

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 127 (2001)
Heft: 49/50: Tunnelsanierung

Artikel: Sanierung Montblanc-Tunnel
Autor: Bettelini, Marco
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80255>

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: 21.07.2025

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

Sanierung Montblanc-Tunnel

Der Brand eines Lastwagens am 24. März 1999 hatte 39 Menschenleben gefordert. Das tragische Ereignis löste eine Grundsatzdebatte über die Sicherheit von Tunneln aus und führte dazu, dass die ursprünglich vorgesehene «leichte» Sanierung zu Gunsten eines umfassenden Sanierungs- und Modernisierungsprogrammes aufgegeben wurde. In Kürze soll der Tunnel nach fast drei Jahren Planungs- und Bauzeit wieder eröffnet werden.

Zwischen seiner Eröffnung im Sommer 1965 und dem 24. März 1999 wurde die Geschichte des Montblanc-Tunnels kaum von ernsthaften Zwischenfällen überschattet. Nach dem tragischen Unglück führten die Diskussionen unter Fachleuten und in der Öffentlichkeit zu einer neuen Einschätzung von Risiken und Gefahren. Im Laufe der langen Konzeptphase wurde klar, dass Behörden und öffentliche Meinung sich mit einer «sanften» Modernisierung nicht zufrieden geben würden. Bei der Verabschiedung des Arbeitsprogrammes, Ende 1999, war klar, dass nur noch wenig vom alten Tunnel zu übernehmen war. So wurden insbeson-



1

Die 37 neuen Schutzräume sind mit einer weithin sichtbaren Beleuchtung und Signalisation ausgestattet

dere die gesamten elektromechanischen Anlagen ersetzt bzw. grundlegend renoviert: Belüftungsanlage, Brandmeldesystem und Löschwasserleitungen, Steuerungs-, Informations- und Signalisationssystem sowie ein Video-Überwachungssystem.

Sicherheitskonzept

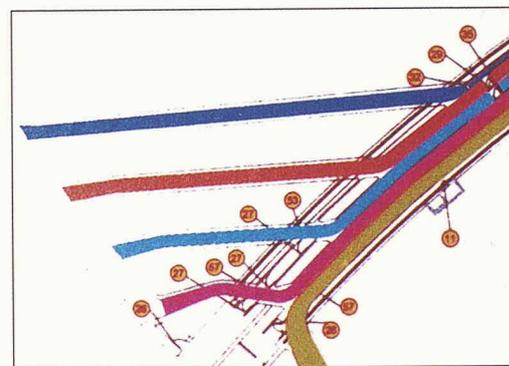
Nach dem Brand war eine Untersuchungskommission [1] eingesetzt worden, die nach ihren Abklärungen 41 Empfehlungen für die Sanierung formulierte. Das Sicherheitskonzept basiert auf diesen Empfehlungen und ist im Programm der Arbeiten [2] festgehalten. Die Grundzüge des neuen Sicherheitskonzeptes sind Prävention, rasche Ereignisdetektion, rasche Einleitung technischer Massnahmen, rasche Intervention, Personenschutz und Evakuation. Herauszuheben sind bei den organisatorischen Massnahmen die Einführung einer einheitlichen Tunnelverwaltungsstruktur, bei den baulichen Massnahmen die Realisation von Schutzräumen mit Fluchtmöglichkeit über die Frischluftkanäle sowie die Verbesserung der Leitsysteme und der Brandlüftung.

Organisatorische Massnahmen

Der «alte» Montblanc-Tunnel wurde durch zwei Betreibergesellschaften verwaltet, die italienische SITMB und die französische ATMB, mit Sitz in Rom und Paris. Diese Struktur wurde nach dem Brand kritisiert und in der Folge geändert. Eine einheitliche Betreibergesellschaft, genannt GEIE (Gruppo europeo interesse economica), des Montblanc-Tunnels ist neu für Betrieb und Unterhalt zuständig. Neu gibt es auf beiden Seiten des Tunnels zwei funktionell und strukturell identische Kontrollräume. Betrieben wird der Tunnel nur von demjenigen auf der französischen Seite. Der zweite ist permanent mit einer Person besetzt und steht für den Notfall jederzeit bereit.

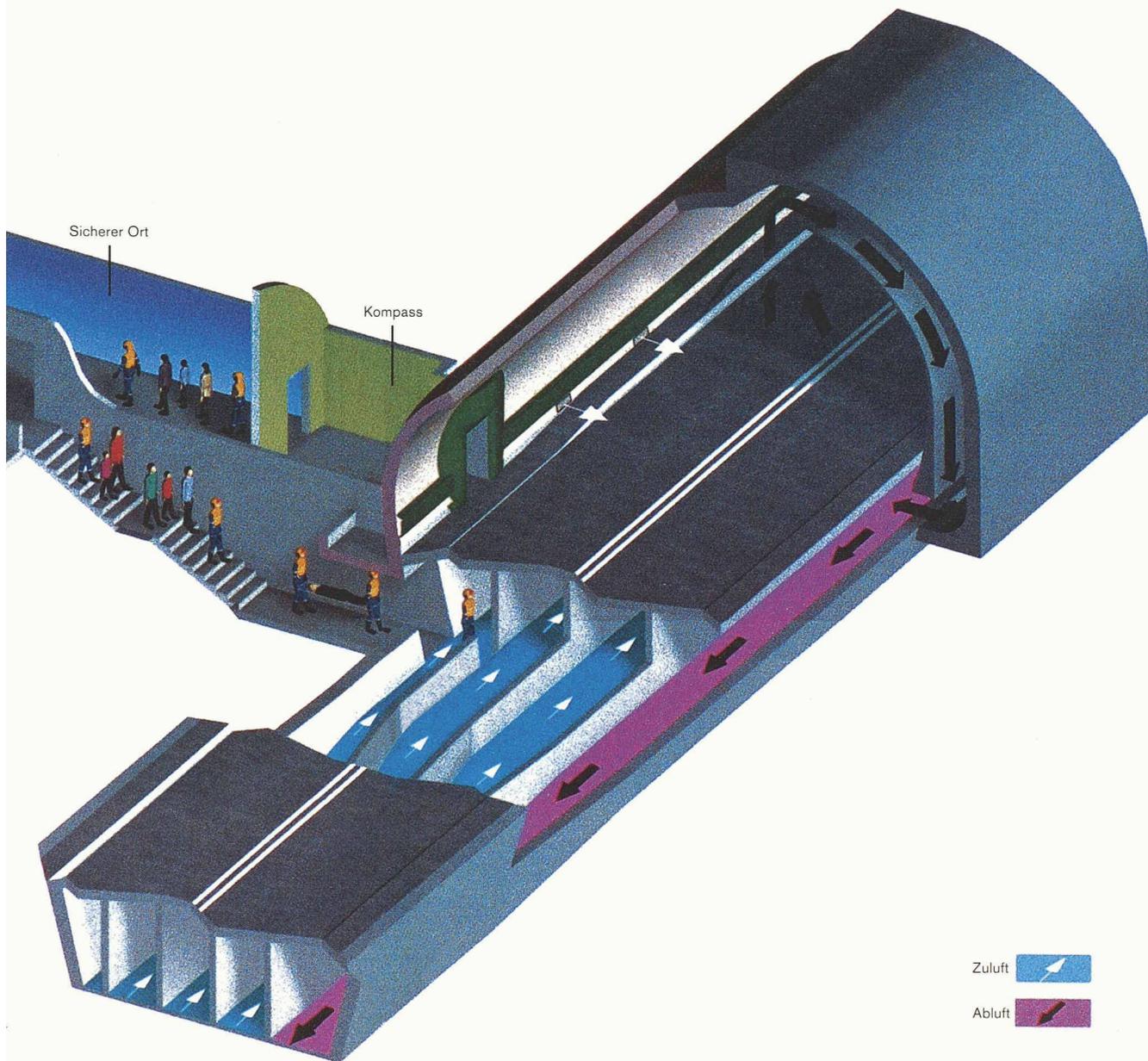
Neu ist auch die Stationierung eines permanent in Bereitschaft gehaltenen Feuerwehrtropps in der Mitte des Tunnels. Zusammen mit den beiden ebenfalls ständig präsenten beiden Trupps an den Tunnelportalen sollen so extrem kurze Interventionszeiten für jeden Ort im Tunnel gewährleistet werden. Dies ist für die möglichst frühzeitige Bekämpfung eines sich schnell entwickelnden Brandes von herausragender Bedeutung. Zusätzlich wurde die Zusammenarbeit mit den externen Interventionskräften, insbesondere der Feuerwehren von Chamonix und Aosta, in einem binationalen Interventionsplan klar geregelt.

2
Das neue Evakuationskonzept: Die Schutzräume sind mit den unterhalb der Fahrbahn angeordneten Frischluftkanälen verbunden, die im Ernstfall als Fluchtweg dienen



Bauliche Massnahmen

Die wichtigste bauliche Verbesserung sind 37 vollkommen neue Schutzräume. Sie sind mit vier unterhalb der Fahrbahn angeordneten Frischluftkanälen verbunden, die nach dem Umbau auch als Fluchtweg dienen werden. Diese bereits vorhandenen mannshohen Kanäle sind neu mit Beleuchtung, Signalisation und elektrischen Evakuationsfahrzeugen eingerichtet. Im Notfall werden die in den Schutzräumen wartenden Personen aber nicht selbstständig in die Fluchtkanäle gelangen, sondern auf Anweisungen der Kontrollpersonen evakuiert. Die neuen Schutzräume sind in einem Abstand von 300 m eingerichtet und weisen eine Fläche von mindestens 37,5 m² auf. Sie sind über Schleusen mit dem Tunnel verbunden und werden mittels je dreier Ventilatoren aus den Frischluftkanälen mit Zuluft versorgt. Jeder Schutzraum ist über Mikrofone, Kameras und Bildschirme mit dem Kontrollraum verbunden, so dass im Notfall die Kommunikation gesichert ist. Drei neue Ausstellbuchten wurden beim italienischen Portal in schwierigem Gelände realisiert. So gibt es nun



auf der ganzen Tunnellänge in Abständen von 300 m und abwechselnd auf beiden Seiten Ausstellbuchten. Die im Zusammenhang mit der Sanierung vorgenommenen Messungen des Tunnelprofils zeigten ausserdem, dass nicht an allen Stellen die vorgeschriebene Höhe vorhanden war. Deswegen musste die Tunnelverkleidung lokal (auf Strecken von 10–30 m Länge) ausgefräst werden, so dass das nominelle Profil auch tatsächlich vorhanden war. Ausserdem wurden grosse bauliche Anpassungen der vorhandenen Bausubstanz nötig, um Platz für die neuen elektromechanischen Anlagen zu schaffen, insbesondere die grundlegende Renovation der Brandlüftung.

Neue Brandlüftung

Die Lüftung im Normalbetrieb konnte weitgehend unverändert bleiben. Die Frischluftzufuhr erfolgt einzig von den beiden Tunnelportalen aus, über je vier unterhalb der Fahrbahn angeordnete Frischluftkanäle, die je $\frac{1}{8}$ der Tunnellänge versorgen. Die Brandlüftung ist hingegen grundlegend erneuert worden und stellt

eine der beachtlichen Leistungen im «neuen» Montblanc-Tunnel dar [3]. Entsprechend den Forderungen der Untersuchungskommission wurde die Kontrolle der Längsgeschwindigkeit verbessert und die Rauchabsaugmenge erhöht. Ausserdem wurden zusätzliche Rauchabsaugöffnungen mit Klappen installiert, so dass diese nun statt im Abstand von 300 m schon alle hundert Meter vorhanden sind.

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, mussten 76 Strahlventilatoren gleichmässig über die Tunnellänge verteilt werden, und die Absaugmenge wurde auf $150 \text{ m}^3/\text{s}$ (statt die von der Behörde verlangten $110 \text{ m}^3/\text{s}$) erhöht. Vier «Relais»-Stationen mit vier Axialventilatoren entlang des Abluftkanals reduzieren den Unterdruck im langen Kanal trotz der erhöhten Absaugmengen. Dies erlaubt, die Leckagen zu beschränken.

Eine sehr aufwändige Massnahme stellen die 116 Rauchabsaugkanäle («carneaux») im Abstand von 100 m dar. Sie verbinden die Tunneldecke mit dem sich unterhalb der Fahrbahn befindlichen Abluftkanal. Die neu eingeführte Irreversibilität des Abluftsystems ist eine zusätzliche



3

Alle 600 Meter befinden sich Schilder mit variablen Meldungen oder Piktogrammen, deren Information im Ereignisfall angepasst werden kann

sicherheitsfördernde Massnahme, reduziert aber im Normalbetrieb die Frischluftmenge um fast 30% auf ca. 660 m³/s. Die Realisierung der «Relais»-Stationen und der Rauchabsaugöffnungen erforderte die Zerstörung und Rekonstruktion von weiten Teilen der Tunnelschalung und der Lüftungskanäle und war entsprechend aufwändig.

Innovatives Leitsystem

Das neue Leitsystem des Montblanc-Tunnels ist besonders innovativ; es weist einen sehr hohen Automatisierungsgrad auf. Das System kann die gesamten elektromechanischen Anlagen steuern und verfügt über eine Fülle von Sensoren, die ununterbrochen und detailliert den Tunnelzustand erfassen. Vor allem die Erkennung von stehenden Fahrzeugen oder von Rauchentwicklung ist eine der Stärken der digitalen Bilderkennung. Es verwaltet über 28 000 Signale, Messungen und Befehle. Werden Abweichungen vom Normzustand festgestellt, werden diese mit einem Antwortvorschlag den Operatoren signalisiert. Diese «Intelligenz» wurde auf der Basis der Erfahrung von einigen der besten Tunnelbauern der Welt [4] kreiert. Die Operatoren können weitere Informationen, die z.B. über die Videoüberwachung zu haben sind, liefern und geeignete Massnahmen einleiten. Falls die Situation vom System als gefährlich ein-

gestuft wird und die Stellungnahme der Operatoren aussteht, leitet das Leitsystem seine Antwort automatisch ein. Es soll so garantieren, dass die im Ereignisfall erforderlichen Massnahmen rasch eingeleitet werden und in sich konsistent sind.

Weitere Sicherheitselemente

Für den Notfall ist das richtige Verhalten der Tunnelbenutzer von zentraler Bedeutung. Besonderer Wert wurde daher auf Information als präventive Massnahme gelegt. Die allgemeine Information der Tunnelbenutzer mittels Broschüren einerseits und ihre genaue Orientierung über das richtige Verhalten im Ereignisfall sind dabei die Schwerpunkte.

Über 12 FM-Radiofrequenzen können spezielle Meldungen durchgegeben werden. Alle 600 m sind Schilder mit variablen Meldungen oder Piktogrammen aufgestellt, deren Information dem Ereignisfall angepasst werden kann. Alle hundert Meter sind Nottelefone installiert. Jeder Schutzraum ist über Mikrofon, Kamera und Bildschirm mit dem Kontrollraum verbunden. Eine völlig neue Methode, Fahrzeuglenker, die ihr Autoradio nicht eingeschaltet haben, zu erreichen, ist ein Art Radioempfänger im Kreditkartenformat. Auf diesen Karten sind eine ganze Reihe von Ansagen

gespeichert. Über eine eingebaute Antenne kann der Kontrollraum das automatische Abspielen einer dieser Nachrichten auslösen. Die Karte funktioniert ähnlich wie die Gruss- oder Weihnachtskarten, die beim Öffnen eine Melodie abspielen. Die Karte kostet wenige Euro und würde bei der Tunneleinfahrt an die Fahrzeuglenker abgegeben. Leider ist diese viel versprechende Lösung noch nicht ganz erprobt, und über ihren Einsatz im Montblanc ist noch nicht entschieden.

Der Brand des Tunnels vor drei Jahren wurde durch einen Lastwagen ausgelöst, der vermutlich schon bei der Einfahrt brannte und der brennend noch eine lange Strecke weiterfuhr. Um solches zu verhindern, sind vor beiden Portalen so genannte thermographische Portale aufgestellt worden, die die Temperatur der durchfahrenden LKW erfassen können. Das sind Infrarotschleusen, die allfällige abnormale «hot spots» erkennen sollen. Dies können Brandherde in der Ladung oder in Hilfsmotoren von Kühlwagen, überhitzte Bremsen oder Motorenteile und ähnliches sein. Eine Schwierigkeit ist dabei, normale Erhitzung wie sie beispielsweise bei Turboladern vorkommt, von abnormaler zu unterscheiden. Sobald aber eine ausserordentliche Erhitzung erkannt ist, wird der entsprechende Lastwagen an der Tunneleinfahrt gehindert.

Neben diesen technischen Einrichtungen wird auch ein neues Verkehrsreglement gelten. Die Maximalgeschwindigkeit wird von 80 km/h auf 70 km/h reduziert. Die Mindestabstände für alle Fahrzeuge werden 150 m in Fahrt und 100 m bei Stillstand betragen. Für Reisebusse gilt ein Minimalabstand von 2400 m. Der Grund dafür ist die beschränkte Aufnahmekapazität der Fluchräume. Es soll so verhindert werden, dass mehrere Gruppen aus Bussen im gleichen Schutzraum vergeblich Zuflucht suchen. Der Transport von gefährlichen Gütern [5] wie beispielsweise Chemikalien ist streng verboten. Alle 600 m sind Lichtsignale eingerichtet worden, die bei einem Notfall auf Rot schalten. Weil Fahrzeuglenker in Tunnels erfahrungsgemäss solche Signale missachten und versuchen, möglichst schnell aus dem Tunnel zu gelangen, senken sich zusätzlich leichte Aluminiumbarrieren. Sie sollen bei solchen Panikreaktionen unter Umständen tödliches Fehlverhalten verhindern helfen. Die Barrieren sind aber leicht genug, dass Feuerwehrfahrzeuge sie durchbrechen könnten. Neben den Barrieren bzw. Lichtsignalen sind Informationspaneele angebracht, die die Fahrer sofort über die Ursache der Sperrung und das richtige Verhalten informieren.

Um Brände im Tunnel überhaupt wirkungsvoll bekämpfen zu können, ist eine möglichst schnelle Entdeckung des Brandherdes von entscheidender Bedeutung. Alle 100 m sind deshalb Videokameras installiert, die ihre Bilder an ein automatisches Detektionssystem weiterleiten, das auf digitaler Bildanalyse (DAI) basiert. Zusätzlich ist ein Brandmeldekabel des Typs Fibro-Laser 2 installiert worden. Alle 100 m finden sich Sicherheitsnischen, von denen aus Fahrzeuglenker über Telefon und Alarmknopf die Kontrollstelle informieren können. Dort sind auch die Feuerlöscher untergebracht. Alle 150 m finden sich Wasseranschlüsse für die Feuerwehr, ebenso in allen Schutzräumen.

Neueröffnung

Die Gesamtkosten für die Sanierung und Modernisierung des Montblanc-Tunnels werden rund 300 Mio. Euro erreichen. Das Verhältnis zwischen Sanierung und Modernisierung ist etwa 1:4 und zeugt von einer grundlegenden Modernisierung. Die elektromechanische Ausrüstung konsumiert über 60% des Gesamtbetrages, darunter die Hauptlose Energie, Netzwerke und Steuerung mit über 65 Mio. Euro und die Lüftung mit über 25 Mio. Euro.

Bei der kommenden Wiederinbetriebnahme wird nur noch wenig an den «alten» Montblanc-Tunnel erinnern. Die grossen Bauarbeiten haben die Tunnelstruktur radikal verändert, zumal alle elektromechanischen Anlagen aus dem Tunnel entfernt und durch neue ersetzt wurden. Neben den emotionalen Reaktionen unmittelbar nach dem Brand entstand als nachhaltiger Effekt eine klare Veränderung des Sicherheitsempfindens. Daraus resultierte zum Teil eine Neufassung von nationalen und internationalen Empfehlungen und Richtlinien. Der Brand im Montblanc-Tunnel hat den State of the art im Tunnelbau stark geprägt, nicht zuletzt in Form von modernen nationalen Richtlinien.

Die Eröffnung des Tunnels ist zum Jahresende vorgesehen. Zurzeit ist noch nicht klar, mit welchem Verkehrsregime operiert werden wird. Der Vorschlag, die Tunnel von Fréjus und Montblanc je nur in einer Richtung für den LKW-Verkehr zu öffnen, ist stark umstritten. Der politische Entscheid darüber ist offen. Nicht zuletzt der tragische Unfall im Gotthard hat erneut Diskussionen um den LKW-Verkehr in nicht richtungsgetreuten Tunnels ausgelöst.

Marco Bettelini, Dr. sc. tech., dipl. Masch.-Ing.
ETH/SIA, HBI, Haerter AG Beratende Ingenieure,
Stockerstr. 12, 8002 Zürich, marco.bettelini@hbi.ch
Marco Bettelini hat seit 1999 in einem aus französischen, italienischen und Schweizer Experten zusammengesetzten Team massgeblich an der Sanierung und Modernisierung des Montblanc-Tunnels mitgearbeitet.

Anmerkungen / Literatur

- 1 Duffé, Marec, Cialdini: Rapport commun des missions administratives d'enquête technique française et italienne relatif à la catastrophe survenue le 24 mars 1999 dans le tunnel du Montblanc.
- 2 Il piano di interventi per la riapertura del Traforo del Monte Bianco. Autostrade, 1/2000.
- 3 M. Bettelini, R. Brandt, I. Riess: Progress in Tunnel Ventilation - The Mont-Blanc Tunnel. Convegno AITES/ITA Milano, 10-13 June 2001.
- 4 Unter der Federführung von Scetauroute (F) und SPEA (I) haben verschiedene Firmen und Einzelpersonen mitgewirkt, darunter auch die HBI, Haerter AG Beratende Ingenieure
- 5 Gemäss der orange signalisierten Klassifikation nach ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route)

Jeden vierten Tag ein Tunnelbrand

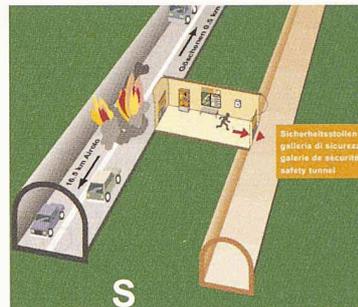
Der Fahrer, der seinen Lastwagen beim Tunnelbrand im Gotthard rechtzeitig zurückgelassen hatte, machte einen tödlichen Fehler. Er kehrte noch einmal zurück, um persönliche Gegenstände aus dem Wagen zu holen. Er bezahlte seinen Fehler mit dem Tod. Möglicherweise hatten auch andere der elf Todesopfer solche Fehler gemacht. Sie blieben vielleicht zu lange in ihren Wagen oder kehrten noch einmal um, erreichten auf jeden Fall die Schutzräume zu spät. Der giftige Rauch hatte sich so schnell ausgebreitet, dass sie zuerst die Orientierung und dann das Bewusstsein verloren.

Jeden vierten Tag brennt in einem Schweizer Tunnel ein Fahrzeug, statistisch¹ zumindest. Und trotzdem sind die angemessenen Verhaltensweisen zu wenig bekannt. Wer hat im Tunnel tatsächlich immer sein Autoradio auf Empfang gestellt? Wer ist sich immer bewusst, auf welcher Seite die Fluchttüren sind, wer rechnet jederzeit mit einem Unfall, mit der Notwendigkeit zu fliehen? Unser Bewusstsein für das Risiko, in einen Tunnel zu fahren, ist kaum vorhanden. Nach tragischen Unfällen wie dem im Gotthard oder im Montblanc-Tunnel vor drei Jahren hält die Angst ein paar Monate vor und verschwindet dann wieder hinter der Routine all der reibungslosen Fahrten.

Die Berichte und Kommentare nach den Unfällen konzentrieren sich überwiegend auf die technischen Unzulänglichkeiten und fordern entsprechende Verbesserungen. Dass aber stattdessen der Information der Fahrzeuglenker eine mindestens ebenso grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, geht vergessen. Bei der Sanierung des Montblanc-Tunnels wurde auf diesen Aspekt grossen Wert gelegt. Marco Bettelini beschreibt in seinem Beitrag (S. 7) neben den anderen Sanierungsmassnahmen auch, wie die Fahrzeuglenker im Notfall informiert und angeleitet werden sollen, damit tragisches Fehlverhalten vermieden werden kann.

Unter den neuen Massnahmen wird auch eine kleine Karte geprüft, auf der verschiedene Meldungen gespeichert sind. Im Notfall wird die Karte über eine eingebaute Antenne aktiviert und spielt die der Situation angemessene Information ab, ähnlich den singenden Glückwunschkarten. Jeder Fahrzeuglenker soll bei der Einfahrt so eine Karte erhalten, damit ihn die lebenswichtigen Informationen auch erreichen, wenn das Radio nicht eingeschaltet sein sollte. Die Karte könnten die Fahrer behalten, damit am Tunnelausgang kein Stau entsteht. Sie würde ein paar wenige Euro kosten. Trotzdem ist ihr Preis eines der wichtigsten Entscheidungskriterien...

Der Verursacher der Kollision im Gotthard war gemäss den Informationen der Tessiner Staatsanwaltschaft alkoholisiert. Aller Wahrscheinlichkeit nach war er auch noch übermüdet, wie so viele seiner Kollegen. Zu Hungerlöhnen und immer unter Zeitdruck fahren diese Chauffeure Güter durch ganz Europa, immer auf der Jagd nach den billigsten Produktions- und Verarbeitungsstätten, damit wir im Laden zugreifen. Billig. Was in diesen Preisen steckt, nämlich Ausbeutung, Umweltschäden und absurde Risiken, wird verdrängt. Das aber ist – neben dem menschlichen Fehlverhalten in Notsituationen – der andere Aspekt des Unglücks am Gotthard, der neben der Diskussion um technische Verbesserungen allzu oft vergessen geht.



Marco Bettelini

7 Sanierung Montblanc-Tunnel

Thermische Portale und Zugangskontrollen für Lastwagen, neue Schutzräume und Fluchtwege, ein neuer Feuerwehroposten sowie ein hoch entwickeltes Informations-, Kontroll- und Leitsystem: Investitionen in die Sicherheit.

Hugo Meier

15 Kontrollierte Verkehrslenkung

Sanierung Autobahntunnel Schöneich: gut informierte Fahrzeuglenker haben vernünftig reagiert; die befürchteten Staus sind ausgeblieben.

Ruedi Weidmann

28 Hochhäuser in Zürich

Die Stadt hat ihre Hochhausgebiete festgelegt, nach dem Motto «Wo stören sie nicht?». Wozu sie nützlich sein könnten, scheint niemand zu fragen.

1 Jean Paul Kunsch und Franz Zumsteg haben in ihrem Beitrag «Rauchausbreitung in Tunnels» in tec21, Nr. 9/2001 (S. 17) auf diese Tatsache hingewiesen.