

Branden i Tauerntunneln

2000 Räddningsverket, Karlstad
Internationella avdelningen
ISBN 91-7253-052-7

Beställningsnummer P22-334/00
2000 års utgåva

Branden i Tauerntunneln

Anders Bergqvist, Stockholms brandförsvär

Räddningsverkets kontaktperson:
Kjell Larsson, Internationella avdelningen, 054-10 41 19

Innehållsförteckning

Abstract	5
Sammanfattning	7
Brandkatastrof i Tauerntunneln.....	9
Kort redogörelse över olycksförloppet.....	9
Anledning till observationen.....	10
Genomförande av räddningsinsatsen	11
Tekniska redogörelse över Tauerntunneln	13
Historik över tunneln.....	13
Tekniska fakta om tunneln	13
Intressanta iakttagelser	15
Litteraturförteckning	18
Bildförteckning	19
Referenser	20

Bilagor

- 1 - Karta
- 2 - Översikt över olycksplatsen
- 3 - Tunnelvy
- 4 - Tunnelkörväg
- 5 - Teknik i tunneln
- 6 - Ventilationssystem
- 7 - Namnlista med kontaktpersoner i Österrike
- 8 - Branden i Pfändertunneln

Abstract

On the 29th May 1999 at 0450 a large fire spread through the Tauern road tunnel in Austria. As a result of the fire 12 people died, 22 cars and 12 lorries were totally destroyed, and parts of the tunnel caved in.

The tunnel, which goes through a mountain, is 6.4 km in length. It is one of the most important main-arteries for traffic through the Alps, connecting the road networks of southern and northern Europe. It is of the single tunnel type, with oncoming traffic meeting in the same tunnel with no physical barrier separating the two carriageways.

Local fire & rescue service brigades attempted to extinguish the fire in the tunnel at an early stage of the operation, but were not successful and had instead to break off the operation when the working conditions became too difficult. They had to concentrate on taking care of the injured and others effected. It wasn't until 2130 the same day that they succeeded in putting out the fire.

The tunnel has a number of safety systems, but none of these could do anything to save the people in the tunnel or to extinguish the fire. The quick spread of the fire and the high fire load of the stationary vehicles, meant that many people were still in the tunnel, and also that it was extremely difficult for the fire & rescue service to attempt to rescue them or to extinguish the fire.

The fire and subsequent evacuation and rescue operation show how important it is that safety systems consist of a whole system of planned measures that operate together.

Sammanfattning

Den 29 maj 1999 klockan 04.50 inträffade det en omfattande brand i en österrikisk vägtunnel, Tauerntunnel. Olyckan resulterade i att 12 människor omkom, 22 personbilar och 12 lastbilar blev totalt utbrända, samt att delar av tunneln rasade in.

Tunneln är en 6,4 km lång bergtunnel. Den är en av de viktigaste "puls-ådrorna" för vägtrafiken genom alperna. Tunneln sammanlänkar vägnäten i Syd- och Nordeuropa. Tunneln är av enkelrörstyp, med mötande trafik i samma tunnelrör utan någon fysisk åtskillnad mellan vägbanorna.

De lokala räddningstjänsterna försökte släcka branden i tunneln tidigt skede av insatsen, men lyckades inte, utan fick avbryta denna insats på grund av för svåra förhållanden inne i tunneln. Räddningstjänsten fick koncentrera sig på omhändertagande av skadade och andra drabbade. Räddningstjänsten lyckades inte förrän 21.30, samma kväll, släcka branden.

Tunnel har ett flertal säkerhetssystem, men inga av dessa var av betydelse för att rädda de människor som fanns i tunnel eller släcka branden. Det snabba brandförloppet och den höga brandbelastningen, som de stillastående bilarna i tunneln innebar, medförde att många människor blev kvar inne i tunneln och att det var mycket svårt för räddningstjänsten att försöka undsätta dessa människor som var kvar eller att släcka branden.

Olyckan och den efterföljande utrymningen och räddningsinsatsen påvisar hur viktigt det är att säkerhetssystemet består av en helhet av planerade åtgärder som fungerar tillsammans.

Nyckelord:

brand, tunnel, rasad, räddningsinsats, Österrike, Tauern, enkelrörstunnel, säkerhetssystem, omkomna, räddningstjänst

Brandkatastrof i Tauerntunneln

Kort redogörelse över olycksförloppet

Tauerntunnel är en 6,4 km lång bergtunnel. Den är en av de viktigaste "pulsådrorna" för vägtrafiken genom alperna¹. Tunneln sammanlänkar vägnäten i Syd- och Nordeuropa. Tunneln är av enkelrörstyp, med mötande trafik i samma tunnelrör utan någon fysisk åtskillnad mellan vägbanorna.

Vid tidpunkten för olyckan, den 29 maj 1999, pågick det reparationsarbeten inne i tunneln. Reparationsarbetena medförde att ett av de båda körfälten var avstängt, vilket innebar att cirka 100 meter² av det sydgående körfältet var avstängt. För att hantera trafiken i båda körriktningarna så slussades trafiken förbi det avstängda området med hjälp av trafikljus och enkelriktad trafik.

Begränsningen av trafikflödet resulterade enligt vittnesuppgifter³ i en lång köbildning på norra sidan av tunneln. I tunnelöppningen, där de båda sydgående körfälten dirigeras ihop till ett körfält under en mycket kort körsträcka⁴, upplevdes trafiksituationen som mycket kaotisk och hetsig, framförallt framkallat av lastbilstrafiken.

Vid olyckstillfället, cirka klockan 04.50, befinner sig en lastbil i sydgående riktning precis innan trafikljuset inne i tunneln, cirka 1 000 meter ifrån den norra tunnelöppningen. Bakom denna lastbil finns det personbilar och fler lastbilar. När trafikljuset slår om ifrån grönt till rött och den första lastbilen stannar, stannar även personbilarna bakom, men en lastbil bakom dessa uppmärksammar inte stoppet och det inträffar en kollision mellan lastbilarna och minst en av personbilarna⁵. Resultatet av detta blir bland annat att en av personbilarna började att brinna.

Branden skapade en snabb rökutveckling, som på grund av den sydliga vindriktningen, snabbt började rökfylla olycksplatsen och tunneldelarna norr om olycksplatsen.

De människorna som vid detta laget upptäckt rökutvecklingen började att utrymma tunnel mot den nordliga tunnelöppningen. Långt ifrån alla människor i tunneln, enligt ovanstående vittnesuppgifter, uppmärksammar dock rökutvecklingen, vilket får till följd att somliga sitter kvar i sina bilar.

Klockan 04.57 upptäcker tunnelövervakningscentralen rökutvecklingen och larmar brandförsvaret.

Brandförsvaret mötte vid framkomsten till norra tunnelöppningen en stor mängd folk som tagit sig ut ur tunneln och befann sig i någorlunda säkerhet

¹ Se bilaga 1 (karta)

² Se bilaga 2 (översikt över olycksplatsen)

³ Samtal med Per Steen, ögonvittne till olycksförloppet

⁴ Se bilaga 3 (tunnelföreläsning, bild om tunnelkörfält)

⁵ Se bilaga 4 (krock OH)

utanför tunnelöppningen. Vid framkomsten fattade brandförsvaret beslutet⁶ att försöka släcka initialbranden och påbörjade en framkörning in i tunneln mot brandplatsen. Denna räddningsinsats avbröts innan brandpersonalen nått brandplatsen och brandpersonalen retirerade ur tunneln.

Vad som troligen inträffade inne i tunneln är att den ursprungliga branden ökade i intensitet och branden spred sig först till de bilar som hade krockat och sedan vidare till övriga bilar som fanns kvar norr om olycksplatsen inne i tunneln. Branden omfattade totalt ett område på cirka 500 meter. Detta område sträckte sig i princip ifrån krockplatsen och 500 meter norrut. Efter dessa 500 meter fanns det inte längre något som kunde brinna, då alla bilar närmare tunnelöppningen har hunnit vända och köra ut innan förhållandena omöjliggjorde detta.

Branden i tunneln resulterade i att 12 människor dog, 50 personer skadades svårt och 30 personer skadades lindrigt. 12 lastbilar och 22 personbilar brann upp. Innertaket rasade ner i vissa delar av den olycksdrabbade tunneln.

Anledning till observationen

Observationen startade genom att jag, Anders Bergqvist, på förmiddagen lördagen 29 maj 1999, kontaktade jourhavande brandchefen i Stockholms brandförsvär, Jan Sundström. Jag upplyste honom om den inträffade olyckan, och intresset att från svensk sida följa händelseutvecklingen.

Då jag redan ifrån augusti 1998 arbetat med att genomföra en förstudie/1/ om räddningsinsatser i tunnlar åt Statens räddningsverk (SRV) insåg jag att iakttagelser ifrån denna räddningsinsats är betydelsefulla.

Tillsammans med jourhavande brandchef diskuterade jag om intresset både ifrån Brandförsvärets och SRVs sida. Vi beslutade att kontakta SRVs vakthavande tjänsteman och erbjuda dem att utföra detta observatörsuppdrag. Efter en viss formalia gav jag mig iväg under eftermiddagen och kom fram till Tauerntunnelns norra öppning vid 22-tiden samma kväll.

Observatörens roll som betraktare av ett slutskede av en räddningsinsats kan vara nog så komplicerad att hantera. Det gäller att få de inblandade nyckelpersonerna att vilja rekonstruera händelseförloppet teoretiskt för dig som observatör. Dessa nyckelpersoner har oftast strax innan arbetat intensivt och under hård press. Detta skapar en svår situation för observatören att få reda på vad som inträffat. Samtidigt skall det ställas mot fördelen av att vara snabbt framme på olycksplatsen och ta fördel av att få ett första intryck över olycksplatsen. Observatören får genomföra ett detektivarbete och försöka finna intressanta ledtrådar. Dessa ledtrådar kommer man troligen aldrig att finna om man inte är på olycksplatsen vid

⁶ Enligt samtal med Mattias Wölfle

denna tidpunkt⁷. En observatör som kommer till en olycksplats efter några dagar, får betrakta sitt jobb som något annat och får ofta ta del av en mer friserad och tillrättalagd bild av händelseförloppet.

Med utgångspunkt ifrån ovanstående resonemang skall denna rapport ses som en utomstående betraktares bild av händelsen och inte som klara fakta över vad som inträffade i Tauertunnel den ödesdigra sommarmorgonen 29 maj 1999.

Läsaren skall också vara medveten att observationen är gjord av en person som arbetar operativt inom Stockholms Brandförsvaret, vilket ofrånkomligt får rapporten att fokusera på räddningsinsatsens tekniska- och taktiska problem.

Genomförande av räddningsinsatsen

Då övervakningscentralen fått larm om rökutvecklingen i tunneln, så larmade den de lokala räddningstjänsterna utanför tunneln. Bland andra Räddningstjänsten i Flachau, ett samhälle cirka 10 kilometer norr om den norra tunnelöppningen, fick larmet och begav sig av mot olycksplatsen. I detta fall har jag fått olika uppgifter om när räddningstjänsten kommit fram till platsen. Enligt vittnesmål ifrån en drabbad skulle de dröjt cirka 30 minuter innan räddningstjänsten var på plats. Räddningstjänsten själva gav besked att de var framme 10 minuter efter larmet.

Då de första räddningsstyrkorna kom till platsen begav de sig in i tunneln med strävan att försöka släcka branden. Vindriktningen var vid denna tidpunkt och under hela insatsen ifrån söder mot norr, vilket innebar att räddningsstyrkorna ifrån Flachau körde in i en rökfylld tunnel.

Räddningspersonalen hade avsikten att köra cirka 1000 meter i denna rök innan de skulle komma fram till branden och påbörja släckningsarbetet.

Denna del av räddningsinsatsen avbröts innan någon lyckades ta sig fram till branden och insatsen hade inte någon effekt på branden.

Då detta första försök till aktiv räddningsinsats avbrutits koncentrerade sig personalen på norra sidan att omhänderta de drabbade bilisterna. Det upprättades en uppsamlingsplats cirka 1000 meter ifrån tunnelöppningen, på en bensinstation/rastplats. Hit fick de drabbade som kunde, ta sig till fots.

På den södra sidan av tunneln inriktades räddningsarbetet på att omhänderta de som utrymde tunnel. Ifrån södra tunnelöppningen till olycksplatsen var det cirka 5,4 kilometer. Även på den här sidan av trafikavstängningen var det kö, vilket resulterade i att det var massor av människor som utrymde ur tunneln då branden startade. Innan räddningstjänsten gjorde något annat på den södra sidan, försökte de kontrollera att samtliga kommit ut ur tunneln. På denna sida av olyckan var det vid utrymningen inga problem med rök eller brand, alla personer och fordon kunde på den sidan tas ut oskadade.

⁷ Enligt samtal med Per Rohlén, Länsstyrelsen i Stockholms län.

Ifrån södra sidan försökte man efter utrymningen att påbörja ett släckningsarbete mot branden. Det visade sig att detta släckningsarbete inte fick något resultat då insatspersonalen inte kom så nära att släckvattnet nådde brandhärden. Strålningsvärmnen ifrån förbränningen gjorde att det inte gick att närma sig branden.

Temperaturen på brandgaserna var i den norra tunnelöppningen, mellan 500 – 1000 meter ifrån branden, så höga att normala varningsljus på trafiksignaler smälte.

Räddningsinsatsen fick inte något faktiskt resultat, därför beslutades att man skulle försöka vända luftströmmen i tunneln. Beslutet togs klockan 14.00. Syftet var att få röken att strömma emot den södra öppningen istället för den norra. Detta arbete gjordes möjligt med ett antal mindre mobila högtrycksfläktar av normal brandkårskaraktär. Efter att luftströmmen vänts var planeringen att räddningsstyrkorna skulle angripa branden ifrån den norra sidan och succesivt släcka branden. Denna insats påbörjades och luftströmmen vändes och räddningstjänsten gjorde därefter angrepp mot brandhårdarna inne i tunneln. Succesivt sloknade bränderna och branden förklarades släckt klockan 21.30.

25 stycken brandkårer med 170 brandmän var med i insatsen bara på nordsidan av tunneln. Totalt var det över 600 räddningspersonal insatta under arbetet med olyckan på hela tunnelområdet.

Tekniska redogörelse över Tauerntunneln

Historik över tunneln

Tauerntunneln invigdes 21 juni 1975 och förbinder Flachau i norr med St. Michel i söder⁸. Tunneln är 6,4 km lång och är konstruerad med ett tunnelrör där trafiken ska gå i båda körriktningarna.

Avsikten vid projekteringen och konstruktion av tunnel var att den skulle vara försedd med två tunnelrör. Detta för att trafiken skulle kunna flyta i endast en körriktning i varje rör. Anledningen till att den färdiga tunneln endast har ett rör var att en dubbelrörstunnel hade mött på för stora protester ifrån närboende i alpdalarna kring tunnelöppningarna. Detta kan endast bero på att en tunnel med två rör skulle medföra större flöden av biltrafik genom tunneln och därmed också genom de närliggande alpdalarna⁹.

Det bör uppmärksammas att det vid tiden för byggandet av tunnel inte var så omfattande lastbilstrafik som det har blivit under de senare åren¹⁰.

Tekniska fakta om tunneln¹¹

Tunneln är utförd i betong och har ett innertak i betong som är fastsatt enligt bild 1.

⁸ Se bilaga 1

⁹ Författarens kommentar

¹⁰ Samtal med Jean-Claude Dupiere, Brandförsvaret i Calais, Frankrike

¹¹ Se bilaga 5

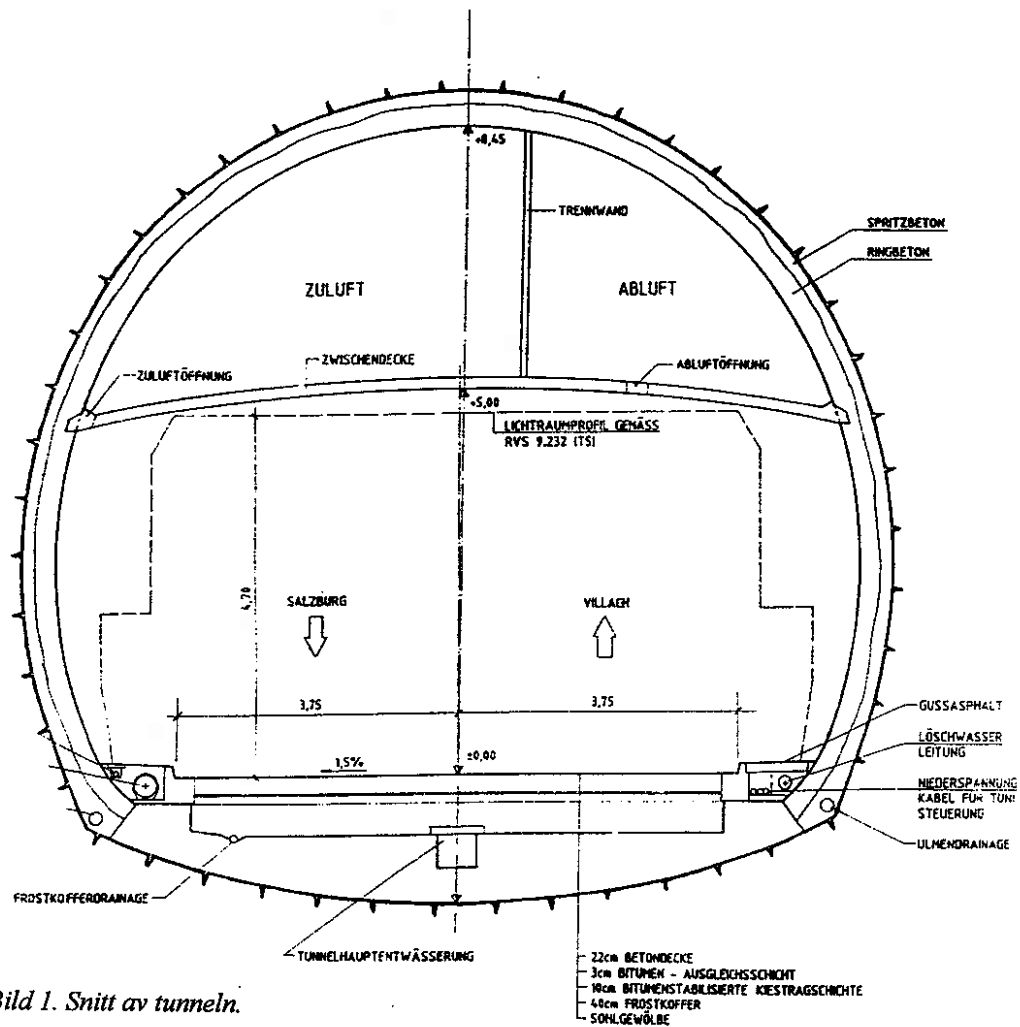


Bild 1. Snitt av tunneln.

Tunneln är utrustad med följande tekniska installationer för att öka säkerheten.

1. Övervakningscentral
2. Automatiskt brandlarm med temperaturdetektorer
3. Videoövervakning
4. Högtalarsystem
5. Nödtelefoner var 212:e meter
6. Handbrandsläckare var 212:e meter
7. Ventilationssystem med en kapacitet på 190 [m³/s, km] tilluft och 115 [m³/s,km] frånluft. Ett centralt frånluftsschakt mitt i tunneln och som mynnar på ovansidan berget¹².
8. Kolmonoxidövervakningssystem
9. Nödströmförsörjning
10. Nödbelysning
11. Brandpostnät med brandposter var 106: meter. Dessa förråd inkludera viss utrustning. Totalt 100 [m³] vatten fanns att tillgå.
12. Radiokommunikation för räddningstjänsten
13. GSM-nät

¹² Se bilaga 6

Intressanta iakttagelser

Den första och mycket intressanta observationen var att betrakta de säkerhetssystem som faktiskt fanns i tunneln. Tunneln var utrustad på ett omfattande och ur en betraktares ögon, innan branden, seriöst sätt. Vad som resultatet visade är att alla dessa säkerhetssystem inte hade den minsta påverkan på branden. Inga av dessa släckte den utbrutna branden automatiskt eller hindrade påverkan av röken på människor som befann sig i tunneln.

Den enda delen av dessa säkerhetssystem som faktiskt kunde ha någon påverkan på brandförloppet är de handbrandsläckare som fanns utplacerade i tunnel. Den stora nackdelen med handbrandsläckare är att de faktiskt kräver en utbildad person för att de ska ge någon släckeffekt på branden. Dessa har tydligen inte haft någon märkbar effekt på denna olycka.

Brandlarmssystemet gav inget larm till övervakningscentralen, utan det gjorde videoövervakningen. Nödtelefonerna användes inte för att larma, vilket kanske var tur, då den personen kanske blivit kvar inne i tunneln på grund av denna "försening". GSM-nätet skapade heller inga förutsättningar för ett snabbt larm då ingen ringde in larmet. Högtalarsystemet gav enligt uppgift inga utrymningssignaler till de personer som var inne i tunneln. Radiokommunikationen för räddningstjänsten förutsätter, för att ha någon gynnsam effekt, att räddningstjänsten kan göra någon insats.

Vad var egentligen säkerhetssystemen i tunneln dimensionerad för? Detta är en fråga som är intressant att ställa sig då denna olycka betraktas. Det är varje fall uppenbart att vid denna olycka så fanns det ingen redundans i säkerhetssystemet i tunneln.

Det centrala i denna olycka var att många personer inte hann ut ur tunneln innan förhållandena, på grund av främst rök, gjorde det omöjligt att överleva. Om Tauerntunnel hade haft dubbla tunnelrör med nödutrymningssvägar var 100:e meter så hade troligen ingen människa omkommit på grund av röken.

Jämför man denna olycka med en olycka som inträffade i Pfändertunneln¹³ så ser man en del likheter och en del skillnader. Pfändertunneln var konstruerad som Tauerntunneln. I Pfändertunneln skedde en trafikolycka med två personbilar och en lastbil. Människorna i tunneln lyckades utrymma och räddningstjänsten gjorde en insats genom att skicka en släckbil in i röken till brandplatsen och släcka branden. Denna insats lyckades i det fallet, men samma upplägg fick ingen verkan i Tauerntunneln.

Varför det?

Troligen för att branden i Pfändertunneln var betydligt mindre omfattande, hade ett mycket långsammare förlopp och branden skapade egentligen inte

¹³ Se bilaga 8

några större effektutvecklingar. Detta medförde att temperaturen i den tunneln inte blev så hög.

Den höga temperaturen och den kraftiga effektutvecklingen i Tauerntunneln kommer troligen av den stora ansamling av brandbelastning som var ett faktum på grund av köbildningen före brandens utbrott.

Jag tycker att betraktelsen av denna olycka påvisar att det enda sättet för att en räddningsinsats skall kunna släcka branden, är att den kommer till brandplatsen i ett snabbt skede, innan effektutvecklingen har ökat och temperaturen har stigit för högt.

Räddningsinsatsen ifrån den södra sidan kom enligt uppgift inte tillräckligt nära branden för att få någon släckeeffekt. Troligen kom vattnet inte fram till brandhärden på grund av begränsning i kastlängd. Orsakerna till detta kan vara:

- Strålningen ifrån själva brandkällan
- Strålningen ifrån brandgaserna som förflyttar sig emot vindriktningen, så kallad "backlayering".

Enligt uppgift kom räddningspersonalen inte närmare än 100 meter ifrån brandhärden. Detta är en mycket intressant iakttagelse då det i de flesta säkerhetssystem kring även dubbelrörstunnalar förutsätts att det skall gå att genomföra en manuell brandsläckningsinsats ifrån tilluftssidan på branden. Dessa iakttagelser har senare bekräftats av sakkunniga¹⁴ på området. Troligen var det så att strålningen ifrån brandgaserna hindrade räddningspersonalen ifrån att komma tillräckligt nära branden.

Branden startade klockan 04.50. Brandsläckningsarbetet påbörjades i princip klockan 14.00 och avslutades klockan 21.30.

Men vad var det egentligen som släckte branden?

Förutsatt att det verkligen brinner, så finns det ett endast tre sätt som branden kan slockna på:

1. branden slocknar av sig själv. Beror antingen på att bränslet eller syret tar slut
2. ett automatiskt släcksystem släcker branden
3. ett manuellt släcksystem släcker branden (normalt sätt den kommunala räddningstjänsten).

Det fanns, som tidigare nämnt, inga automatiska släcksystem i tunneln. Vad det var som släckte branden har jag ingen uppgifter om, men samtliga bilar, som fanns inne i tunneln efter branden, var totalt utbrända. Det vore inte helt otroligt att en minskning av brandens intensitet var en bidragande orsak till

¹⁴ Samtal med Haukur Ingason, Statens Forsknings- och Provningsanstalt.

att räddningstjänsten verkligen klarat av att bege sig in och påbörja den manuella släckningen. Detta påvisar i så fall, på ett sätt, de stora problemen som en brandsläckningsinsats medför vid bränder i dessa typer av objekt.

Olyckan och den efterföljande utrymningen och räddningsinsatsen påvisar hur viktigt det är att säkerhetssystemet består av en helhet av planerade åtgärder som fungerar tillsammans.

Litteraturförteckning

Blaulicht, Brandschutz und feuerwehrtechnik; 6/1999

Die Österreichische feuerwehtr; 6/1999

Neue Kronen Zeitung; Sonntag 30. Mai 1999

Sonntag Kurier, nr. 147; 30. Mai 1999

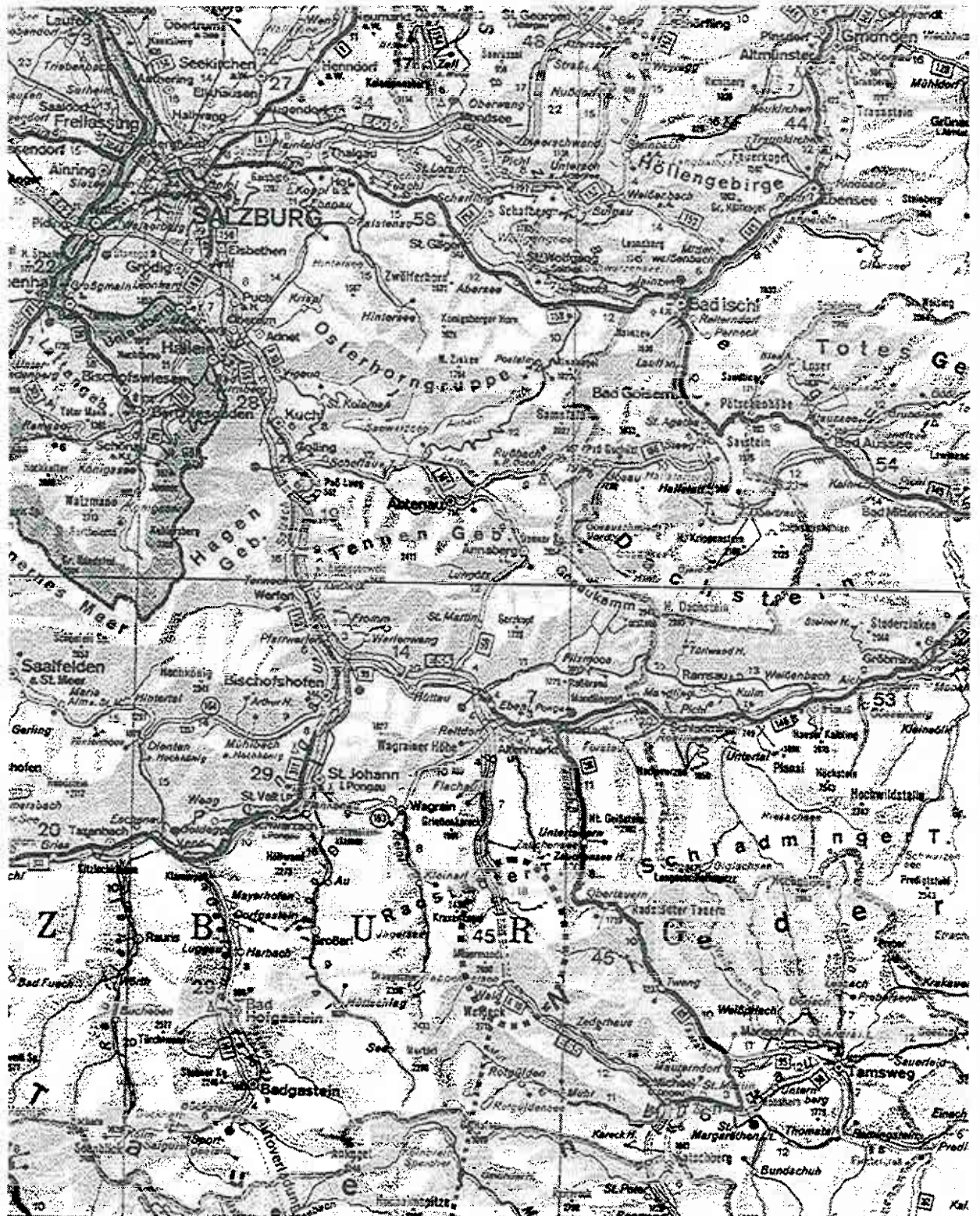
Bildförteckning

Sid 14, bild 1: Österrikes motorvägs- och motortrafikledsaktiebolag (ÖSAG).

Referenser

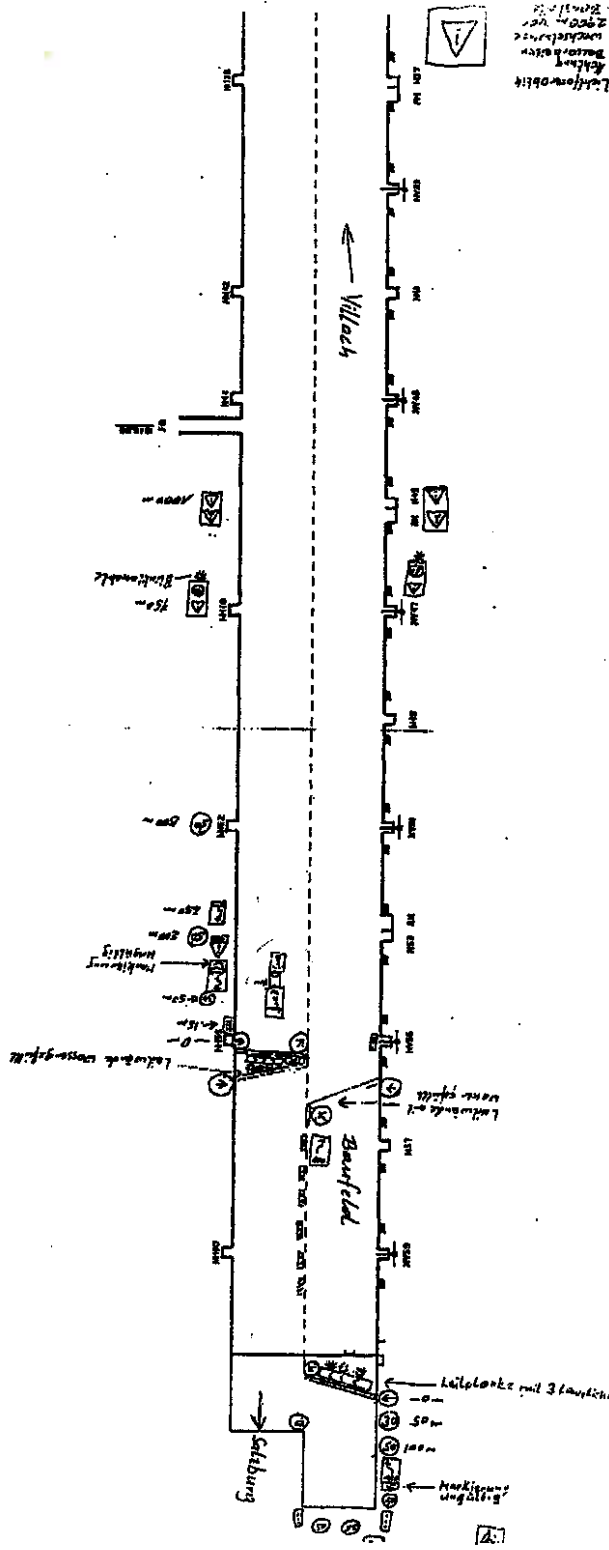
- /1/ Bergqvist, A, Räddningsinsatser i tunnlar och undermarksanläggningar; SRV 1999
- /2/ Rapporten ifrån Tunnelkonferens i Lyon, 1999

Bilaga 1



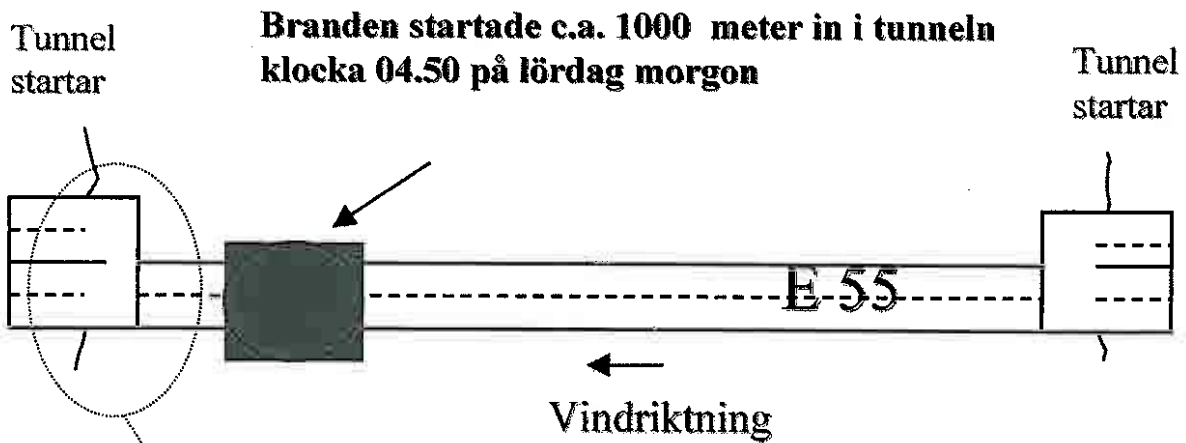
Tauern-tunneln

Bilaga 2 Översikt över olycksplatsen



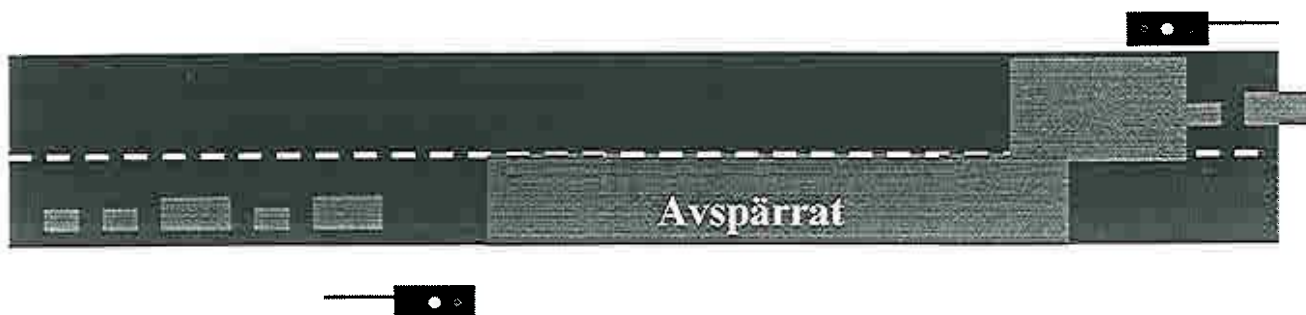
Bilaga 3

Tunnelvy



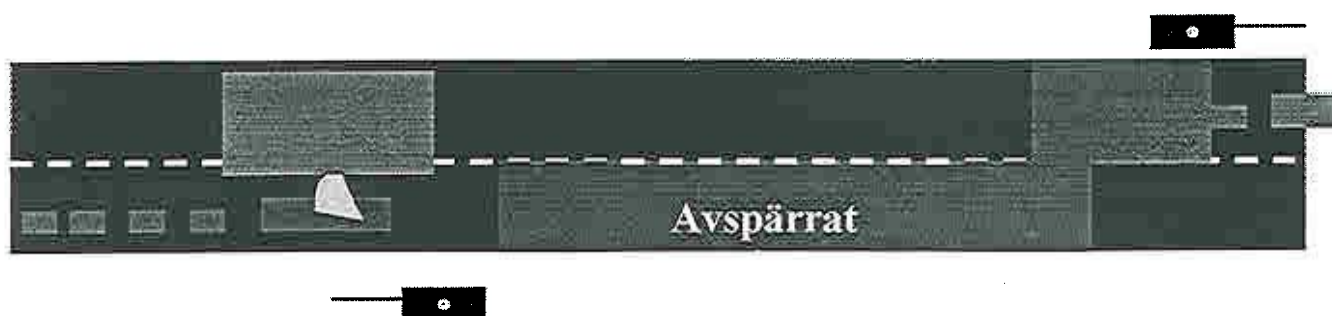
Två södergående körfält skall på detta område dirigeras om till ett. Detta sker inne i första av tunneln, som är en betongtunnel, innan berget börjar.

Strax innan olyckan !



Inne i tunneln och flera mil utanför tunnelöppningarna var det trafikköer på grund av reparationsarbetet inne i tunneln.

Olyckan !



En lastbil stannar inte utan trycker ihop framförvarande personbil med lastbilen framför. En brand bryter ut och rökutvecklingen är snabb.

ÖSAG
A10 Tauernautobahn Scheitelstrecke

Teknik i tunnellen

Kataster Tauerntunnel

AB-Km :	81,077 bis 87,452 (ohne Portalbauwerke)	Gesamtlänge:	6.401 m
Meereshöhe:	Nordportal 1244 m	Südportal	1340 m
Fahrraumhöhe:	4,70 m	Lichte Weite (1 m über FB):	9,50 m
		Gefälle:	1,5%
Portalbauwerke Nord:	Galerien Fläche ca. 7.000 m ²		Süd: Galerien Fläche ca. 2.200 m ²

Projektant:

Ausführende Firmen: ARGE: PORR - UNION - UNIVERSALE - HINTEREGGER -
MAYREDER - RELLA

Verkehrsübergabe: 21. Juni 1975

Abschnitte:

- I - Nordportal Km 81,077 bis Querschlag 1 Km 82,902
- II - Querschlag 1 Km 82,902 bis Querschlag 2 Km 84,423
- III - Querschlag 2 Km 84,423 bis Querschlag 3 Km 85,943
- IV - Querschlag 3 Km 85,943 bis Südportal Km 87,452

Nischen:

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| 1 Km 81,927 | 2 Km 82,724 | 3 Km 83,571 |
| 4 Km 84,417 | 5 Km 85,267 | 6 Km 86,116 |
| 7 Km 86,963 | | |

Notrufnischen : 29 Stk. **Feuerlösnischen:** 59 Stk.

Blöcke des Innengewölbes: Von 0 bis 543 nummeriert
Abschnitt I Block Nr.: 0 bis 156/157
Abschnitt II Block Nr.: 157 bis 286/287
Abschnitt III Block Nr.: 287 bis 416/417
Abschnitt IV Block Nr.: 417 bis 543

Zwischendecke - Trennwand (Zu- Abluftkanal über der Fahrbahn)

Lüfterschacht:	Km 84,423	Höhe: 592 m
Meereshöhe Schachtkopf:	1.882m	
Durchmesser:	rd. 9,90 m (Trennwand für Zu- und Abluft)	

Sonstiges:

Ö S A G

Abm St. Michael

Sicherheitseinrichtung im Tauerntunnel

Salzburg, 20.5.1999
BE / San

Sicherheitseinrichtungen im Tauerntunnel

Stromversorgung:

Netzversorgung:

Einspeisung von beiden Tunnelseiten. Bei Ausfall einer Einspeisung wird automatisch auf die andere Seite umgeschaltet.

Notversorgung:

Es gibt eine ausreichende unterbrechungsfreie Stromversorgung für folgende Systeme:

- Notbeleuchtung
- Notrufanlage
- Brandmeldeanlage
- Videoüberwachung
- Übertragungs-, zentrale Steuerungs- u. Rechneranlagen
- Tunnelfunkanlage
- Mobiltelefonversorgung (D-Netz, A1, Max-Mobil)
- Verkehrssignalisierung (Ampeln u. Hinweisschilder, etc.)

Tunnellüftungssystem:

Belüftungstechnisch ist der Tunnel in 4 etwa gleich lange Abschnitte geteilt
Jeder Abschnitt ist mit einem Frischluft und einem Abluftsystem ausgestattet.

Leistung:

Frischluft : 190 m³/sec/km
Abluft : 115 m³/sec/km

Bei Brand wird das Abluftsystem automatisch beginnend mit dem Brandabschnitt auf volle Absaugleistung aktiviert.

CO- u. Trübsichtsmessung:

Je Lüftungsabschnitt gibt es zwei CO- u. Trübsichtsmesstellen. Die Messsignale dienen zur Steuerung der Tunnellüftung. Grenzwertüberschreitungen führen zu automatischer Sperre der Tunneleinfahrt und zu entsprechendem Alarm in der Zentralwarte.

Brandmeldeanlage:

In der Fahrrohre befindet sich an der Decke ein durchgehendes Brandsensorkabel, welches in Sektoren von je 106 m unterteilt ist und auf jähe Temperaturanstiege reagiert. In den Betriebsräumen befinden sich Punktbrandmelder. Alle Brandmeldesignale lösen automatisch die Brandbelüftung aus, stoppen den zur Brandstelle zulaufenden Verkehr und alarmieren die Zentralwarte. Der Zentralwart seinerseits alarmiert umgehend die Feuerwehren.

Brandbekämpfungsmittel:

Feuerlöscher:

In jeder Notrufnische (alle 212 m) befinden sich 2 Stk. 6 kg-Pulverfeuerlöscher zur Erst-Bekämpfung kleinerer Fahrzeugbrände. Ihre Entnahme löst ebenfalls die oben genannte Brandautomatik aus (Meldung, Entlüftung, Verkehrseinfahrtsstop).

Löschwasserversorgung:

Durch den ganzen Tunnel ist eine Löschwasserleitung verlegt. Sie wird beidseitig von einem 100 m³ Vorratsbecken versorgt.

Alle 106 m befindet sich eine Feuerlöschnische mit einem Hydranten, zwei Schläuchen, Spritzdüsen, Schaumlöschgerät und Schaummittelvorrat.

Notrufeinrichtung:

Alle 212 m gibt es eine begehbare, beleuchtete Notrufnische. Der Notruf kommt in der Zentralwarte an und wird sofort entgegengenommen. Ein Türmelder signalisiert schon das Betreten der Nische akustisch und optisch in der Warte.

Videoüberwachung:

Ebenfalls alle 212 m kurz vor der Notrufnische ist eine Videokamera angebracht. Die Videoüberwachung erlaubt die lückenlose Überwachung des gesamten Tunnels. An den Portalen stehen Kameras mit Schwenk-Neige-Zoom Einrichtung zur Verfügung.

Tunnelfunk:

Über diese Anlage können Feuerwehr, Rotes Kreuz, Gendarmerie und der Autobahnbetreiber unabhängig kommunizieren. Zusätzlich wird noch das Rundfunkprogramm Ö3 mit dem Verkehrsfunk ausgestrahlt. Von der Zentralwarte aus kann Durchsagen via Autoradio getätigt werden, wie normale Verkehrsfunkdurchsagen.

Mobilfunk:

Vier Mobilfunknetze stehen im Tunnel zur Verfügung:

A1
Max Mobil
One
D-Netz

Lautsprecheranlage:

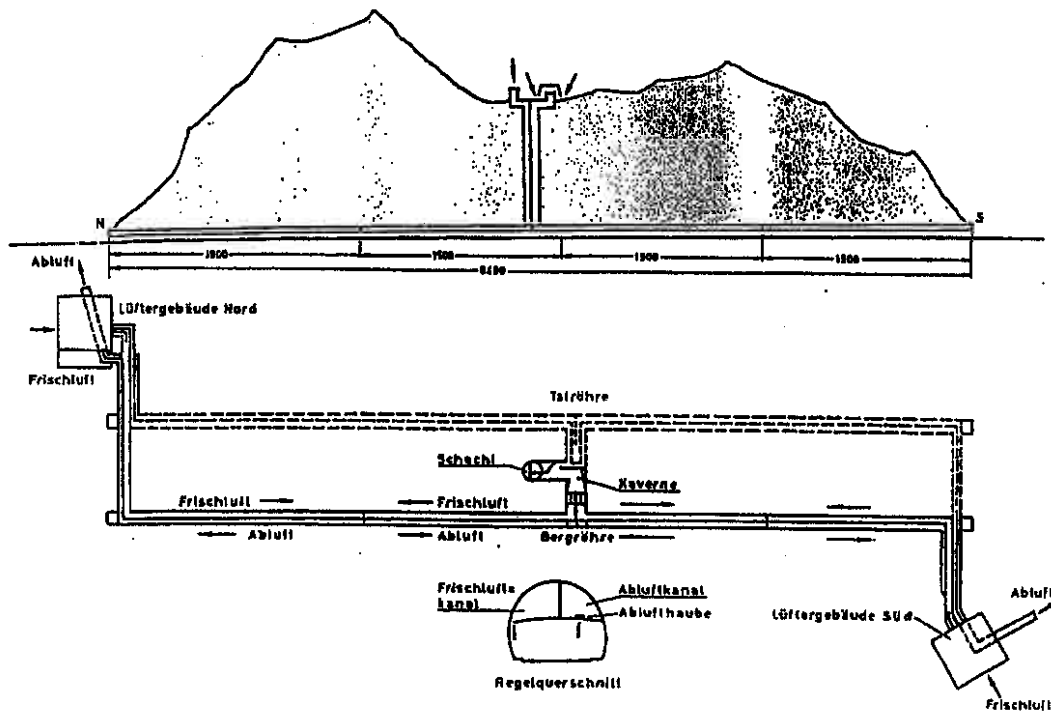
Über eine leistungsfähige Lautsprecheranlage können (bei Verkehrsstillstand) Durchsagen gemacht werden.

Verkehrszählung - Stauüberwachung:

Über Monitore in der Zentralwarte wird ständig der Verkehrsfluß überwacht und bei Stau Alarm gegeben.

Bilaga 6

Ventilationssystem



537 Tauernlunne: Länge 6,4 km; 4 Belüftungsabschnitte, Mittelabschnitte durch einen Schacht belüftet. Maximale Luftmenge je km Länge der Bergröhre 194 m³/s.

Bilaga 7

Namnlista med kontaktpersoner i Österrike

Lista över kontaktpersoner i Österrike

Namn	Befattning	Kontaktväg
Wilhelm Lorber	Ingenjör på Österrikes Motorvägs- och motor trafikleds aktiebolag	w.lorber@a1plus.at
Mattias Wölfle	Brandbefäl ifrån Wien	mattias59@hotmail.com
Gottfried Bauer	Österreicheiswehr Bundesfeuerwerkverband	gottfried.bauer@xpoint.at
Alfred Denk	Ingenjör på regionmyndigheten i Salzburg	0043-662 80 42



Branden i Pfändertunneln

Branden i Pfändertunnel, Österrike 1995-04-10

Strax söder om gränsen till Tyskland ligger den österrikiska PFÄNDERTUNNELN. Tunneln är 6718 m lång och belägen mellan Lochau och Bregentz som en del av E6/A14.

Ursprungligen är den planerad som en tvårörstunnel men man har ännu bara byggt ett rör, invigd 1980, vilket innebär dubbelriktad trafik i dagsläget. När nästa rör skall byggas är osäkert, men troligen inte före år 2005. Det aktuella tunnelröret har en vägbredd på 7,50 m och med en 1 m bred trottoar på vardera sidan (se bilaga 1). Väggarna och taket är av släta betongelement.

Tunneln trafikeras av ca 7 miljoner fordon/år. Enbart under påskhelgen beräknas ca. 120 000 fordon passera tunneln.

Ursprungligen fanns restriktioner vad gäller farligt gods, men efter politiskt ingripande finns för närvarande endast restriktioner för gastransporter.

Dessa får ske efter anmälan och i avstängd tunnel mellan 21.00 - 06.00.

I övrigt får allt gods transporteras okontrollerat.

Tunneln har tidigare drabbats av två bränder, ett självmord med uthållid bensin i bilen och en singelolycka. Bägge förlöpte "väl", sett ur räddningssynpunkt.

Ventilation

Övre delen av tunneln är delad i två delar, 10,5 m² tilluft och 8,5 m² frånluft (se bilaga 1 och 2).

Tilluften, 874 m³/s, blåses ut på ena sidan i tunneltaket via tätt placerade öppningar. Frånluften, 698 m³/s, ventileras bort via öppningar placerade glest ungefär 1/3-del ut från tunnelväggen.

Tunneln har två ventilationstorn placerade ca 1700 m från respektive öppning. Ventilationstornen är uppdelade i två halvorn, tilluft samt frånluft. Tornen har schakt på 315 m respektive 232 m.

För kontroll av luftkvaliteten finns särskild mätutrustning för CO och andra föroreningar.



Säkerhet

Trafiken övervakas från tunnelcentral Weidach belägen vid den södra öppningen. Centralen är bemannad mellan 06.00 - 23.00. Övrig tid sker övervakningen från Hohenemscentralen belägen 25 km bort. Under denna tid kan man inte använda monitorerna i den ordinarie centralen vilket försvårar en ev. räddningsinsats nattetid.

Totalt finns 35 övervakningskameror. Trafiken övervakas med ett särskilt datasystem som är kopplat till trafikregleringssignaler.

Hela tunneln kan nås med särskilda högtalare.

Särskild antennkabel för rundradio och kommunikationsradio finns placerad i tunneltaket.

Belysningen är placerad i taket och kan regleras i två steg beroende på sikten i tunneln. Lågt placerad belysning saknas.

Tunneln har heltäckande automatiskt brandlarm med särskilda nödtelefoner och bibrandskåp var 212 m.

Vid varje öppning finns en särskild vattenreservoar på 100 m³ med pumpar som lämnar

1200 l/min vid 10 bar. Tunneln har en brandvattenledning med uttag var 106 m.

Brandvattenpumparna och den övriga nödutrustningen är kopplad till nödströmgeneratorer.

Räddningstyrkorna

Samtliga räddningsstyrkor i området är frivilliga brandkårer, Freiwillige Feuerwer. Detta innebär att man inte får betalt för sitt arbete inom räddningstjänsten. Alla har andra yrken/arbeten för sin försörjning. Kompetensmässigt är de troligen att jämföra med svensk deltidspersonal. Bregentz har 28 000 innevånare och 4 brandkårer med totalt 250 medlemmar.

Vi besökte station Bregentz Rieden som har 68 medlemmar.

Den personliga utrustningen bestod av nya moderna hjälmar med inbyggda högtalare och mikrofoner för radiokommunikation. Larmkläderna var av gammal modell, det saknades bl a huva. Kläderna var väl slitna.

1:a bilen var avsedd, och därmed utrustad, speciellt för tunnelinsatser. Den var knappt två år gammal. Ytterligare äldre fordon var försedda med modern räddningsutrustning och synnerligen välskötta.

För att klara av de långa insatssträckorna (det är egentligen tiden som är av vikt) i tunneln fanns 6 st syrgasapparater med en aktionstid på 4 timmar.

Man hade även tillgång till konventionella tryckluftsapparater med ca. 30 minuters aktionstid.



Olycksförlopp

Strax före 8.40 den 10/4 1995 somnade en italiensk bilist i Pfändertunneln, ca. 2.5 km från den södra tunnelöppningen, körde över i fel körbana och krockade med en lastbil. Lastbilen, en semitrailer, var lastad med bröd. Lastbilen körde efter sammanstötningen i sin tur över till den motsatta körbanan, krockade med betongväggen och fortsatte kanande utmed väggen ca. 100 meter.

Samtidigt krockade den med en mötande VW-buss. Bussen hade en husvagn på släp. Lastbilen sköt bussen framför sig.

En efterföljande BMW, i samma körfält som VW-bussen, hann stanna och de fyra passagerarna lämnade bilen.

Lastbilen och bussen stannade i höjd med BMW:n, så olyckligt att dörrarna på bussen inte gick att öppna. Schematisk olycksförlopp se bilaga 3.

De tre fordonen tog eld. VW-bussens släp hade vid krocken kastats åt sidan och hamnat så långt vid sidan att den klarade sig undan brandskador.

Husvagnens gasolbehållare var helt intakt efter branden.

Lastbilschauffören kunde stiga ur, men de tre i VW-bussen omkom.

I och med att brandlarmet utlöst stoppades trafiken automatiskt och de fordon som "drabbades" av röken vände på vägbanan och körde ut.

Många fordon blev stående i tunneln en viss tid eftersom de inte visste anledningen till att trafiken stoppats. Tunnelhögtalarna gick inte att använda då de i taket placerade kablarna förstördes tämligen omgående av branden.

Information blev omöjlig att delge bilisterna.

Den italienska bilen hade efter sin "krock" med lastbilen fortsatt ett 50-tal meter och föraren kunde själv lämna sin bil trots allvarliga skador.

Tunneln rökfylldes snabbt och röken spred sig huvudsakligen mot den södra mynningen.

Räddningsinsats

Tunnelcentralen fick larm via det automatiska brandlarmet kl 8.40.

8.45 larmades frivilliga brandkåren i Bregentz och Lochau (FWB och FWL). 8.56 och 8.58 körde släckfordonen från FWB respektive FWL in i tunneln. FWL kunde köra nästan ända fram, drygt 4 km, innan de mötte röken. De sista 200 m fick man treva sig fram och släckningen påbörjades helt utan sikt. FWB kunde köra drygt 1 km innan de mötte röken. Då var det som att köra in i en vägg enligt personalen.

Med en person gående före släckbilen och en på vardera sidan kunde man sakta ta sig fram till brandplatsen. Uppskattningsvis har man gått 1 km i röken helt utan sikt vilket tog mellan 15- 20 minuter.



FWB mötte under sin färd in den italienska chauffören samt ytterligare två personer som försökte ta sig ut. Dessa hjälptes ut av brandpersonalen. 9.11 och framåt i tiden körde ytterligare fordon in i tunneln från bägge hållen. Släckningen gjordes av de bägge styrkorna med hjälp av skum, pulver och vatten.

Kommentarer

⇒ Kall tilluft som strömmat ned längs ena sidan har tillsammans med de omgivande konstruktionerna i tunneln har kylt och blandat om brandgaserna så effektivt att ett rökgaslager ej kunnat bildas. Tunneln var rökfylld till den grad att sikten var minimal (ej se handen framför sig) i hela tunneltvärsnittet. Från olycksplatsen räknat 1000 m i riktning Reiden (syd) och 200 m i riktning Lochau (nord). Frånluft har ej haft kapaciteten att hålla tunneln rökfri.

⇒ Brandbelastningen kan uppskattas till mellan 10- och 15 MW. I dessa MW ligger en personbil, en minibuss och en lastbilshytt (här har fronten på semitrailer tagits med). Lastbilen var lastad med bröd. Om lasten varit av mera brandfarlig karaktär hade ett värre scenario inträffat. En mycket snabb brandspridning hade med all sannolikhet påverkat utrymningen. Större brandbelastning, ej nödvändigtvis snabbare förlopp, hade gjort insatsen svårare. Nu hade man tur i oturen, bröd är tämligen ofarligt. Branden rasade under en tid av ca 30 min innan släckningen påbörjades. Denna beräknas vara avslutad ca 9,45 dvs efter ca 1 timme 10 min.

⇒ Temperaturen närmast tunnelns tak har överstigit 660 °C. Detta antagande härleder sig från att aluminiumföremål i taket har smält av värmen. Takarmaturerna av aluminium har skadats på en sträcka av 70 m, 10 m norr om brandplatsen och 60 m söder där om. Om det är flammorna eller brandgaserna som är upphovet till temperaturen, på berörd sträcka under tunneltaket, är i detta scenario mycket svårt att säga. Det är ej enkelt att i efterhand se var övergången mellan flammorna och brandgaserna har varit.

⇒ Den förhållandevis begränsade branden har fyllt en tunnelsträcka på 1200 m med rök ! Detta motsvarar en volym på mer än 80 000 m³.

⇒ Där branden varit som intensivast har betongen påverkats. Skadorna på konstruktionen är tämligen begränsade. Betongväggen vid skadeplatsen är så gott som intakt och vägbanan visar smärre skador. Politiska direktiv har



Beredskaps-och räddningsenheten
Per Rohlén

givits att tunneln skall öppnas provisoriskt med tanke på påsktrafiken. Tunneltaget har därför stämpats upp på en sträcka av 20 m med hjälp av stockar.

⇒ Hur ventilationen påverkar ett brand/rökfyllnadsförlopp bör/skall utredas så långt som möjligt. Frågor som:

- skall ventilationen stängas av helt/delvis,
- sektionering mm ?
- skall till- eller frånluft stängas av helt/delvis ?
- kan ventilationen användas till att underlätta situationen för drabbade eller räddningspersonal ?
- typ av ventilation ?
- volymer ?

Det finns säkert flera frågor som är viktiga i eller runt ventilationsfrågan. Man kan dock konstatera, ventilationen spelar en roll i händelseförloppet.

⇒ Vikten av insikt i att en räddningsinsats i en tunnel är en helhet av lösningar. Samtliga inblandade i byggandet av en tunnel, projektör, användare, räddningstjänst mm, skall få chansen att säga sitt redan på projekteringsstadiet. Räddningsinsatser i tunnlar är besvärliga, ekonomi, kvalite mm är goda skäl till att alla inblandade är med från början i byggandet av tunnlar.

⇒ Sikten är av största vikt. En snabb utrymning är beroende av god sikt. För att kunna gör en effektiv insats behövs god sikt.

⇒ Behovet av syrgasutrustningar med lång aktionstid är stort. Det krävs viss komplettering av räddningstjänstens utrustning och utbildning. En insats kan t ex komma att kräva syrgasapparater, specialfordon, värmekamera mm.

⇒ Räddningpersonalens insats är anmärkningsvärd, 1 km utan sikt i rök. Vad kan hända med räddningsfordonen och dess personal om de kommer in i "olämplig" miljö, syrebrist, oförbrända gaser, andra gaser etc. Är AFS 1986:6 "Rökdykning" förenligt med en tunnelinsats. En svensk insats i Pfändertunneln ?

⇒ Den insatspersonal som var i främsta ledet hade ej någon utrustning (utbildning), revitox, annan mask, oxybox mm för att ta omhand de skadade (rökskadade) direkt. De skadade fick först föras till en säker plats.



Beredskaps-och räddningsenheten
Per Rohlén

Sverige ligger bra till när det gäller att ta hand om skadade initialt, men kan en tunnelolycka komma att ställa ytterligare krav?

⇒ Kommunikationsutrustning, belysning måste placeras så att de ej kan slås ut av en brand eller annan olycka. Alla vet vi vikten av god kommunikation. Olyckan i Pfändertunneln slog ut både belysning och kommunikation vilket naturligtvis försvårade insatsen. Placeringen av antenn- och försörjningskablar i taket är klart olämpligt med tanke på driftsäkerhet vid brand.

Tunnelbelysning enbart i taket är inte tillräckligt för att tillförsäkra ev. utrymmande en säker vägledning. För att detta skall vara möjligt krävs lågt sittande belysning och efterlysande färg, gärna i kombination med avståndsmarkeringar. Detta möjliggör även positionsbestämningar i tunneln för inträngande räddningspersonal.

⇒ Bevakningen av tunnelarna (Citytunnel och Pfändertunneln), via den tunnelcentral som är placerad vid den södra infarten, är bra under dagtid men sämre nattetid. Nattetid sköts bevakningen av tunneln från en regional central belägen på annan ort. Denna överflyttning av bevakningen gör att insatspersonalen får sämre service vad gäller t ex tillgång till TV-övervakning. Förhållandet är ej tillfredsställande och bör därför ej överföras till svenska tunnlar. Övervakningen av Pfändertunneln sker via larm (aut och man), TV-kameror.

⇒ Ambitionen vid farlig-godstransporter var från början hög. De flesta åtgärderna har dock runnit ut i sanden! Undantag är gastransporter. Om en hög målsättning sätts upp från början skall den bibehållas och inte bara få tyna bort och dö. Om en annan målsättning (högre eller lägre) anses nödvändig skall detta tydligt och klart klargöras.


Per Rohlén



Folke Andersson.

Abb. 11

LÜFTUNGSSCHEMA

Querlüftung mit 20% reduzierter Abluft

LUFTMENGEN

spez. Luftmenge	130 m ³ /s km
Zuluft	874.0 m ³ /s
Abluft	698.5 m ³ /s

LÜFTUNGSZENTRALE

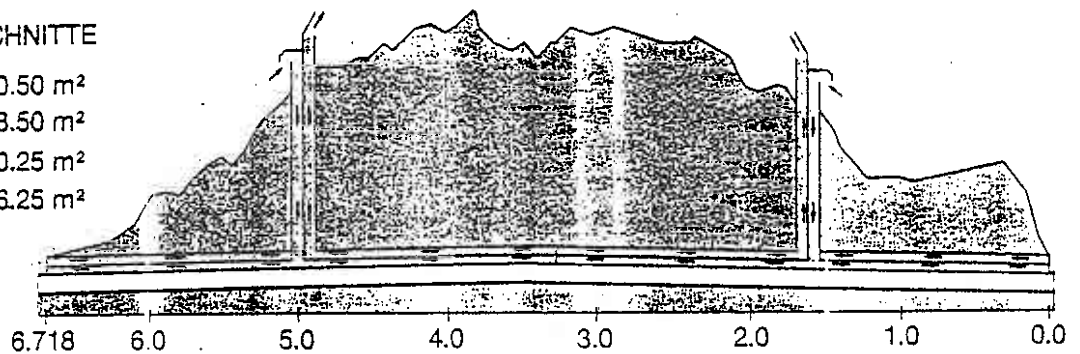
NORD
Vertikalschacht
lichter
Durchmesser: 6.96 m
Tiefe: 315 m

LÜFTUNGSZENTRALE

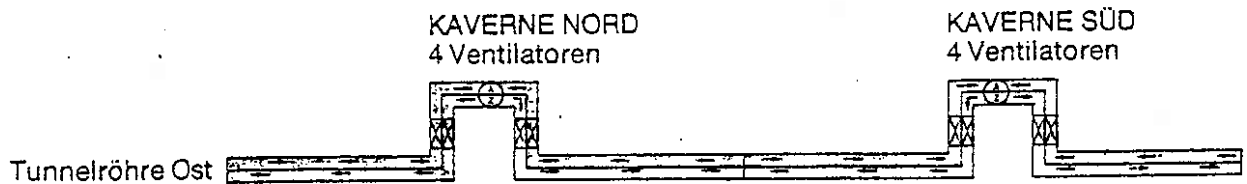
SÜD
Vertikalschacht
lichter
Durchmesser: 6.96 m
Tiefe: 232 m

LUFTKANALQUERSCHNITTE

Tunnel:	Zuluft	10.50 m ²
	Abluft	8.50 m ²
Schächte:	Zuluft	20.25 m ²
	Abluft	16.25 m ²



Neigungsverhältnisse	fällt 0.4%		steigt 0.5%	
Lüftungsabschnitte	1750 m	1690 m	1620 m	1690 m



technisch günstigste Lösung das gewählte Konzept mit zwei Schächten samt Untertagestationen ohne Portalstationen (Abb. 11).

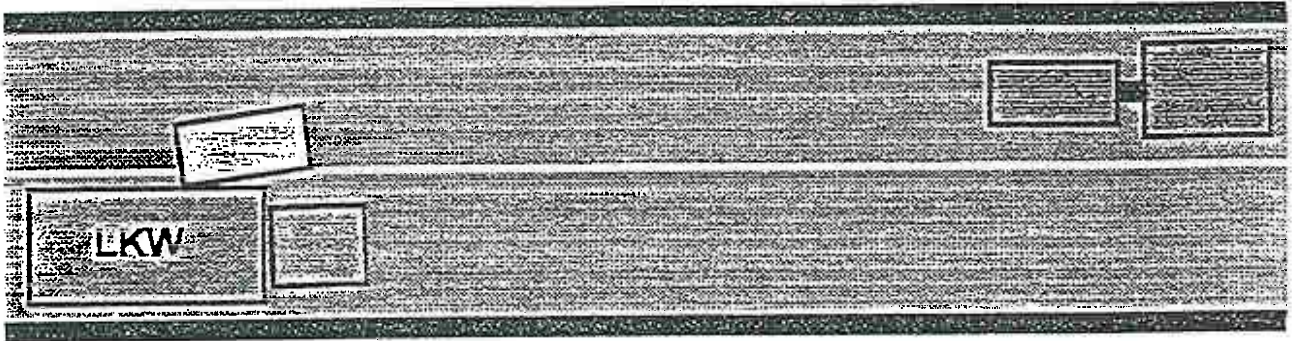
Der Tunnel ist in 4 Belüftungsabschnitte unterteilt. Die Frischluftversorgung und Abluftent-sorgung erfolgen über zwei Untertagestationen (Kavernen), in denen die gesamte maschinelle Ausrüstung für die Luftmengenförderung untergebracht ist.

Die Verbindung der Untertagestationen mit Ober-tag wird über je einen Vertikalschacht hergestellt,

in dem sowohl Frisch- als auch Abluft befördert werden. An den Schachtköpfen befinden sich kombinierte Lüfterbauwerke, über die der Luft-austausch erfolgt.

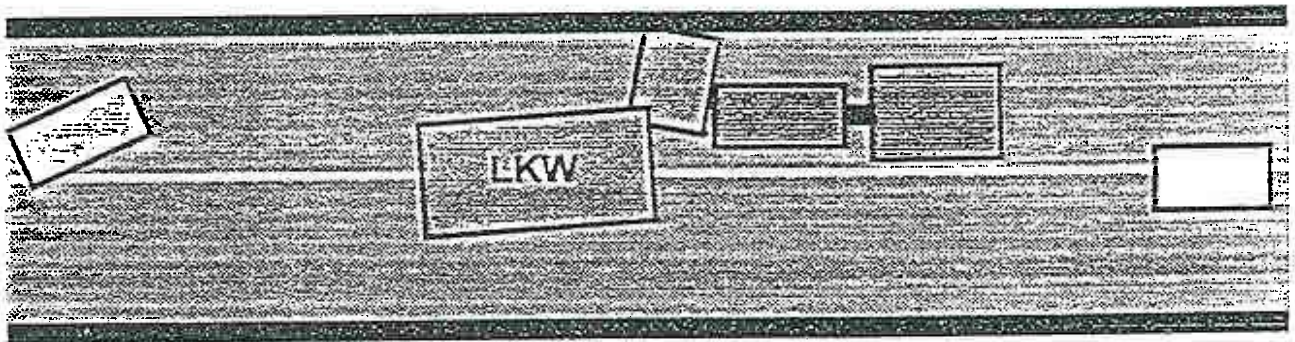
Die Verbindung der Untertagestationen mit dem Verkehrsraum wird durch Zuluftverteiler- und Abluftsammelkanäle hergestellt. Diese Kanäle befinden sich über der Fahrbahn in der durch eine Zwischendecke abgeschlossenen Tunnelkalotte. Durch einstellbare Öffnungen in der Zwischen-decke wird alle 6 m Zuluft eingeblasen und alle 12 m Abluft abgesaugt.

Pfändertunnel 10.04.1995 08.40 Uhr



Bregenz

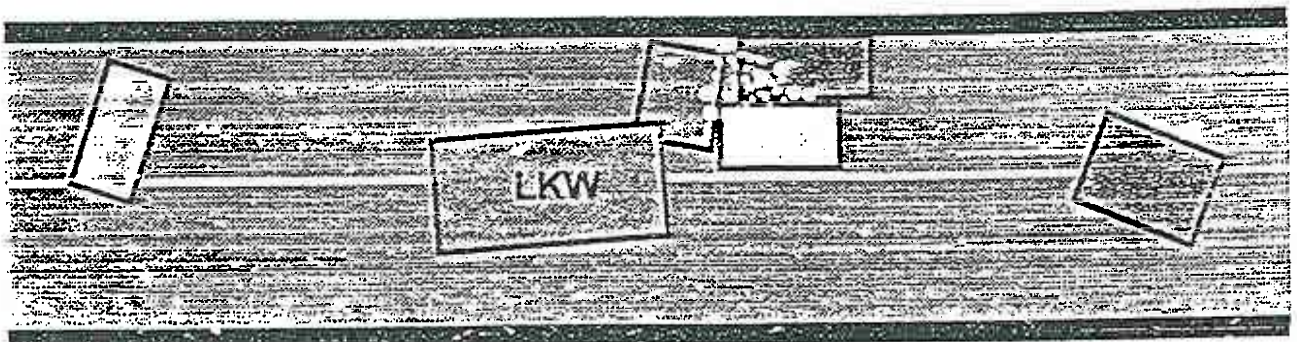
Lindau



3 Tote

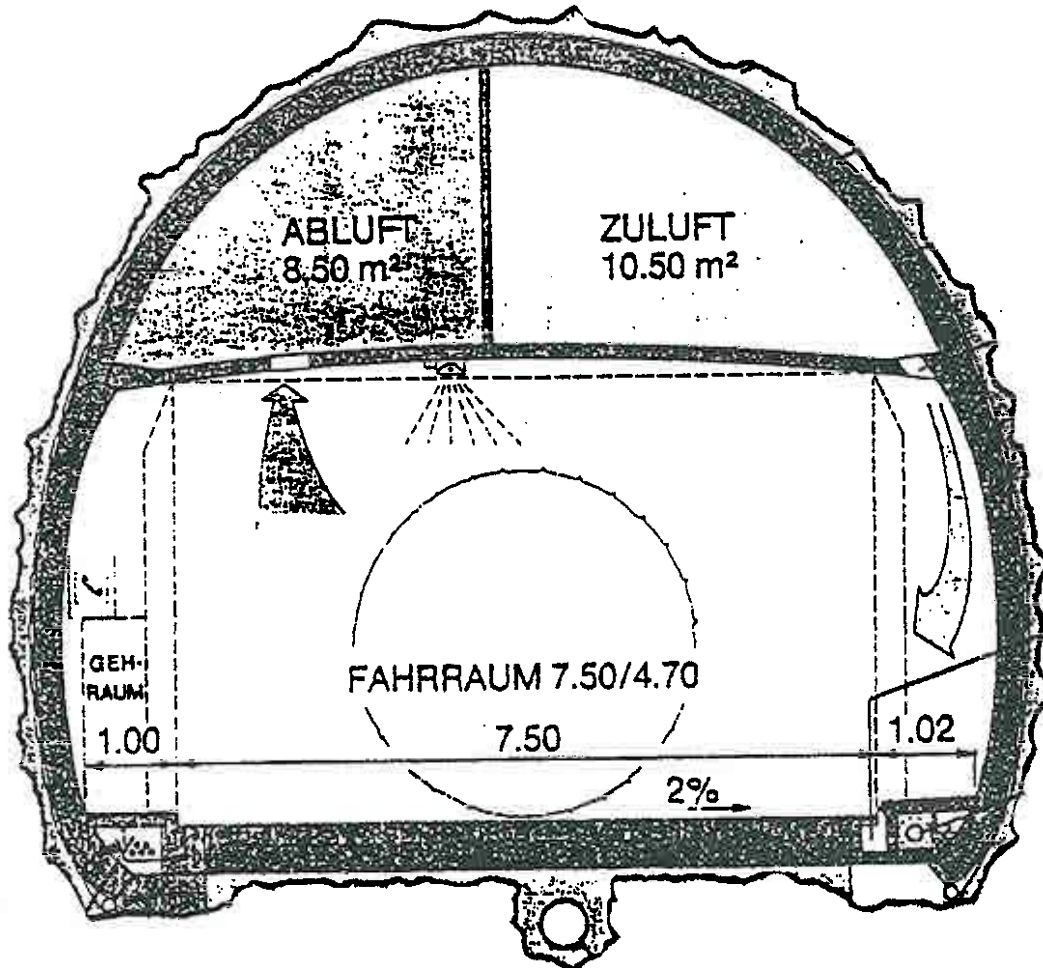
1 Hund

Wohnwagen



REGELPROFIL FÜR SPRENGVORTRIEB

ohne Sohlgewölbe: Ausbruchquerschnitt 82 bis 84 m²



bis Sohlgewölbe: Ausbruchquerschnitt 92 bis 94 m²

Abb. 7

LÜFTUNGSKAVERNE NORD

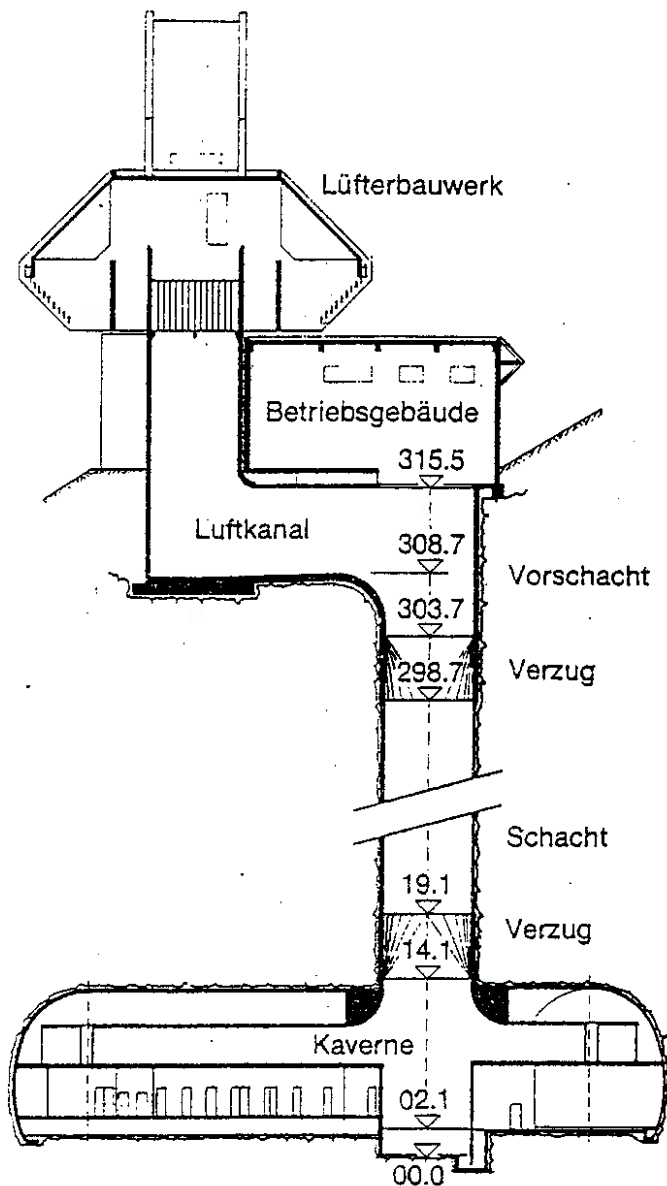
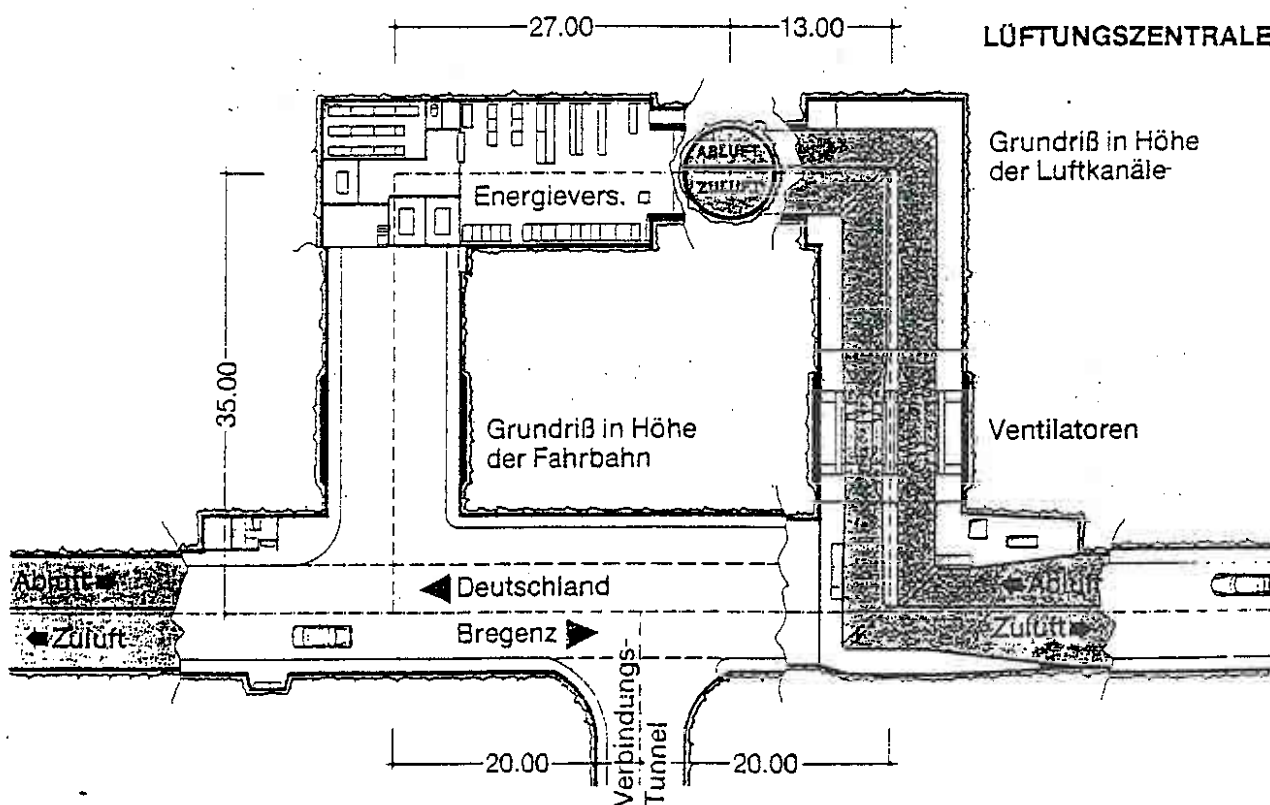


Abb. 8

LÜFTUNGSZENTRALE NORD



TECHNISCHE DATEN

ALLGEMEINES

Straße:	Rheintal Autobahn A 14
Abschnitt:	Staatsgrenze Oberhochsteg – Dornbirn-Nord
Gesamtbaukosten:	rund 2 Milliarden Schilling, Preisbasis 1976
Gesamtbauzeit:	1974–1980

TUNNEL, RÖHRE OST

Länge	6.718 m
Ausbruchsquerschnitt	
je nach Gebirgsgüteklasse	81,7 – 94,2 m ²
Fahrraum	7,50 m × 4,70 m
Luftkanalquerschnitt: Zuluft	10,50 m ²
Abluft	8,50 m ²
Lichte Breite	10,0 m
Lichte Höhe	8,0 m
Längsneigung: Südabschnitt	0,5 %
Nordabschnitt	0,4 %
Seehöhe: Südportal	425,17 m ü.A.
Nordportal	429,45 m ü.A.

SICHERHEITSEINRICHTUNGEN

Abstellnischen	alle	848 m
befahrbare Verbindungstunnel	alle	1.700 m
begehbare Querschläge	alle	424 m
Notrufnischen (beidseitig)	alle	212 m
Feuerlöschnischen (beidseitig)	alle	106 m

LÜFTUNGSSCHÄCHTE

Tiefe: Schacht Nord	315 m
Schacht Süd	232 m
Ausbruchsquerschnitt	
je nach Gebirgsgüteklasse	46,7 – 49,6 m ²
Lichter Innendurchmesser	6,96 m
Luftkanalquerschnitt: Zuluft	20,25 m ²
Abluft	16,25 m ²

LÜFTUNG

Lüftungssystem Querlüftung mit 20%
reduzierter Abluftabsaugung

Spezifische Luftmenge	130 m ³ /s km
Gesamte Luftmengen: Zuluft	874 m ³ /s
Abluft	698,5 m ³ /s

Bemessungsverkehrsmenge:

PKW	1.800	PWE/h
LKW	231	LWE/h

Lüftungsabschnitte	4
Installierte Leistung:	
Lüfter	3.340 kW
Hilfsantriebe	180 kW

Ventilator-Motor-Einheit:

Laufreddurchmesser	2.800 mm
Drehzahl n_2/n_1	750/375 U/min
Fördermenge Zuluft/Abluft	220/180 m ³ /s

Gesamtdruckerhöhung

Zuluft/Abluft	2.000/1.600 N/m ²
Motornennleistung: Zuluft	485 kW
Abluft	350 kW

ELEKTROTECHNISCHE EINRICHTUNGEN

Energieversorgung:

Anschlußleistung	rund 5000 kVA
Speisespannung am Nordportal	20 kV
Speisespannung am Südportal	10 kV

Versorgungsspannung im Tunnel	10 kV
Betriebsspannung für Lüftermotoren	660 V
Betriebsspannungen für alle sonstigen Einrichtungen	380/220 V
Beleuchtung:	
Leuchtdichte auf der Fahrbahn im Tunnel	2,2 cd/m ²
Größte Leuchtdichte bei den Tunneleinfahrten	140 cd/m ²

Längsgleichmäßigkeit besser als 1:1,3

