre Schlüsselexperimente und ein ausgeklügeltes Bauverfahren bändigten schliesslich den Berg.

Wer eine der AlpTransit-Baustellen am Gotthard besucht, ist schlicht überwältigt. Ein Riesenteam hat grossartige Arbeit geleistet. Planer und Ingenieure, Mineure und Bauarbeiter sowie Fachleute aus vielen andern Disziplinen sind seit Jahren im Einsatz. Das Ziel ist klar: Ende 2017 soll der Gotthard-Basistunnel in Betrieb gehen.

Bei Entwurf und Konstruktion des weltweit längsten Tunnels hat die Forschung eine entscheidende Rolle gespielt. Ohne zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten in Geologie, Untertagbau und Geodäsie, aber auch in der Raum- und Verkehrsplanung wäre das anspruchsvolle Bauwerk kaum zu realisieren gewesen.

Druckversuche mit Gesteinsmehl

Mit ihrer breit gefächerten Fachkompetenz hat die ETH Zürich wesentlich zum Erfolg beigesteuert. Exemplarisch sollen das die felsmechanischen Experimente für den wohl kritischsten Abschnitt des Tunnels veranschaulichen. Denn über das Tavet-

scher Zwischenmassiv zerbrachen sich die Tunnelbauer den Kopf. Hier wurde der Fels aus Granit und Gneisen während der Alpenfaltung förmlich zerrieben. Zurück blieb butterweiches Gesteinsmehl mit unberechenbaren geotechnischen Eigenschaften, so genannter Kakirit. Die entscheidende Frage für die Experten war: Wie stark wird sich der Fels unter hohem Gebirgsdruck hier nach dem Ausbruch ausdehnen?

Gebirge tobte sich aus

Mit Schrägbohrungen wurden Proben aus der kritischen Zone entnommen und im

Felslabor des ETH-Instituts für Geotechnik untersucht. Anhand der aufwändigen Druckversuche liessen sich die mechanischen Eigenschaften der Gesteine bestimmen und daraus mit Modellrechnungen das Verhalten des Gebirges abschätzen. Weil der Berg sich nach dem Ausbruch «autobte» (Mineurjargon) und bis zu 70 cm radial ausdehnte, kam eine neu entwickelte Baumethode zum Einsatz. Deformierbare Stahlbögen fingen die grossen Felsverformungen auf, bevor eine 1,2 m mächtige Betonschale eingebaut wurde.



Foto: ETH Zürich

Kakirit-Probe, nach dem Versuch stark deformiert.

Unvergleichlich schwierige Aufgaben

Der Gotthard-Basistunnel stellte die Ingenieure vor beispiellose Herausforderungen. Das Bauwerk ist mit 57 km nicht nur der längste Tunnel der Welt, es wird auch überdeckt von teilweise 2,5 km hohem Gebirge. Man besass keine Erfahrung, wie der Fels beim Ausbruch re-

agierte. Zudem waren zwei geologisch kritische Zonen zu meistern: Die Piora-Mulde mit dem dort zuerst vermuteten zuckerkörnigen Dolomit und das Tavetscher Zwischenmassiv mit seinen fast wie Zahnpasta leicht verformbaren Gesteinsschichten.

EDITORIAL

Einfach ingeniös

Liebe Leserin, lieber Leser



Der Bau der NEAT mit den beiden Basistunnels wird zweifellos in die Geschichtsbücher eingehen. Für viele Aussenstehende

erschien das grandiose Vorhaben zunächst als Abenteuer mit ungewissem Ausgang.

Doch die mit der Planung betrauten Fachleute waren keine Hasardeure. Mit einer klaren Problemanalyse, basierend auf wissenschaftlichen und technischen Fakten, haben sie den Bauherren selbst bei schwierigsten Aufgaben den richtigen Weg aufgezeigt.

Wissenschaft und Forschung sind folglich weder Geheimlehre noch Zauberei. Dank Sachverstand, Systematik, Köpfchen und Glück gelingen selbst Werke wie die NEAT, für die es keinen Prototyp gibt.

Die Suche nach ingeniiösen Lösungen mit kalkulierbaren Risiken brachte den buchstäblich durchschlagenden Erfolg. Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

R. Eichler

Prof. Dr. Ralph Eichler,
Präsident ETH Zürich

DAS ZITAT

«Wir standen vor einer völlig unbekanntem Ausgangslage und hatten überhaupt kein Vorbild.»

Kalman Kovári, em. ETH-Professor für Untertagbau, zu seinem Vorsitz in der Arbeitsgruppe Bautechnik Basistunnel (1990–2003), einer Art NEAT-Task-Force.

ENTWICKLUNG



Unteres Reusstal: NEAT-Eingang und Testplanungsgebiet.

Raum in Planung

Die NEAT-Hochleistungsachse verbindet in Europa mehrere der stärksten Wirtschaftsräume miteinander. Für eine wirksame Raumentwicklung dieses Korridors sind daher zweckmässige Planungsmethoden unerlässlich. Die ETH Zürich forscht seit Jahrzehnten auf diesem Gebiet.

Im Einzugsgebiet der Basistunnels von Gotthard und Lötschberg wohnen 70 Millionen Menschen und auf den beiden Achsen werden 700 Millionen Tonnen Waren verschoben, das sind 50% des Nord-Süd-Güterverkehrs auf der Schiene. Angesichts dieser Dimensionen stellen sich grundsätzliche Fragen der zukünftigen Wirtschafts-, Raum- und Eisenbahnentwicklung.

Ein neuartiges Verfahren, das die ETH mitentwickelt, sind Testplanungen. Dabei werden eingebrachte Ideen im Wechselspiel von Entwurf und Kritik zu möglichen Lösungen herauskristallisiert. So konnten für das untere Reusstal, wo 80% der Urner Bevölkerung leben, komplexe Fragen der Siedlungs-, Infrastruktur- und Landschaftsentwicklung geklärt werden. Das Ziel: Uri soll sich zu einem bevorzugten Wohnkanton mit einer guten Verkehrserschliessung an die nahen Zentren Luzern, Zug und Zürich entwickeln, ohne aber auf die Bemühungen für eine eigenständige wirtschaftliche Entwicklung zu verzichten.

GEODÄSIE

Zentimetergenau

Die Ingenieurvermessung ist im Tunnelbau eine ausschlaggebende Disziplin. Zentimetergenau müssen die Bohrmaschinen durch den Berg gelenkt werden. In der Geodäsie unterstützt die ETH Zürich die Praxis bei der Entwicklung und Erprobung von Mess- und Auswerteverfahren für extrem lange Tunnel.

Bei Tunnelbauwerken im Ausland kam es bei der geometrischen Führung zu Abweichungen bis zu 1 Meter, weil die atmosphärische Lichtbrechung und weitere Einflüsse ungenügend berücksichtigt wurden. Diese Mängel hätten für den Gotthard-Basistunnel verheerende Folgen gehabt, da hier zusätzlich die Kreiselnordrichtung infolge der unregelmässigen Lotabweichungen im Alpenraum stark verfälscht wird. Die grossen Gebirgsmassen verursachen nämlich bedeutsame Ablenkungen der Lotrichtung zwischen der mathematischen Form der Erde (Ellipsoid) und der tatsächlichen Form (Geoid). Daher müssen die unterirdischen Richtungsbestimmungen entsprechend korrigiert werden.

Neuste Spezialkenntnisse verfügbar

Dafür hat das ETH-Institut für Geodäsie und Photogrammetrie bessere mathematische Modelle entwickelt, die noch vor den Arbeiten am Gotthard-Basistunnel mit einem hochpräzisen Kreiseltheodoliten zu erproben waren. Ein schnell rotierender Kreisel pendelt dabei aufgrund der Erdrotation um die geografische Nordrichtung.

Die Ergebnisse wurden im Gotthard dringend gebraucht, deshalb hat die ETH die Resultate der Untersuchungen immer sofort veröffentlicht und an Weiterbildungsseminaren zugänglich gemacht. Die interessierten Ingenieurbüros, die die Vermessungsleistungen für die NEAT dann offerieren wollten, verfügten somit über die neusten Spezialkenntnisse.

KURZ NOTIERT

Wissensträger ETH

Der Bau der NEAT hat an der ETH Zürich zahlreiche Forschungsprojekte und über ein Dutzend Dissertationen ausgelöst. Zudem haben in der Praxis mehrere 100 ETH-Absolventen aus Ingenieur- und Naturwissenschaften bei der Planung, Projektierung und Ausführung mitgearbeitet. Der Wissenstransfer von der Hochschule in die Wirtschaft hat sich bei diesem Grossprojekt mit Gesamtkosten von ca. 20 Mia. Franken als unverzichtbar erwiesen. Mangelndes Know-how und fehlende Dienstleistungen in der Schweiz hätten vermutlich zu Mehrkosten in Milliardenhöhe geführt.



Das unwägbare Nass

Wasser ist nicht nur ein begehrtes Nass, im Tunnelbau bereitet es auch Schwierigkeiten (siehe Wassereintrich oben). Die Prognose und Modellierung der Tunnelzuflüsse und Gebirgsverformungen durch das Geologische Institut der ETH Zürich waren daher für den Bau der NEAT unerlässlich. Das Zusammenspiel zwischen Grundlagenforschung und Expertentätigkeit hat sich auch bei der Analyse möglicher Gelände- und Staumauern bewährt.

ETH-FORSCHUNG IM BILD: EINSTEIN WEIST DIE RICHTUNG



Bei der kniffligsten Richtungskontrolle im Gotthard-Basistunnel wurde ein inertiales Messsystem eingesetzt, wie es auch in der Flugzeugnavigation gebraucht wird. Doch die weltweit erstmaligen Messungen der ETH Zürich und TU München fanden unterirdisch statt (ohne sichtbare Bezugspunkte und GPS!).

Auf der Liftfahrt im 800 m tiefen Schacht von Sedrun zeigten Beschleunigungssensoren (gemäss Newton) den zurückgelegten Weg an, und Kreisel (gemäss Einstein) die Richtungsänderungen. Daraus liessen sich die gesuchten Koordinaten berechnen (im Bild ein verwendeter Präzisionstheodolit).

SCHLUSSPUNKT

Debakel am Gotthard

Der «Beobachter», eine viel gelesene und traditionsreiche Zeitschrift, hatte 1996 selbst eine Expertise zum Bau des Basistunnels in Auftrag gegeben. «Am Gotthard droht ein Debakel» verkündete der Titel des Artikels dazu. Ausgesuchte Professoren und Geologen warnten darin vor einem Fiasko.

Die Geologie sei weit schlechter, als die SBB zugegeben hätten, und schlimmstenfalls könne der Tunnel gar nicht gebaut werden. Dieses Fazit tönt heute eher nach einem medialen denn technischen Fehlschlag. Zum Glück ist Papier fast so geduldig wie der Berg.