

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 41: Monte Ceneri

Artikel: Sicherheitskonzept
Autor: Drack, Edwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108994>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SICHERHEITSKONZEPT

Die Anforderungen an die Sicherheit von Personen und Gütern im Ereignisfall unterscheiden sich im Ceneri-Basistunnel nicht wesentlich von jenen für den Gotthard-Basistunnel, sodass auch ähnliche Konzepte und Massnahmen zu ihrer Gewährleistung vorgesehen sind. Eine Nothaltestelle im Tunnel erwies sich auf Grund der geringeren Länge jedoch als nicht erforderlich.

Der Ceneri-Basistunnel (CBT) ist als moderner Eisenbahntunnel auf heutigem Sicherheitsniveau konzipiert. Von grosser Bedeutung war der Entscheid des Bundesrates 2001, den Ceneri-Basistunnel als System mit zwei Einspurtunneln bauen zu lassen. Vorwiegend Sicherheitsgründe haben den Ausschlag für diese Lösung anstelle der ursprünglich geplanten Doppelspur-Röhre gegeben.

Im Rahmen des Auflageprojekts 2003 wurde das Sicherheitskonzept aktualisiert und mit Hilfe einer quantitativen Risikoanalyse aufgrund von statistischen Erfahrungswerten verifiziert. Auf dieser Basis wurden die spezifischen Massnahmen für den CBT festgelegt. Die Risikoanalyse hat gezeigt, dass der Eintritt von Ereignissen mit hohem Schadenausmass wie Brände, Entgleisungen, Zusammenstösse und Freisetzungen von Gefahrgut mit ereignisverhindernden Massnahmen den Zielvorgaben entsprechend vermieden wird. Das Ausmass von trotzdem eintretenden Ereignissen wird mit ausmassmindernden Massnahmen den Zielvorgaben entsprechend minimiert. Die Massnahmen wurden so ausgelegt, dass die Selbstrettung der Personen ermöglicht und die Fremdrettung durch externe Kräfte unterstützt und erleichtert wird.

AUSLEGUNG MIT ZWEI EINSPURTUNNELN


Die beiden Einspurtunnel sind von Portal zu Portal konsequent getrennt geführt (siehe Bild 1, S. 23). Der Gleisachsenabstand beträgt im normalen Tunnelbereich rund 40m und verringert sich im Portalbereich auf ca. 8m. Die Trennung erfolgt hier über Zwischenwände. Die Tunnelröhren werden mit einem um 35cm erhöhten Randweg von minimal 1m Breite, Handläufen, Notbeleuchtung und Signalisierung der Fluchtrichtung auf der Querschlagsseite ausgerüstet (vergleiche Bild 2, S. 23). Mit Ausnahme der Anschlüsse in den Portalbereichen sind im Tunnelbereich keine Weichen geplant.

Querschläge sind alle rund 325m vorgesehen (Bild 3, S. 23). Sie dienen einerseits als Fluchtverbindungen zwischen den beiden Tunnelröhren, andererseits bieten sie Raum für Bahntechnik-Installationen. Wie beim Gotthard-Basistunnel erfolgt die Evakuierung der Passagiere im Ereignisfall über die Querschläge in die gegenüberliegende Bahnröhre und von dort weiter per Zug. An die beidseitigen Querschlagstüren werden hohe Anforderungen bezüglich Funktionalität, Brandschutz und Druckertüchtigung gestellt. In den Querschlägen sind Beleuchtung, Kommunikationseinrichtungen und ein Durchgang von mindestens 2m Breite vorgesehen.


INTERVENTIONS- UND NOTAUSSTIEGSSTELLEN


Wie bei Tunnelbauwerken üblich gilt auch beim CBT das Prinzip, dass Züge im Ereignisfall nach Möglichkeit aus dem Tunnel herausfahren. Um die Selbstrettungs- und Interventionsmöglichkeiten zu verbessern, sind Interventions- und Notausstiegstellen ausserhalb des Tunnels in den Portalbereichen vorgesehen. In Vezia ist ein kombinierter Bereich mit einem 500m langen Randstreifen zur Selbstrettung der Personen entlang der Geleise und Zufahrtsmöglichkeiten für die Interventionskräfte projektiert. Im Norden wurde der nahe dem Nordportal gelegene Bahnhof Giubiasco zur Selbstrettung vorgesehen, während die Inter-


01 Ereignisbetrieb der Tunnellüftung, 1. Phase: Aufbau des Überdrucks für die Selbstrettung / Evakuierung im Tunnel Ost

 Ereignis


 Hauptströmungsrichtung der Luft


 Geschlossene Querschlagtür


 Offene Querschlagtür

 Geschlossene Klappe


 Offene Klappe

 Schleuse

 Querschlag

 Zu-/Abluftventilator aus

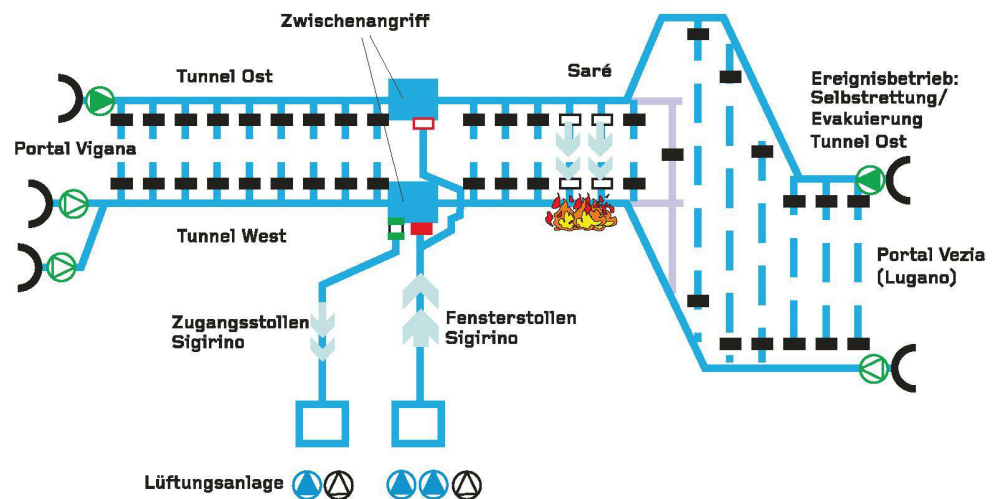
 Zuluftventilator ein

 Strahlventilatoren (optional) aus

 Strahlventilatoren (optional) ein

02 Querschnitt Lüftungsstellen Sigirino mit Lüftungsklappen am Fusspunkt

(Bilder: ATG)



01

ventionsstelle zwischen das Nordportal und den Bahnhof Giubiasco zu liegen kommt. Eine unterirdische Nothaltestelle ist beim CBT nicht vorgesehen. Die gültigen Richtlinien fordern, dass ein Eisenbahnwagen unter Vollbrand während 15 Minuten lauffähig bleibt. Unter Annahme einer minimalen Geschwindigkeit von 80 km/h ergibt diese Notlaufeigenschaft eine Fahrstrecke von rund 20 km, was für den 15 km langen CBT ausreichend ist. Die Stollen in Sigirino sind auch Teil des Sicherheitsdispositivs. So wird der Fensterstollen als Lüftungsstollen ein zentrales Element der Ereignislüftung. Der Sondierstollen Sigirino dient in der Betriebsphase als Zugangsmöglichkeit zur Rekognoszierung der Lage für Einsatzkräfte. Der Interventionseinsatz und die Evakuierung von Personzügen erfolgt jedoch auch in diesem Bereich über die Schiene.

LÜFTUNG IM EREIGNISFALL

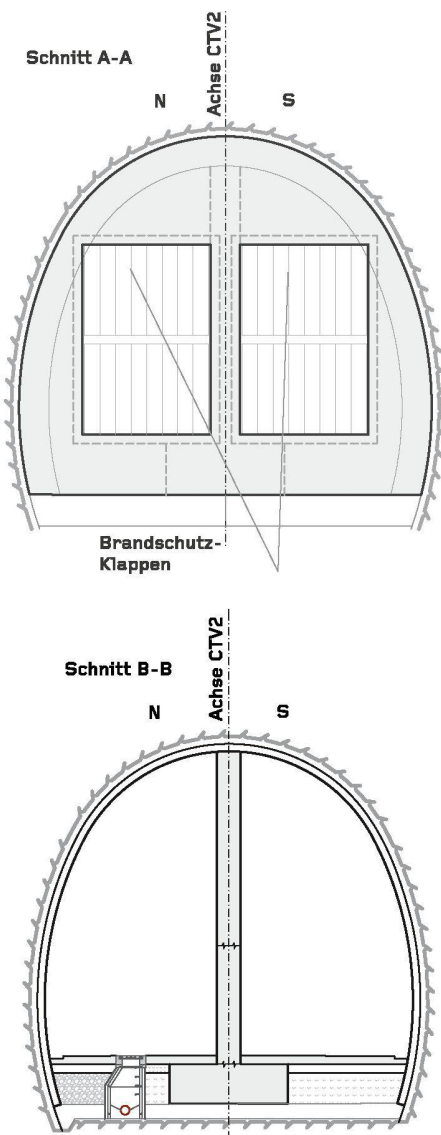
Im Normalbetrieb des CBT genügt die durch den Eisenbahnbetrieb ausgelöste Luftbewegung (Kolbenwirkung im Einspurttunnel), um die vorgesehenen Klimawerte einzuhalten (Temperatur max. 35°C, relative Luftfeuchtigkeit $\leq 70\%$).

Während der Erhaltungstätigkeiten mit temporärer Einstellung des Betriebs in einer Fahröhre kann die Lüftung gezielt so eingesetzt werden, dass die Frischluftversorgung zur Einhaltung der MAK-Werte im Bereich der Erhaltungsarbeiten gewährleistet wird.

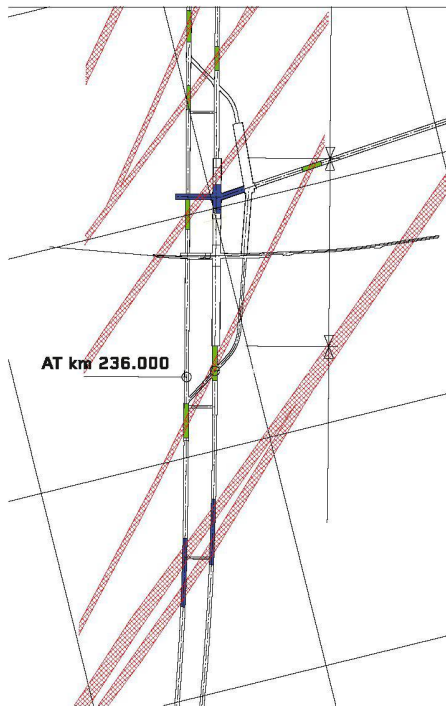
Im Ereignisfall werden die «gesunde», vom Ereignis nicht betroffene Nachbarröhre und die offenen Querschläge durch den Aufbau eines Überdrucks für die Selbstrettung, die Evakuierung der Reisenden und den Einsatz der Ereignisdienste vor dem Eintritt von Rauch oder gefährlichen Gasen geschützt. Durch die Lüftungszentrale am Portal des Lüftungsstollens Sigirino werden über den Fenster- respektive Lüftungsstollen im Ereignisfall bis zu 500 m³/s Frischluft in die «gesunde» Röhre eingeblasen (Bilder 1, 2, 4, 5). Die Steuerung der Luftzufuhr in die entsprechende Tunnelröhre erfolgt via Klappen am Stollenfußpunkt (Bild 2). Die Strömungsgeschwindigkeit in den Querschlagstüren bei zwei geöffneten Querschlägen beträgt gemäss Dimensionierung mindestens 3 m/s.

Weitere Abklärungen werden zeigen, ob in den Tunnelportalbereichen Vigana und Vezia zusätzlich Strahlventilatoren vorzusehen sind, um die Ausströmgeschwindigkeit der eingebrachten Frischluft aus dem Tunnel zu reduzieren. Dadurch kann in den portalnahen Bereichen bei offenen Querschlagstüren ein genügender Überdruck in der «gesunden» Röhre sichergestellt werden.

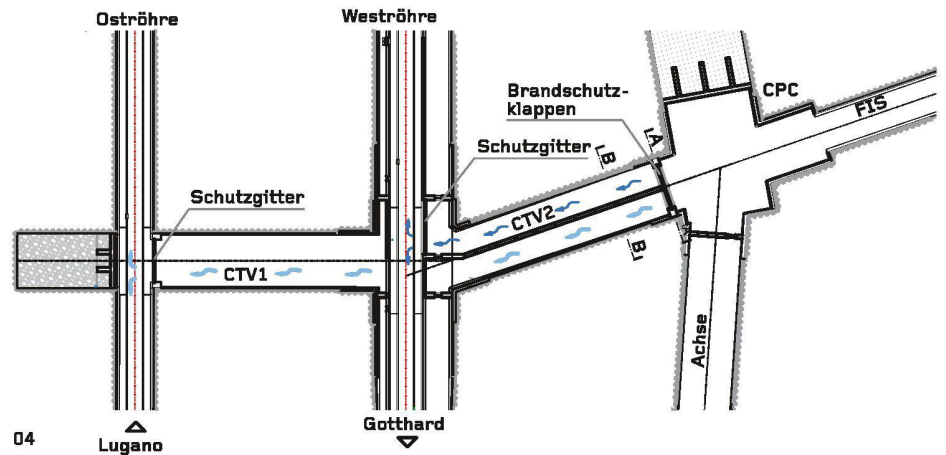
Mit den reversiblen Ventilatoren der Lüftungszentrale Sigirino können in der 2. Phase der Ereignisbewältigung (nach Evakuierung der Reisenden) bis 450 m³/s Abluft aus der verrauchten Tunnelröhre abgesaugt und eine Längsströmung Richtung Sigirino erzeugt werden. Dies reduziert die Ausbreitung von Rauch oder gefährlichen Gasen zu Gunsten der Ereignisdienste, die ausgehend von den Portalen zum Einsatz kommen.



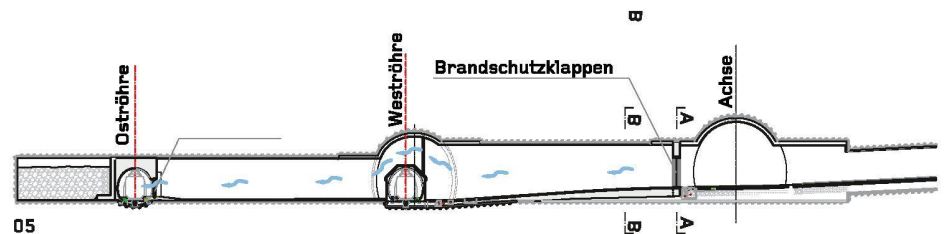
02



03



04



05

ANFORDERUNGEN AN DEN BRANDSCHUTZ

«Im Falle eines Güter- oder Personenzugsbrandes in der einen Röhre muss der Betrieb in der anderen Röhre so lange sichergestellt werden, wie das mit einem vernünftigen Aufwand vertretbar ist.» Dieser Grundsatz und die in den behördlichen Standards für den CTB vorgesehenen Richtzeiten für die Rettung im Ereignisfall definieren die Anforderungen bezüglich Brandschutz.

Ein zwingendes Kriterium zur Gewährleistung der Personensicherheit ist die Verfügbarkeit während des Ereignisses: Der Betrieb im Tunnel muss so lange möglich sein, bis Personen in Sicherheit sind. Verfügbarkeit bedeutet, dass die Infrastruktur inklusive bahntechnischer Anlagen intakt bleibt. Dazu wurden folgende Ziele formuliert:

- Reisezugbrand: Verfügbarkeit der Schadensröhre mindestens 45 Minuten. Damit wird sichergestellt, dass Personen den Zug und die Ereignisröhre über die Querschläge verlassen können, ohne dass Betonteile abplatzen oder das Bauwerk einbricht.
- Reise- oder Güterzugbrand: Verfügbarkeit der Nachbarröhre mindestens 90 Minuten. So wird erreicht, dass Züge, die sich zum Zeitpunkt des Ereignisses im Tunnel befinden, diesen verlassen können. Darin eingeschlossen ist die Evakuierung von Personen des verunfallten Zuges über die Nachbarröhre.

Nach dem Ereignis soll der betriebliche Unterbruch bis zur Wiederherstellung möglichst klein gehalten werden. Als Zweites sind deshalb die Schäden nach einem Ereignis zu minimieren. Die Schutzmassnahmen zielen darauf ab, den Betrieb in einer Röhre möglichst rasch wieder aufnehmen zu können und die Instandstellungs- und Betriebsunterbruchkosten insgesamt zu reduzieren.

Die Massnahmen zur Gewährleistung der Personensicherheit und des Brandschutzes wurden auf Grund von Brandszenarien für Personen- und Güterzüge bestimmt. Bezüglich des Kosten/Wirksamkeits-Verhältnisses wurde verlangt, dass die Kosten der Massnahme deutlich geringer sind als die Kosten der erwirkten Schadensverringerung unter Berücksichtigung der Eintretenswahrscheinlichkeit.

03 Umsetzung der Brandschutzmassnahmen am Beton in der Zone Fusspunkt Sigirino

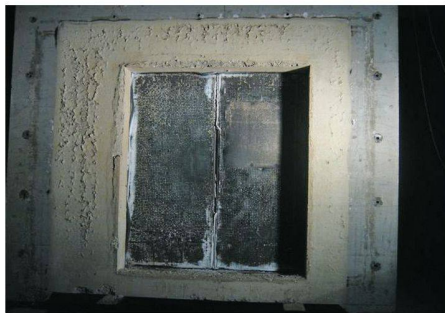
- Brandresistenter Beton, zum Beispiel PP-Faser-Beton, 8 cm Betonüberdeckung bzw. 6 cm bei druckbeanspruchten Bauteilen (Wände)
- Brandresistenter Beton, zum Beispiel PP-Faser-Beton, 5 cm Betonüberdeckung
- ⊗ Störzonen

04 Grundriss am Fusspunkt Sigirino mit Ereignisbetrieb der Tunnellüftung 1. Phase

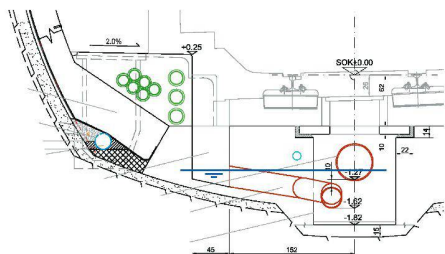
05 Tunnelquerschnitt am Fusspunkt Sigirino mit Ereignisbetrieb der Tunnellüftung 1. Phase



06



07



08

06 Prototyp einer Querschlagstüre

07 Querschlagstüre nach Brandversuch

08 Tunnelquerschnitt mit Kontrollschacht Mischwasser (Mitte) und Einlaufschacht Tunnelwasser mit Quersiphonierung (links)

MASSNAHMEN FÜR DEN BRANDSCHUTZ

Bei kritischen Bauelementen des CBT wurden die folgenden spezifischen Brandschutzmassnahmen vorgesehen:

- Verwendung von brandresistentem Beton mit Zugabe von Kunststofffasern (PP-Fasern) für das Innengewölbe und die Tunneltrennwände. Im Brandfall schmelzen die Fasern und lassen den Wasserdampf im Beton entweichen, wodurch Betonabplatzungen verhindert werden (siehe TEC21 21/2003, S. 6–8). Damit wird die darunter liegende Betonzone besser geschützt und die Tragwirkung weniger beeinträchtigt.
- Das Aufbringen von speziellen wärmedämmenden Schutzschichten wird aufgrund der hohen Kosten und dem Verschleppen der Temperaturkurve nur in Sonderfällen Anwendung finden, beispielsweise zum Schutz kleinflächiger spezieller Anlageteile.
- Die Erhöhung der Überdeckung der Bewehrung als Zusatzmassnahme zur Beigabe von Kunststofffasern wurde wie folgt festgelegt (Bild 3):
 - 5 cm Betonüberdeckung, falls Schäden infolge eines Brandes lediglich die Ereignisröhre betreffen und darin die Personensicherheit während 45 Minuten gewährleistet ist
 - 8 cm Betonüberdeckung bzw. 6 cm bei Druckbeanspruchung, falls die Schäden infolge eines Brandes auch die Nachbarröhre betreffen können – wobei in dieser die Personensicherheit während 90 Minuten sonst nicht gewährleistet werden könnte, wie im Bereich von geologischen Störzonen mit ungünstiger Lage.
- Die Querschlagstüren werden auf die Anforderungen der Personensicherheit, d. h. 90 Minuten Widerstand, ausgelegt (Bilder 6 und 7).
- Bei den Kabelschächten werden insbesondere die Übergänge zu den Querschlägen speziell abgeschottet, um die Personensicherheit zu gewährleisten.

Weitere denkbare Massnahmen wie etwa Wasserversprüher wurden geprüft, erwiesen sich aber als nicht erforderlich, um die Brandschutzziele zu erreichen, oder wiesen ein ungünstigeres Kosten/Wirksamkeits-Verhältnis auf.

TUNNELENTWÄSSERUNG IM MISCHSYSTEM

Aufgrund des prognostizierten beschränkten Bergwasseranfalls, der konstruktiven Vereinfachungen und der geringeren Erststellungs- und Erhaltungskosten wurde für die Tunnelentwässerung im CBT das Mischsystem gewählt. Dabei werden das Bergwasser und die Fahrbahnentwässerung in dieselbe Transportleitung eingeleitet. Bei den Massnahmen zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen an die Tunnelentwässerung steht als mögliches Ereignis die Freisetzung von Störfallflüssigkeit im Vordergrund.

- Die Lachengrösse am Unfallort wird durch genügend grosse Kapazitäten der Einlaufschächte und der Transportleitungen minimiert.
- Zur Verhinderung der Ausbreitung von Brand und Explosionen in der Tunnelentwässerung wird die Störfallflüssigkeit durch das in der Leitung bereits vorhandenen Bergwasser verdünnt. Beim höher gelegenen Südportal, wo ungenügend Bergwasser vorhanden ist, wird eine zusätzliche Stetslaufwasserversorgung von ca. 3 l/sec vorgesehen.
- Das Tunnelwasser gelangt über quersiphonierte Schächte in die Transportleitung, um den Tunnelraum von der Transportleitung zu trennen (Bild 8). So wird verhindert, dass Störfallflüssigkeit in der Transportleitung über talseitig gelegene Einlaufschächte zu weiteren Einwirkungen im Tunnelraum führt.

Durch diese Massnahmen kann die geforderte Sicherheit beim CBT auch im Bereich der Tunnelentwässerung gewährleistet werden. Zusätzliche Massnahmen betreffen den Rückhalt von Störfallflüssigkeit ausserhalb des Tunnels im Bereich des Anschlusses Camorino.

Edwin Drack, dipl. Bauing. ETHZ, Projektleiter Ceneri, AlpTransit Gotthard AG, Bellinzona, edwin.drack@alptransit.ch