

## Eine Flachbahn durch die Alpen

Am 1. Juni 2016 ist es soweit: Nach 17 Jahren Bauzeit wird der neue Gotthard-Basistunnel feierlich eröffnet. Mit einer Länge von 57 Kilometern ist er der längste Eisenbahntunnel der Welt. Sein Bau wäre ohne den bemerkenswerten Einsatz von vielen Ingenieurinnen und Ingenieuren und unzähligen weiteren Fachleuten gar nicht möglich gewesen.

Zusammen mit dem Ceneri-Basistunnel, der 2020 eröffnet wird, entsteht eine schnelle und leistungsfähige Bahnverbindung, die nur minime Steigungen und weite Kurven aufweist. Während die Züge auf der alten Gotthardstrecke über zahlreiche enge Kehrschleifen bis auf eine Höhe von 1150 Metern hinauffahren müssen, liegt der höchste Punkt der neuen Strecke nur noch auf 550 Metern über Meer. Mit dem Gotthard-Basis-

tunnel entsteht also eine Flachbahn durch die Alpen, die sich gut in das europäische Hochgeschwindigkeitsnetz einfügt.

### Schneller und leistungsfähiger

Für die Reisenden auf der Nord-Süd-Achse hat dies grosse Vorteile: Die Fahrzeit zwischen Zürich und Lugano verkürzt sich um etwa 45 Minuten. Der neue Bahntunnel ist auch für den Güterverkehr wichtig: Auf der neuen Flachbahn können längere und schwerere Güterzüge verkehren als auf der alten Strecke. Waren auf der Bergstrecke bisher zwei Zuglokomotiven notwendig, um einen Güterzug von 1400 Tonnen über die Alpen zu schleppen, braucht es künftig nur noch eine Lokomotive, um einen bis zu 2000 Tonnen schweren Zug zu befördern.

## Rohstoffe aus dem Berg

28 Millionen Tonnen Gestein brachen die Mineure aus dem Gotthard aus. Damit könnte man gleich fünf der grossen Cheops-Pyramiden aus Ägypten bauen. Bei den Tunneleingängen stellten die Tunnelbauer vier Kieswerke auf, um das Gestein fortlaufend aufzubereiten. Es wurde gebrochen, gesiebt, gerundet und anschliessend in Fraktionen mit unterschiedlicher Korngrösse aufgeteilt. Gut 30 Prozent konnte als Sand und Kies für die Herstellung von Beton genutzt werden. Ein Grossteil davon wurde gleich wieder im Tunnel als Spritzbeton oder als massive Betonelemente verbaut. Mit dem übrigen Ausbruchmaterial wurden Flüsse und Bäche renaturiert oder alte Kiesgruben aufgefüllt.



Aarmassiv



Etwa 2,5 Millionen Tonnen Gestein, das die Mineure aus dem Gotthard gebrochen hatten, wurden in den Urner See geschüttet, um das Reussdelta als Naturlandschaft wiederherzustellen.

## Sicherheit

Eine zentrale Rolle für die Sicherheit im Tunnel spielen die beiden Nothaltestellen unterhalb von Sedrun und Faido. Falls der Lokomotivführer bei einem Notfall – zum Beispiel bei einem Brand – nicht mehr ins Freie fahren kann, fährt er mit dem Zug zu einer Nothaltestelle. Dort wird im Brandfall über grosse Ventilatoren von aussen Frischluft in den Tunnel geblasen. Gleichzeitig werden die Rauchgase über grosse Entlüftungsschächte abgesogen. Dann erst dürfen die Passagiere aussteigen. Für solche Ernstfälle stehen rund um die Uhr speziell ausgebil-

dete Rettungskräfte bereit, die innerhalb von spätestens 45 Minuten mit einem Rettungszug vor Ort sind. Besser ist jedoch, wenn gar kein Notfall entsteht. Deshalb sind entlang der Zufahrtsstrecken verschiedene Detektionsanlagen installiert. Diese erkennen, ob bei einem Zug eine Achse überhitzt ist oder ob ein Wagen brennbare Güter verliert. Ein solcher Zug wird gebremst, bevor er in den Tunnel fährt.



Gotthardmassiv

## Vermessung

Im Inneren eines Berges kann die Position nicht mehr per GPS bestimmt werden, sondern muss durch eine komplexe Vermessung entlang der Tunnelstrecke bestimmt werden. Dies ist gelungen: Die Abweichung betrug am Schluss in der Horizontalen nur gerade 8 Zentimeter und in der Vertikalen 1 Zentimeter. Als Ausgangspunkt bestimmten die Vermesser jeweils bei allen Tunneleingängen Referenzpunkte, die sie anhand von weiteren Referenzpunkten im Gelände mit sehr ho-



## Geologie

Im Vorfeld wusste niemand mit Sicherheit, welche Gesteine die Mineure unter Tag tatsächlich antreffen würden. Deshalb führten die Geologen zahlreiche Probebohrungen und geophysikalische Messungen durch. Dank diesen wusste man zum Beispiel, dass die **Piora Mulde**, eine gefürchtete Schlüsselstelle, bewältigt werden kann. Die Mineure mussten dennoch einige Probleme lösen. Vor allem leicht verformbarer Schiefer und eine Zone mit losem Gesteinsmehl bereiteten auf der Nordseite des Tunnels Schwierigkeiten. An einzelnen kritischen Stellen mussten die Mineure den Tunnel zudem etwas weiter ausbrechen. So konnte sich das weiche Gestein nach dem Ausbruch wieder ausdehnen, ohne dass der Tunnel sich so zu sehr verengt hätte. Auf der Südseite trat an einigen Stellen unerwartet viel Wasser aus dem Fels.

## Vom Rohbau zum fertigen Tunnel

Mit dem Ausbruch der beiden Tunnelröhren war erst der erste Schritt getan. Danach kam der Ausbau zum fertigen Bauwerk. Zuerst wurden die Tunnelröhren gesichert – teilweise mit Stahlbögen. Dann kam eine 30 Zentimeter dicke Schicht aus massivem Beton an die Wand. In die kreisrunde Betonröhre wurde danach eine feste Sohle sowie auf beiden Seiten zwei leicht erhöhte Bankette eingebaut. Anschliessend wurden mit einem Spezialzug Schienen und Schwellen millimetergenau verlegt und auf einer festen Fahrbahn einbetoniert. Dann wurde die speziell entwickelte Fahrleitung montiert, die sowohl für schwere Güterzüge als auch für schnell fahrende Personenzüge geeignet ist. Und zum Schluss wurden die Installationen für Zugsteuerung, Kommunikation, Beleuchtung, Stromversorgung und Lüftung eingebaut. Fertig war der Tunnel.

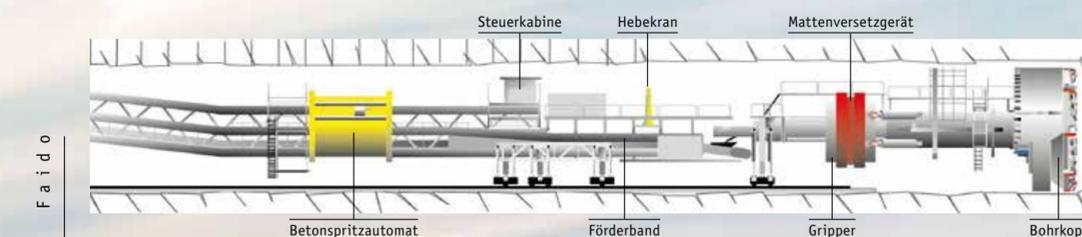
her Präzision bestimmt hatten. Von diesen Ausgangspunkten aus vermessen sie dann während den Bauarbeiten den Lauf des Tunnels. Zählt man alle Richtungs-, Distanz- und Höhenmessungen zusammen, haben Vermesser im Laufe der Jahre rund 100 000 Kennzahlen erfasst. Besondere anspruchsvoll war die Vermessung beim Abschnitt Sedrun: Die Bauarbeiten an der Haupt- röhre begannen dort an einem ungewöhnlichen Ort, nämlich am Fuss eines 800 Meter tiefen Schachts.

## 400 Meter lange Bohrmaschine

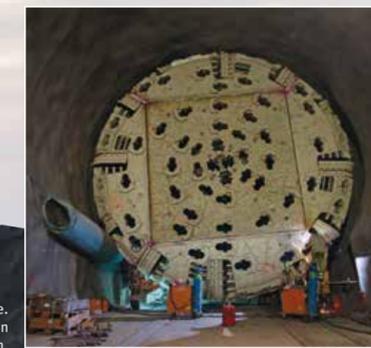
Tunnels werden «konventionell» oder «maschinell» ausgebrochen. Unter «konventionell» versteht man meist Sprengungen. Diese werden heute noch bei kurzen Vortriebsstrecken von wenigen Kilometern und bei besonders schwierigem Gestein eingesetzt. Bedeutender ist der maschinelle Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen (TBM). Im Gotthard-Basistunnel konnten gleichzeitig vier Tunnelbohrmaschinen rund 75

Prozent des gesamten Tunnelsystems ausbrechen. Die Maschinen – «Sissi», «Heidi» und «Gabi» (I und II) genannt – waren über 400 Meter lang, bis zu 2700 Tonnen schwer und wurden von zehn Motoren mit jeweils 350 kW angetrieben (insgesamt 4700 PS). Wichtigster Teil der TBM ist der Bohrkopf; ein grosses Rad aus Metall. Beim Gotthard-Basistunnel betrug dessen Durchmesser bis zu 9,58 Meter. Auf diesem Rad

sind Rollenmeissel – bewegliche Rollen mit Schneidelementen – installiert, die sich drehen und gegen den Fels gepresst werden. «Sissi» zum Beispiel presste 66 Rollenmeissel mit bis zu 26 Tonnen auf den Fels. Das herausgebrochene Gestein wurde durch ein Schaufelrad an der Hinterseite des Bohrkopfs aufgefangen, auf ein Förderband gekippt und damit aus dem Tunnel transportiert.



Faido



Der Bohrkopf ist der wichtigste Teil der Tunnelbohrmaschine. Beim Gotthard-Basistunnel hatte dieser einen Durchmesser von bis zu 9,58 Metern.



Penninische Gneiszone

## Leittechnik

Der gesamte Tunnel wird von der Leitstelle in Pollegio kontrolliert. Diese verfolgt sämtliche Zugbewegungen und gibt den Lokführern die Befehle, wie schnell sie fahren dürfen. Im Tunnel selbst gibt es keine herkömmlichen Signale. Die Fahrbefehle werden mit dem neuen Zugsteuersystem ETCS direkt in den Führerstand der Lokomotiven übermittelt. Die Bewegungen der Züge werden im Tunnel mit so genannten Balisen erfasst. Führt ein Zug über eine Balise, sendet diese ein entsprechendes Signal an die Leitstelle. Von der Leitstelle aus werden auch alle elektrischen und elektromechanischen Anlagen wie Lüftung, Beleuchtung, Funk- und Telefonsysteme sowie die Tore im Tunnel überwacht und zum Teil auch ferngesteuert. Der Gotthardtunnel ist mit einem aufwändigen Tunnelfunksystem ausgerüstet. Dank diesem können die Passagiere im Tunnel ihre Smartphones nutzen.



Modernste Technik: Alle Fahrbefehle werden direkt in den Führerstand der Lokomotiven übermittelt.



Tunnelfunksystem muss funktionieren: Tests mit dem Funkmesswagen der SBB.

Erfahre noch viel mehr zum Gotthard-Basistunnel unter [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)



1 km 2 km 3 km 4 km 5 km 6 km 7 km 8 km 9 km 10 km 11 km 12 km 13 km 14 km 14 km 16 km 17 km 18 km 19 km 20 km 21 km 22 km 23 km 24 km 25 km 26 km 27 km 28 km 29 km 30 km 31 km 32 km 33 km 34 km 35 km 36 km 37 km 38 km 39 km 40 km 41 km 42 km 43 km 44 km 45 km 46 km 47 km 48 km 49 km 50 km 51 km 52 km 53 km 54 km 55 km 56 km