

Die Verkehrsraumbelüftung im Gotthardstrassentunnel

Autor(en): **Kuster, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme**

Band (Jahr): **37 (1980)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-781893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kunststoff-Tunnelabdichtungen

Wasser- und Feuchtigkeitsabdichtungen erhöhen die Sicherheit, Lebensdauer und Funktionstüchtigkeit von Strassentunnels. Die Abdichtung schützt die Betonauskleidung vor eindringendem Wasser und verhindert dadurch Schäden am Bauwerk und an den Installationen. Die Fahrbahn durch den Tunnel bleibt trocken und eisfrei, die Abdichtung trägt somit auch wesentlich zur Verkehrssicherheit bei.

Die PVC-Dichtungsbahnen Sarnafil eignen sich besonders zur Abdichtung von Tunnels, weil sie flexibel, chemisch resistent und mechanisch widerstandsfähig sind und so das Bauwerk dauerhaft schützen.

Sarna Kunststoff AG,
CH-6060 Sarnen

Im Gotthardstrassentunnel wurde die Sarnafil-Abdichtung am Gewölbe befestigt und anschliessend die innere Betonauskleidung erstellt.



Die Verkehrsraumbelüftung im Gotthardstrassentunnel

Der Gotthardstrassentunnel mit einer Länge von 16,322 km ist der längste Strassentunnel der Welt. Er besteht aus einer Röhre für die Fahrbahn (mit Gegenverkehr) sowie aus einem sogenannten Fluchtstollen.

Die Verkehrsraumbelüftung wird von 22 Variax-Axialventilatoren übernommen. Die Hälfte der Ventilatoren fördert Frischluft in den Fahrbahnbereich, während die andere Hälfte die verbrauchte und mit Abgasen belastete Abluft aus dem Tunnel ins Freie befördert.

Installiert sind die Ventilatoren in 6 Lüftungszentralen, wovon je eine sich an den Portalen und vier weitere sich im Tunnelinnern befinden.

Die innenliegenden Lüftungszentralen sind mit nahezu senkrechten Lüftungsschächten durch das Gotthardmassiv mit der Aussenwelt verbunden. Der längste Schacht der Zentrale Motto di Detro ist 896 m lang und weist einen Durchmesser von 5,8 m auf.

Die Ventilatoren sind Konstruktionen der Firma Nordisk Ventilator

Co. A/S Naestved, Dänemark, welche Axialventilatoren des Typs Variax seit über 30 Jahren für Kraftwerke, Zementfabriken, Grossklimaanlagen und Tunnelbelüftungsanlagen auf der ganzen Welt einsetzt. In der Schweiz wird Nordisk Ventilator Co. durch die Firma Werner Kuster AG, Muttens, vertreten, welche auch den Sonnenbergtunnel in Luzern der Nationalstrasse N2 mit Variax-Ventilatoren ausrustete.

Die Lüftungsanlage ist für eine Verkehrsmenge von 1800 PWE/h (Personenwageneinheiten pro Stunde) bei Gegenverkehr dimensioniert.

Die zulässigen Grenzkonzentrationen von Kohlenmonoxid (CO) betragen bei Normalbetrieb 100 ppm, bei Verkehrsspitzen 150 ppm und bei Stauungen bis 230 ppm.

Als Lüftungsprinzip kommt eine reduzierte Querlüftung zur Anwendung. Der bauseitige Zu- und Abluftkanal befindet sich in der Tunnelkalotte über einer Zwischendecke.

Die Zuluft wird mittels Sekundärkanälen alle 8 m nach unten geführt und über der Fahrbahn in den Verkehrsraum befördert.

Die Abluft hingegen wird in Abständen von 16 m durch Öffnungen in der Zwischendecke aus dem Verkehrsraum abgesogen und mittels dem Ventilator via Lüftungsschacht ins Freie befördert.

Eine unterirdische Zentrale ist im Prinzip so konzipiert, dass die Zu- und Abluftventilatoren sich jeweils über der Fahrbahn befinden. Zur Ausnützung des im Winter beträchtlichen Schachtauftriebes mit Luftgeschwindigkeiten von nahezu 100 km/h ist am Fuss jedes Schachtes eine By-Pass-Öffnung mit Klappe vorgesehen. Durch diese enorme Kaminwirkung kann in den Schwachlastzeiten mit einer reinen Halbquerlüftung gefahren werden, indem nur die Zuluftventilatoren im Betrieb sind.

Für den Fall eines Brandes im Tunnel wurden die Abluftventilatoren so konstruiert, dass das Luft-Rauch-Gemisch von 250°C wäh-

rend dreier Stunden ins Freie befördert werden kann.

Sofort nach Brandausbruch werden die Abluftventilatoren auf 70 % der Volleistung geschaltet und die benachbarten Abschnitte der Lüftungskanäle durch Absperrklappen abgeschlossen, damit die Brandgase nicht im ganzen Tunnel verteilt werden.

Um einen wirtschaftlichen Betrieb bei optimalem Wirkungsgrad der Ventilatoren bei jeder Leistungsstufe zu gewährleisten, besitzen die Maschinen während des Betriebes elektrohydraulisch verstellbare Laufradschaufeln, deren Anstellwinkel automatisch von einem Prozessrechner aus nach dem Verkehrsaufkommen gesteuert werden.

Dem erwähnten Prozessrechner werden Messwerte über CO-Konzentration sowie auch der Sichttrübung (Dieselmotoren) übermittelt. Die Regelung des Volumenstromes erfolgt kontinuierlich bis auf etwa 10 % der Nennluftmenge.

Ausser den im Lauf verstellbaren Schaufeln wurden auch Motoren

mit zwei Drehzahlen (1000/500 U/min) gewählt, um die Wirtschaftlichkeit des Betriebes weiter optimieren zu können.

Gemäss einer theoretischen Jahresdauerkurve beginnt die unterste Lüftungsstufe bei etwa 200 m³/sec Frischluftbedarf, wogegen bei kleinerem Luftbedarf eine natürliche Längslüftung genügend ist.

Bis zu einer Frischluftmenge von etwa 700 m³/sec wird die Lüftung als reine Halbquerlüftung betrieben, wobei etwa 300 m³/sec durch die Portale und die restliche Abluftmenge via By-Pass-Klappen durch die Abluftschächte strömt.

Im Bereich von 700 m³/sec bis zur maximalen Luftmenge wird ein reduzierter Querlüftungsbetrieb gefahren, indem im Mittel 300 m³/sec Abluft durch die Portale abströmt. Die Nennleistungen und Abmessungen der Ventilatoren sind wie folgt:

1. Leistungen

a) **Luftmenge**
 Zuluft 185–345 m³/sec
 Abluft 185–345 m³/sec
 Total 2x2516 = 5032 m³/sec
 (18 Mio. m³/h)

b) **Gesamtdruckdifferenz**
 Zuluft 1073–2596 N/m²
 Abluft 1407–4800 N/m²

c) **Motorenleistung**
 Zuluft 430–2920 kW
 Abluft 430–2020 kW
 Total
 14615+10690 = 25305 kW
 (25 Megawatt)

Der Wirkungsgrad der Ventilatoren variiert zwischen 78 und 87%, je nach regulierter Luftleistung.

2. Masse

Länge
 min. 4,90 m, max. 6,0 m
 Durchmesser
 min. 3,20 m, max. 3,85 m
 Breite über alles
 min. 3,55 m, max. 4,25 m
 Gewicht (mit Motor)
 min. 16 t, max. 28,6 t

Bei voller Leistung der Zu- und Abluftventilatoren kann eine vollständige Umwälzung der Tunnelluft in 6 Minuten bewältigt werden.

Zur Konstruktion der Ventilatoren ist zu erwähnen, dass der Antriebsmotor aus Platzgründen innerhalb des Ventilators, das heisst in der verlängerten Nabenverkleidung montiert wird.

Die Motoren werden fremdbelüftet. Es handelt sich hierbei um Dreiphasen-Kurzschlussanker-Motoren, Fabrikat BBC, mit Dahlanderwicklung, für 6000 Volt.

Die dauernde Fernüberwachung der Motoren bildet einen wichtigen Teil für die Sicherheit der Verkehrsraumventilation. Es werden dauernd die Temperaturen der

Statorwicklungen sowie der Lager überwacht. Ferner können Veränderungen der Laufruhe der Lager mittels eines speziellen Lagerüberwachungssystems sofort festgestellt werden. Zur Signalisierung der Drehzahl wie auch Überwachung der Drehrichtung sind Tachogeneratoren und Drehrichtungswächter montiert.

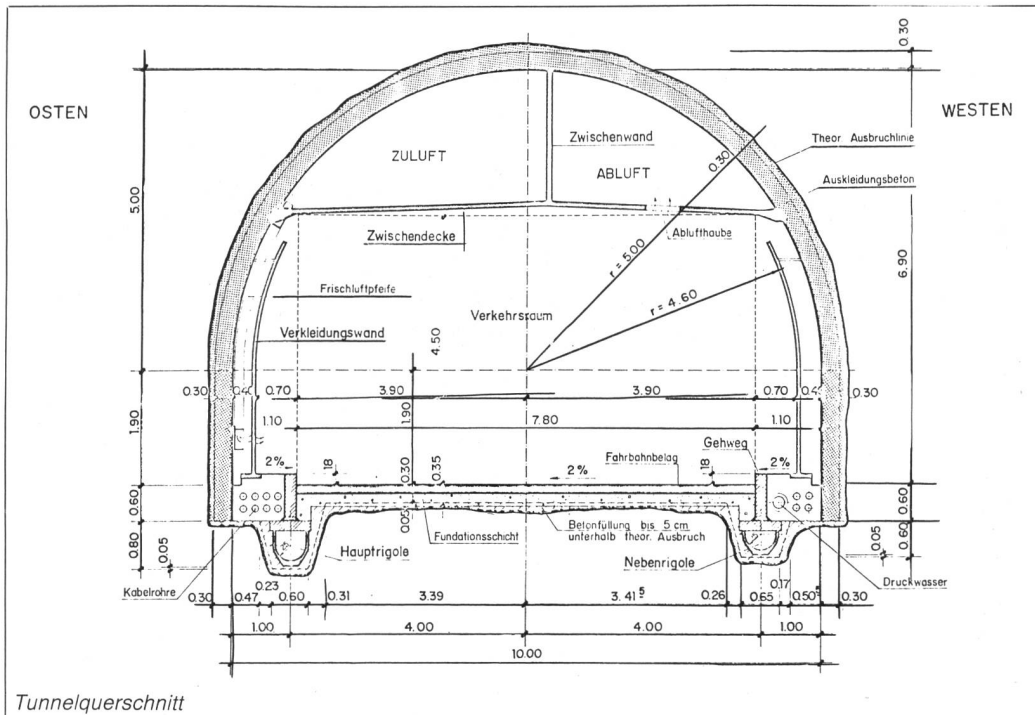
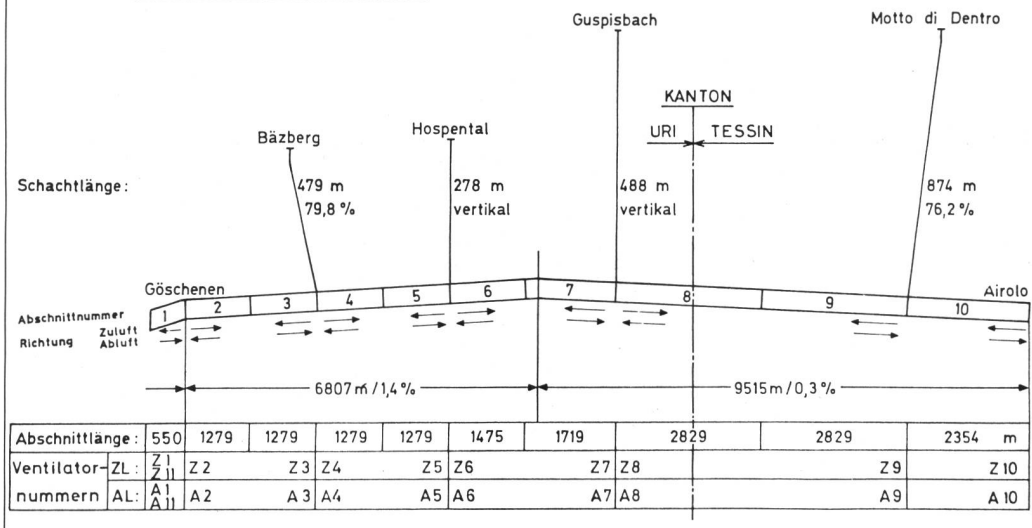
Natürlich ist auch das geschlossene Schmierölsystem mittels Kontaktmanometer und Pressostaten dauernd unter Kontrolle. Dasselbe gilt auch für das getrennte Hydrauliksystem, um den sicheren Betrieb der elektrohydraulischen Schaufelverstellung zu gewährleisten. Die Nabe bzw. das Laufrad wurde direkt auf das Hauptwellende des Motors montiert und fixiert. Die hierfür speziell angefertigten Wälzlager mussten für ein Schwungmoment von 6000 kg/m² und für einen Axial Schub von etwa 4600 kp konstruiert werden. Infolge der unterschiedlichen Nennluftleistungen weisen die Laufräder Durchmesser von 2520–3420 mm auf. Auch ist die Schaufelzahl der einzelnen Laufräder unterschiedlich und variiert zwischen 19 bis 30 Stück. Jede Schaufel wurde aus einer speziellen Alulegierung, wie sie auch für die «Concorde» verwendet

wurde, gesenkgeschmiedet und nachträglich bearbeitet. Die Naben sind aus Sphäroguss hergestellt. Sämtliche geschmiedeten wie gegossenen Teile wurden während und nach der Produktion eingehenden Prüfungen unterzogen, um die grösstmögliche Sicherheit während des Betriebes zu gewährleisten.

Nordisk Ventilator Co. legt sehr grossen Wert auf den kleinstmöglichen Spaltverlust, um den optimalen Wirkungsgrad zu erreichen. Somit wurden sämtliche Laufradgehäuse mechanisch bearbeitet, damit der Spalt zwischen Laufrad und Gehäuse maximal 1‰ des Laufraddurchmessers beträgt. Im August 1977 konnte der erste Ventilator für die Zentrale Airolo transportiert werden.



Schematischer Längsschnitt



Tunnelquerschnitt

Mit einem speziell für die Ventilatoren des Gotthard- und des Seelisbergtunnels konstruierten 16rädri- gen Montagewagen wurden die Ventilatoren in je einer zweitägigen Fahrt von Eschlikon, wo die Montage der Ventilatoren stattfand, in den Tunnel transportiert. Das Transportfahrzeug inklusive Zugfahrzeug hatte eine Länge von rund 40 m. Es wurde gezogen von einem Zugfahrzeug mit 320 PS

Leistung. Das Eigengewicht des Transportzuges betrug 28 t, so dass das maximale Transportgewicht 58 t betrug. Auf den Bergstrecken wurde das Zugfahrzeug noch durch ein Stossfahrzeug unterstützt. Ein Bahntransport der Ventilatoren kam nicht in Frage, weil die Ventilatoren in zusammengebautem und geprüfem Zustand von der Werkhalle in Eschlikon in die Lüftungs-

zentralen transportiert werden mussten. Das Einfahren durch die engen Montageöffnungen in den Tunneldecken war nur in zusammengebautem Zustand möglich. Nach dem Transport der Ventilatoren wurden diese jeweils durch Laserstrahlen gelenkt, unter die Montageöffnungen manövriert und mittels den auf dem Montagewagen installierten hydraulischen Hebevorrichtungen direkt in den Zen-

tralenraum gehoben und dort fest installiert. Bei einer eventuellen Revision wird die ganze Maschine mit dem Montagewagen wieder heruntergeholt und zur Revision in den neuen kantonalen Werkhof in Flüelen gebracht, welcher auch zur Revision der Ventilatoren des Seelisbergtunnels dienen wird.

Werner Kuster AG,
CH-4132 Muttenz

Funk- und Radioempfang im Gotthardstrassentunnel

Normalerweise können in längeren Tunnels keine Radiowellen empfangen werden. Das gleiche gilt für Funksignale, welche zudem auch nicht aus dem Tunnel gesendet werden können. Menschen in Strassentunnels, Verkehrsteilnehmer wie auch Unterhalts- und Betriebspersonal, sind also ohne besonderen technischen Aufwand von der Aussenwelt abgeschnitten, wenn man von den ortsgebundenen Einrichtungen wie Notrufsäulen und Telefonstationen absieht.

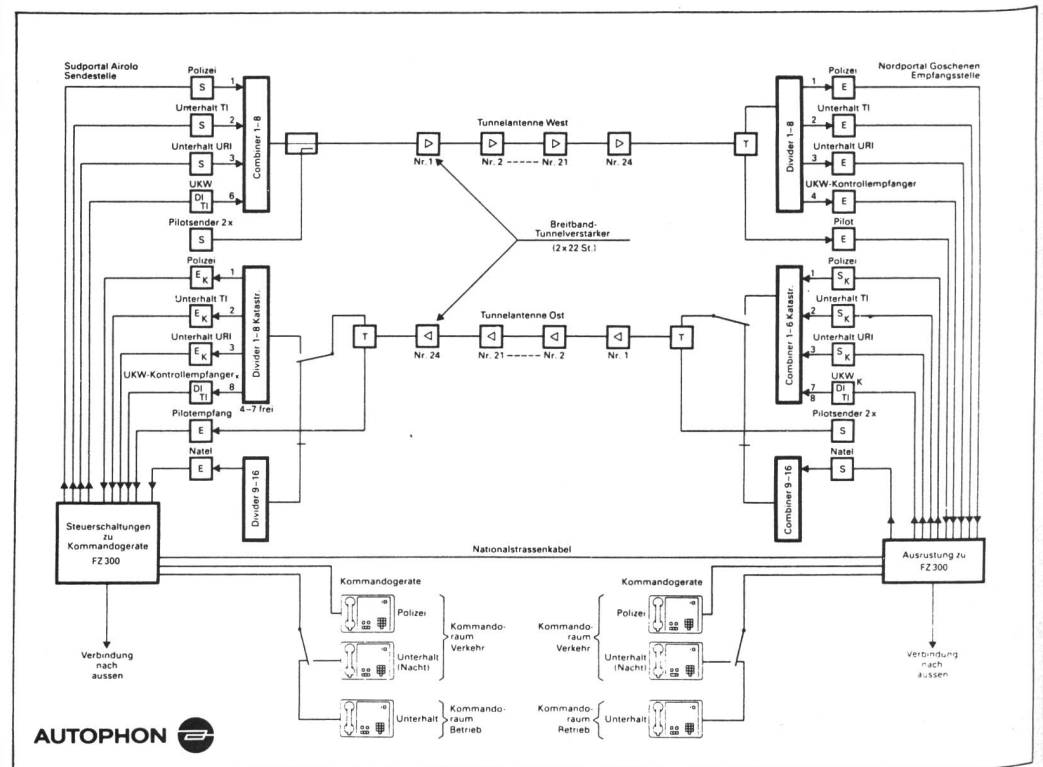
Es ist aber gerade bei solchen stark befahrenen Strecken wie dem Gotthard wichtig, die Verbindung zum rollenden Verkehrsteilnehmer für Verkehrsdurchsagen aufrechtzuerhalten. Für Polizei, Rettungsdienste und Betrieb ist eine Funkverbindung geradezu unerlässlich. Dienstleistungen wie Radiounterhaltung, Autotelefon und Autoruf sind wünschenswert.

Wenn sie auch schwierige Übertragungstechnische Probleme bringen, lassen sich doch heute solche Kommunikationsanlagen mit sogenannten strahlenden HF-Kabeln lösen. Autophon hat im Gotthardtunnel eine solche Anlage realisiert. Sie dient vor allem der Sicherheit des Tunnelbenützers.

Aufgabenstellung

Für den Strassentunnel waren gefordert:

- Funk für den Betrieb und die Sicherheitsdienste.
- UKW, Autotelefon NATEL und Autoruf für die Verkehrsteilnehmer.
- Verbund dieser Dienste in einem einzigen System, welches für den Katastrophenfall im Redundanzbetrieb arbeitet, das heisst beim Ausfall gewisser Teile immer noch funktionstüchtig ist.
- Erkennung von Störungen selbst im ruhenden System.

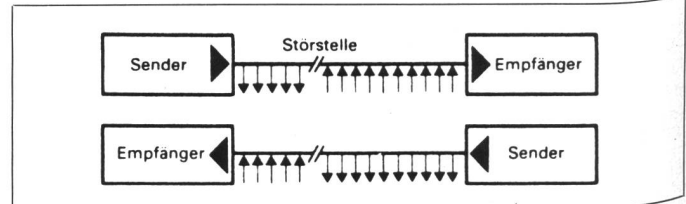


Übersichtsschema der Funkanlage im Gotthardtunnel.

Lösungswege

Um in einem Tunnel ein homogenes Funkfeld zu erzeugen, muss das Signal längs der ganzen Röhre kontinuierlich abgestrahlt werden. Ebenfalls müssen auf der ganzen Länge «Antennen» als Empfangseinrichtung vorhanden sein. Diese Erkenntnis führte schon vor etlichen Jahren zur Anwendung eines strahlenden HF-Kabels, eines Kabels, das durch seine «Undichtigkeit» als Antenne für Senden und Empfangen wirkt.

Wie bei jedem Übertragungssystem muss man auch beim strahlenden HF-Kabel mit Leistungsverlusten rechnen. Um die Kabeldämpfungen, die über eine Strecke von 16 km entsprechend gross sind, kompensieren zu können,



Auch bei Unterbruch beider Funkkabel kann dank des reversen Signalflusses auf der ganzen Tunnellänge gesendet und empfangen werden.

stehen grundsätzlich zwei Konzepte zur Auswahl:

- Die gesamte Versorgungsstrecke wird in mehrere Abschnitte unterteilt. In der Mitte jedes Teilstückes werden die Sender — Empfänger über eine Weiche (Combiner-Divider) mit den zwei Kabelhälften verbunden.
- Alle Sender werden an einem,

die Empfänger am entgegengesetzten Kabelende angeschlossen. In bestimmten Abständen werden, zur Kompensation der ungleichen Dämpfung verschiedener Frequenzen, Breitbandverstärker mit Entzerrnetzwerken eingefügt.

Die erste und ältere Lösung bedingt einen apparativen Mehrauf-