

# Lüftung für Gotthard-Basistunnel

Neben den Einrichtungen für die Bahnbetriebe, der Telekommunikation und der Signaltechnik nehmen im Gotthard-Basistunnel (GBT) auch die Kühlungs- und Lüftungsanlagen einen hohen Stellenwert ein. Zusätzlich zu den beiden je 57 km langen Bahnröhren waren weitere Stollen für die Lüftung und zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich. Text Curt M. Mayer

Der längste Bahntunnel der Welt wurde mit umfassenden Sicherheitsvorkehrungen und Lüftungseinrichtungen für den Betrieb und bei einem Ereignisfall ausgestattet. Dazu befinden sich an den Drittelpunkten, den sogenannten Multifunktionsstellen (MFS) in Sedrun und Faido, in jeder Röhre eine Nothaltestelle. Für den GBT galt es, ein gesamtes Tunnel-, Stollen- und Schachtsystem von total 152 km Länge zu erstellen. Davon entfallen nicht weniger als 38 km auf Lüftungsbedürfnisse, womit die rund 850 unterirdischen Räume klimatisiert werden sollen. Dazu gehören alle technischen Räume in den Nebenbauwerken, wie Längskavernen Nord und Süd sowie Querkavernen I und II der beiden Multifunktionsstellen.

Das Sicherheitskonzept des GBT sieht bei einem Ereignis vor, dass der betroffene Zug wenn immer möglich aus dem Tunnel ins Freie fährt. Lässt sich dies nicht bewerkstelligen, hält der Lokführer seinen

Zug in einer der beiden Nothaltestellen an. Dort verlassen die Passagiere den Zug, wozu auf einer Länge von 450 m die seitlichen Gehsteige auf 2 m verbreitert, beleuchtet und mit einem Handlauf versehen sind. Durch einen von sechs Verbindungsstollen begeben sich die Passagiere in einen Parallelstollen, der unter Überdruck steht und rauchfrei bleibt. Im geschützten Bereich der anderen Röhre angekommen, gelangen die Fahrgäste durch ein Stollensystem über einen Überwerfungsstollen in die zwischenzeitlich gesperrte Gegenröhre. Dort werden die Passagiere von einem Evakuierungszug abgeholt und in Sicherheit gebracht.

#### Multifunktionsstellen für Nothalt

Von den Multifunktionsstellen Sedrun und Faido aus können im Ereignisfall die Passagiere über Fluchtwege evakuiert werden. Zudem können die Züge während Unterhaltsarbeiten von einer Röhre in die andere wechseln. Dazu sind die beiden ►

Allein für die Sicherheit und die Belüftung im GBT sind Stollen und Schächte (im Bild oberhalb der Tunnelröhre) auf eine Länge von 38 km erstellt worden.

► MFS mit Spurwechseldiagonalen und Hochgeschwindigkeitsweichen ausgestattet. Zwei mächtige Tore verschliessen im Normalbetrieb den doppelten Spurwechsel. Sie sind so konfiguriert, dass sie einem Druck von 5 t/m<sup>2</sup> standhalten und so ungewollte aerodynamische Effekte bei den Zugdurchfahrten unterbinden.

In Notfallszenarien übernimmt die Tunnelleittechnik die Überwachung der sicheren Abwicklung dieser Ereignisprozeduren. Dazu startet das von Siemens gelieferte und installierte System eine Zeitkontrolle und verfolgt die einzelnen Schritte. Werden diese nicht automatisch und korrekt ausgeführt, wird der Bediener über entsprechende Fehler informiert. Mit dem im Tunnelleitsystem integrierten Einsatzleitsystem werden auch die übrigen erforderlichen Massnahmen ausgelöst, um einen Notfall zu bewältigen. Je nach Art des Zwischenfalls sind entsprechende Informations- und Entscheidungsschritte hinterlegt. Diese unterstützen den Einsatzleiter, um bei einer Notsituation die richtigen Rettungskräfte wie Polizei, Feuerwehr oder Sanität zu alarmieren. Zudem ermöglicht es eine einfache Überwachung der Interventionsbereiche.



**Zur mechanisch schadlosen Energieumwandlung des Wassers wird eine Pelton-turbine eingesetzt. Diese wandelt zusammen mit dem angeschlossenen Generator die Energie in Strom um, der für den Betrieb des GBT verwendet werden kann.**

## Überdrucklüftung in die Gegenröhre

Während des Normalbetriebs erfolgt die Belüftung der MFS Sedrun über zwei ursprünglich für den Tunnelvortrieb angelegte vertikale Schächte und einen Horizontalstollen zum Portal unterhalb des Dorfes in 1400m. Die beiden Schächte weisen eine Höhe von 800m auf, der Stollen ist rund 1 km lang. Der Schacht I dient als Frischluftkanal und der Schacht II für die Abluft. Im Normalbetrieb des GBT werden durch den Schacht I zwischen 150 bis 200m<sup>3</sup>/sec Frischluft auf Tunnelniveau befördert. Im Betriebsereignisfall kann dieses Luftvolumen auf bis zu 430 bis 450m<sup>3</sup>/sec gesteigert werden.

In den beiden Nothaltestellen sorgen Ventilatoren für frische Luft. Schon vor der Einfahrt eines Ereigniszugs werden Fluchttüren ferngesteuert von der Kommandozentrale aus geöffnet und Frischluft wird mit einem grösseren Volumen in die Nothaltestelle geblasen. Heisse Rauchgase werden abgesogen und ins Freie geleitet. In der Gegenröhre, wo die Passagiere auf den Evakuierungszug warten, herrscht gute Atemluft, denn der Überdruck verhindert das Eindringen von Rauchgasen.

## Spurwechselstare für Röhrenwechsel

Die beiden Multifunktionsstellen Sedrun und Faido sind mit sogenannten Spurwechselstaren ausgerüstet, die im Normalbetrieb geschlossen sind. Hier können Züge von einer Röhre in die andere wechseln, was bei

Unterhaltsarbeiten erforderlich sein kann. Dazu können die riesigen Tore für die Zugdurchfahrten geöffnet werden. Zudem sorgen sie für eine aerodynamische Trennung der beiden Tunnelröhren. Im Ereignisfall wird unter anderem mit den Toren sichergestellt, dass eine Verrauchung der Gegenröhre verhindert wird und eine gleichmässige Überdrucklüftung in die Gegenröhre erzeugt werden kann.

Für einen sicheren Bahnbetrieb ist es wichtig, dass der Zustand der Spurwechselstare fehlerfrei detektiert wird, stellt die ATG fest. Um das sicherzustellen, werden die Tore im offenen Zustand mit einem Weichenantrieb verriegelt. Die Bedienung der Spurwechselstare wie auch die Verriegelung durch die Weichenantriebe wird direkt durch das Stellwerk gesteuert. Bei eingefahrener Verriegelung weiss das Bahnleitsystem fehlerfrei, dass die Spurwechselstare für die Durchfahrt eines Zuges die korrekte Öffnungsposition angefahren hat.

Wenn im Ereignisfall Reisende durch einen Spurwechsel fliehen müssen, können die Spurwechselstare mit einem Nottaster für die Flucht geöffnet werden.

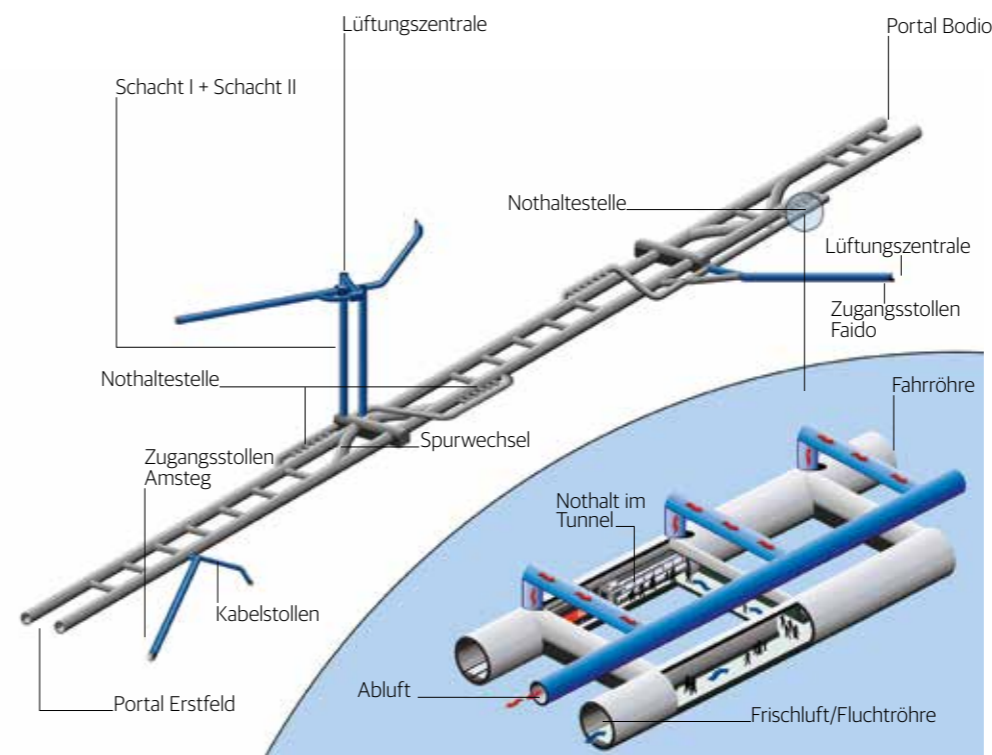
Sollte ein Stromausfall eintreten, können die Spurwechselstare von Hand mit einer Kurbel geöffnet werden. Für die Toröffnungszeit ist vom Betreiber SBB gefordert <5 min, doch wird in der Realität sogar <1 min erreicht.

Technisch handelt es sich bei den Spurwechselstaren um hoch belastbare Abschlusselemente. Sie sind für Druckbelastungen von 20 kPa ausgelegt (was einer Kraft von rund 20 t/m<sup>2</sup> entspricht). Die bei einer Fahrgeschwindigkeit im Spurwechsel von 110 km/h auftretenden Kräfte müssen durch das Spurwechselstare aufgenommen werden können. Deshalb sind sie für weit über 1 Million Druckschläge in der Lebenszeit eines Tores konzipiert. Zudem muss die Konstruktion hohe Dichtigkeitsanforderungen erfüllen: Leckagefläche <0,5 m<sup>2</sup>, was einer Fläche von 70x70 cm entspricht. Das Tor hat Aussparungen für die Fahrleitung mit einer Spannung von 16000 Volt und muss hohe Brandanforderungen erfüllen: mechanische Stabilität bei thermischer Belastung von 160 Grad während 90 min. Der Energieversorgung kommt im GBT ein hoher Stellenwert zu und sie muss jederzeit

# Gotthard-Basistunnel

Multifunktionsstelle Sedrun

Multifunktionsstelle Faido



**Das Lüftungs- und Sicherheitssystem des Gotthard-Basistunnels im Bereich der beiden Nothaltestellen der Multifunktionsstellen Sedrun und Faido.**

systems auf 1400m in Sedrun befindet, ergibt das für die vier Einspurstunnelabschnitte einen permanenten Gesamtbedarf von 20 l/sec Wasser. Diese Wassermenge, die sich in einem Ereignisfall auf bis zu 30 l/sec erhöhen kann, muss in der Umgebung von Sedrun gesammelt, durch den 1 km langen Stollen und den 800m tiefen Zuluftschacht auf das Tunnelniveau geleitet werden. Dabei entsteht im Schacht ein hoher Wasserdruck, der zu Schäden in den Leitungen auf Tunnelniveau führen könnte.

Um diese Energieerhöhung im Wasser zu verhindern, wurde eine technische Lösung für das Problem gesucht. Dazu wurden durch Ingenieure der ETH Zürich der Bau eines Wirbelfallschachts angeregt. Um eine Energieerhöhung im Wasser zu verhindern, wird dieses waagrecht in eine Leitung eingespritzt und bewegt sich dann spiralförmig um einen Luftkern in der Leitung langsam nach unten. Somit baut das Wasser die Energie durch den längeren Weg gar nicht erst auf.

## Strombedarf von 220 Einfamilienhäusern

Wie von den ETH-Ingenieuren zu erfahren ist, gab es als Referenz für dieses System nur Wirbelfallschächte bis 80 m Höhe und mit einem grösseren Umfang als die im GBT vorgesehenen 320 mm Leitungsdurchmesser. Auch war nicht klar nachzuweisen, ob das Wasser dem gewünschten Weg folgt und nicht irgendwo in einen undefinierten Zustand übergeht. Das hätte gemäss den Erkenntnissen der ETH-Forscher starke Vibrationen der Leitungen zur Folge und würde eine Haltbarkeit von 2x50 Jahren infrage stellen.

Weil die Auswirkungen dieses Verfahrens nicht klar waren und um diese zu vermeiden, ist vom Bauherr ATG zur mechanisch schadlosen Energieumwandlung des eingeleiteten Wassers eine Peltonturbine gewählt worden. Diese wandelt zusammen mit dem angeschlossenen Generator die Energie in Strom um, der für den Betrieb des GBT verwendet werden kann. Konstruktiv handelt es sich um eine eindüsige Turbine mit 200-kW-Generator. Diese hat einen Durchmesser von 750 mm mit einem Laufrad von 700 mm, 38 Schaufeln mit je 50 mm Breite, einer Drehzahl von rund 1500 U/min-1 bei 20 l/s im Normalbetrieb. Der Generator ist ein vierpoliger Asynchrongenerator mit 200 kW Maximalleistung bei 400 V.

Die Gesamtleistung erreicht etwa 131 kW im Normalbetrieb, entsprechend 1,1 GWh pro Jahr. Das entspricht der Jahresversorgung von etwa 220 Schweizer Norm-Einfamilienhäusern ohne Elektrowarmwasser. ■

## Focus

### Elektrotechnik und Stromversorgung

<b>Fahrleitung</b>	
Länge im Tunnel	117 km
offene Strecke	39 km
Fahrleitungstragwerke	2860
Federtragwerke	3200
Kabel	6000 km
<b>Lüftungseinrichtungen</b>	
Länge Lüftungsstollen	38 km
Frischluft Bahnbetrieb	150-200 m <sup>3</sup> /sec
Ereignisfall	430-450 m <sup>3</sup> /sec
Spurwechselstare	
Druckbelastung	20 kPa
<b>Energieversorgung</b>	
Strombedarf-Äquivalent	20 000 Einwohner
Kleinkraftwerkleistung	1,1 GWh/a
<b>Versorgungsnetz:</b>	
Kupferkabel	3200 km
Elektroschränke in Querschlägen	2200
Elektroschaltanlagen in Zentralen	300
Leuchten	10000
Trafos	250
No-Break-Anlagen (Notstrom)	10

gewährleistet sein. Alles zusammen bildet ein Energienetz in der Grössenordnung für eine Stadt mit 20000 Einwohnern. Der Strom wird von fünf Zentralen geliefert: aus den Bahntechnikgebäuden Erstfeld, Sedrun und Bodio, dem Kraftwerk Amsteg und dem Portalgebäude Faido.

Die Bahntechnikinstallation im Speisepunkt Amsteg ist eines von fünf Technikgebäuden, die der Versorgung sämtlicher technischer Anlagen des GBT dienen. Ein neues Unterwerk ist in Pollegio beim Betriebszentrum Süd erstellt worden, um Tunnel und offene Strecke mit Bahnstrom 16,7 Hz zu versorgen. Dazu ist die Tunnelausrüstung mit umfangreichen Mittel- und Niederspannungsanlagen für die Versorgung mit Bahnstrom 16,7 Hz und 50 Hz erforderlich.

## Einsatz von Kleinwasserkraftwerk

Im Entwässerungs-Trennsystem der Einspurstollen des GBT muss jede Schmutzwasserleitung permanent mit 5 l/sec Wasser durchflossen werden, heisst es in einer entsprechenden Verordnung des Bundesamts für Verkehr (BAV). Da sich die Einspeisung am Hochpunkt des Tunnel-