

ASTRA

Tunnel Task Force

Schlussbericht
23. Mai 2000



Bundesamt für Strassen

INHALTSVERZEICHNIS

A. ZUSAMMENFASSUNG	3
A 1 Grundsätzliches.....	5
A 2 Der Schlussbericht	5
A 3 Die Strassentunnel der Schweiz	6
A 4 Die Sicherheit in Strassentunneln – was ist machbar?	7
A 5 Massnahmen im Einzelnen (Nach den Einflussfaktoren gegliedert).....	8
A 6 Schlusswort.....	15
B. GRUNDLAGEN	17
B 1 Einleitung	19
B 2 Entwicklung des Strassenverkehrs	23
B 3 Die schweizerischen Strassentunnel	29
B 4 Sicherheit in Strassentunneln	32
B 5 Der Verkehrsteilnehmer als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit	33
B 6 Der Betrieb als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit	35
B 7 Die Infrastruktur als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit	37
B 8 Die Fahrzeuge als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit	43
B 9 Auswertung der Überprüfungen bei den Kantonen	46
C. MASSNAHMEN	51
C 1 Massnahmen bei Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer.....	54
C 2 Massnahmen im Betrieb	57
C 3 Massnahmen bei der Infrastruktur	60
C 4 Massnahmen bei den Fahrzeugen	65
D. WEITERES VORGEHEN	67
D 1 Einleitung	69
D 2 Ausblick.....	69
D 3 Kosten	70
D 4 Schlusswort.....	70
E. BEILAGEN	71

Kapitel A

ZUSAMMENFASSUNG

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Zusammenfassung enthält die wichtigsten Aussagen des Schlussberichtes, kann die Lektüre des vollständigen Schlussberichtes jedoch nicht ersetzen.

A 1 GRUNDSÄTZLICHES

Die Sicherheit in Strassentunneln ist seit jeher ein wichtiges Anliegen des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), zumal das **Amt** seine **Oberaufsicht** in allen Belangen des Nationalstrassenbaus und –unterhalts ausübt. Besondere Aufmerksamkeit hat das ASTRA dem Thema aber im Nachgang zu den beiden verheerenden Unfällen im Mont-Blanc- und im Tauern-Tunnel vom Frühling des vergangenen Jahres geschenkt. Das ASTRA hat damals eine **Tunnel Task Force** eingesetzt und damit seine Bemühungen um die Sicherheit in Strassentunneln verstärkt.

Eine grossangelegte Überprüfung sollte den Sicherheitsstandard der Nationalstrassentunnel aufzeigen und gleichzeitig Grundlagen liefern, um weitergehende Massnahmen für eine Erhöhung der Sicherheit zu formulieren. In ihrem Zwischenbericht **vom August 1999** informierte die Task Force über die ersten Ergebnisse der Untersuchung und schlug einige Massnahmen zur weiteren Überprüfung vor.

Mit diesem Schlussbericht legt die Arbeitsgruppe nun **Rechenschaft** über die geleistete Arbeit ab und präsentiert einen **Katalog mit jenen Massnahmen** zur Erhöhung der Tunnelsicherheit, die sie nach eingehender Überprüfung als nötig und realisierbar erachtet. Damit ist die Aufgabe der Task Force erfüllt; die Gruppe wird sich nun auflösen. Die Bemühungen um die Sicherheit in den Strassentunneln hören damit nicht auf: Die Aufgaben der Task Force werden in die bestehende Organisation des Bundesamtes für Strassen übergeführt.

A 2 DER SCHLUSSBERICHT

a) Der Schlussbericht legt **Rechenschaft** über die Arbeit der Task Force ab.

Diese hat:

- vorübergehend die **Führungsrolle** für die Sicherheit in Strassentunneln übernommen;
- sicherheitsrelevante Aspekte überprüft und im Bedarfsfall **Sofortmassnahmen** in den Bereichen Verkehrsteilnehmer, Betrieb, Infrastruktur und Fahrzeuge veranlasst;
- Richtlinien für neue Tunnelanlagen sowie für bauliche und betriebliche Erneuerungen und für deren Umsetzung bei bestehenden Tunnelanlagen empfohlen;
- die Verbindung mit den Nachbarländern und den Informationsaustausch auf internationaler Ebene sichergestellt;
- die **Öffentlichkeitsarbeit** mit Informationskampagnen intensiviert.

- Der Schlussbericht informiert über die getätigten **Sofortmassnahmen**. Dies waren etwa das Nachrüsten der fehlenden Brandnotbeleuchtung in vier Tunneln der San Bernardino Autobahn oder die Informationskampagne, welche das Bundesamt für Strassen beim Verkehrssicherheitsrat in Auftrag gegeben hat und die kurz vor Ostern 2000 gestartet wurde.
- b) Der Schlussbericht unterbreitet dem Chef des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Herrn Bundesrat Moritz Leuenberger, einen **Katalog mit Massnahmen**, welche die Task Force für eine noch höhere Sicherheit in Strassentunneln zur Umsetzung empfiehlt. Zu diesem Zweck wurde der Massnahmenkatalog, der im Zwischenbericht präsentiert worden war, auf Realisierbarkeit, Nutzen und Kosten überprüft.

A 3 DIE STRASSENTUNNEL DER SCHWEIZ

Am 1. Januar 1999 waren auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz 188 Tunnel in Betrieb. Bis zur Vollendung im Jahre 2015 des bis heute bewilligten Nationalstrassennetzes werden es 265 Tunnel sein.

	Tunnel per 1.1.1999		Tunnel per 2015	
	Anzahl	km	Anzahl	km
Einröhrige Tunnel	91	90.5	118	138.9
Zweiröhrige Tunnel	97	78.7	147	141.1
Total	188	169.2	265	280.0
Nationalstrassen in Betrieb		1638		1856

Der Nationalstrassenbau kommt nicht mehr ohne Tunnel aus; dies zeigt obige Tabelle: **Von den 218 km, die noch zur Vollendung des Nationalstrassennetzes fehlen, sind 111 km Tunnelstrecken.**

Die Häufigkeit von Unfällen wie auch von Bränden steigt mit zunehmendem Verkehrsaufkommen.

Die folgende Tabelle zeigt, dass die transalpinen Tunnel einer bedeutend kleineren Verkehrsbelastung ausgesetzt sind als die Tunnel im Mittelland.

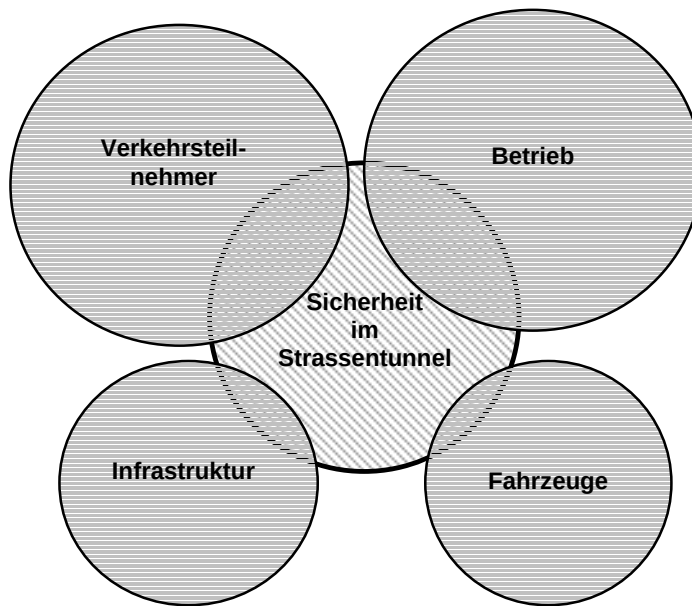
Tunnel	Lage	Anzahl		Länge in km	DTV in Tausend	SGF in %
		Röhren	Spuren			
Gotthard	TI/UR	1	2	16.9	18.3	21
Seelisberg	UR/NW	2	2+2	9.2	20.0	16
San Bernardino	GR	1	2	6.6	5.9	9
Gr. St. Bernhard	I/CH	1	2	5.9	1.5	11
Gubrist	ZH	2	2+2	3.2	81.0	9
Belchen	BL/SO	2	2+2	3.2	37.7	17
Baregg	AG	2	2+2	1.1	88.1	10
Schweizerhalle	BL	2	3+3	1.0	103.4	12
Legende: DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (1998) SGF: Anteil der schweren Güterfahrzeuge am durchschnittlichen Werktagsverkehr ge- mäss Schweizerischer Strassenverkehrszählung 1995						

A 4 DIE SICHERHEIT IN STRASSENTUNNELN – WAS IST MACHBAR?

Dem Bundesamt für Strassen ist die Sicherheit im Verkehr ein grosses Anliegen, sowohl auf offenen Strecken als auch auf Tunnelstrecken. Das ASTRA hat diese Sicherheit schon vor den beiden Unfällen in Frankreich und in Österreich als Daueraufgabe betrachtet. Den Beweis, dass es diese Aufgabe seriös wahrgenommen hat, hat die Überprüfung der Task Force erbracht: Nur 4 von 102 Tunneln – eben jene auf der San Bernardino Route (A13) – mussten mit einer Brandnotbeleuchtung nachgerüstet werden. Das Sicherheitsniveau des grössten Teils der überprüften Tunnel war demnach in Ordnung.

Gleichzeitig gilt aber auch: Unfälle mit schwerwiegenden Folgen lassen sich auch mit den umfassendsten Sicherheitsvorkehrungen nicht ausschliessen. Aus diesem Grund hat sich die Task Force ein **optimales Sicherheitsniveau zum Ziel** gesetzt. Und weil die beste Infrastruktur nicht vor Zwischenfällen oder Unfällen schützen kann, hat sich die Task Force nicht nur auf die Infrastruktur und Ausrüstung der Tunnel konzentriert, sondern ist die Problematik **umfassend** angegangen. Im Vordergrund stand die **Prävention** – das Ziel, kritische Ereignisse möglichst zu verhindern. Breiten Raum nahm selbstverständlich auch die Schadensbekämpfung ein – das Bemühen um möglichst geringe Auswirkungen für den Fall, dass sich dennoch ein Brand oder ein Unfall ereignen sollte. Daraus ergab sich ein Massnahmenkatalog, der folgenden vier Einflussfaktoren auf die Sicherheit gerecht werden soll:

Einflussfaktoren der Sicherheit in Strassentunneln



Gemäss einem Bericht der OECD ist das **Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmern die Hauptursache für 95% der Unfälle**. Es ist somit sinnvoll, die Massnahmen für die optimale Tunnelsicherheit vor allem auf dem Gebiet der Verkehrsteilnehmer mit Verkehrserziehung, Ausbildung und Führerprüfung, Information, Vorschriften, Kontrollen und Strafen zu konzentrieren.

A 5 MASSNAHMEN IM EINZELNEN (nach den Einflussfaktoren gegliedert)

A 5.1 Massnahmen für Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer

Massnahme 1.01

Die Führerprüfung soll mit spezifischen Fragen zum Verhalten bei Stau und Brand im Tunnel ergänzt werden.

Im Rahmen des obligatorischen Verkehrskunde-Unterrichts werden die Fahrschüler zu einer defensiven und verantwortungsbewussten Fahrweise motiviert. Dazu gehören selbstverständlich schon heute Hinweise auf das richtige Verhalten in besonderen Situationen (in Staus, bei einem Brandfall, im Tunnel).

Wie man sich in einem Tunnel bei einem Stau oder im Brandfall richtig verhält, kann man nicht in der Praxis üben! Dagegen scheint es möglich und zweckmässig, im theoretischen Teil der Führerprüfung mit spezifischen Fragen auf die Besonderheiten von Stau und Brand im Tunnel einzugehen.

Massnahme 1.02

Dem Verkehrsteilnehmer wird dringend empfohlen, beim Brand seines Fahrzeuges, wenn immer möglich, aus dem Tunnel hinauszufahren.

Bei einem Brand seines eigenen Fahrzeuges sollte der Verkehrsteilnehmer möglichst aus dem Tunnel hinausfahren.

Diese Empfehlung ist sowohl in den Informationskampagnen als auch in der Ausbildung der Verkehrsteilnehmer zu vermitteln.

Massnahme 1.03

Die Kontrollen des Schwerverkehrs und der Gefahrguttransporte sollen intensiviert werden. Entsprechende finanzielle Mittel sind zur Verfügung zu stellen.

Für Gefahrguttransporte bestehen bereits weitgehende Vorschriften, welche sich auf den Versender, Transporteur, Halter, Führer und Empfänger beziehen. Sie kommen jedoch nur dann zum Tragen, wenn sie auch durchgesetzt werden.

Die Strassenverkehrskontrollen und die Kontrolle der Gefahrguttransporte müssen sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht intensiviert werden.

Massnahme 1.04

Die Ausbildung der Lenker von Gefahrguttransporten soll mit speziellen Aspekten des Verhaltens in Tunneln ergänzt werden.

Alle Lenker von Gefahrguttransporten müssen bereits heute eine spezielle Ausbildung absolvieren, die mit einer Prüfung abgeschlossen wird. Erfolgreiche Kandidaten erhalten eine ADR-Bescheinigung. Sie müssen alle fünf Jahre einen Wiederholungskurs besuchen und wiederum eine Prüfung ablegen, um von ihrer ADR-Bescheinigung weiterhin Gebrauch machen zu können.

Die spezifischen Fragen rund um das richtige Verhalten in Strassentunneln sollen künftig in die Ausbildung einbezogen werden.

Massnahme 1.05

Die Lastwagenführer sollen periodisch über sicherheitsrelevante Fahrzeug- und Ausrüstungskenntnisse geprüft werden.

Alle Lastwagenführer sollten über genügend sicherheitsrelevante Fahrzeug- und Fahrzeugausrüstungs-Kenntnisse verfügen, damit sie diese in der Praxis umsetzen können.

Internationale Vorstösse, die eine periodische Prüfung (**alle 5 Jahre**) aller Lastwagenführer über solche Kenntnisse anstreben, sollen unterstützt werden.

Massnahme 1.06

Die Vorschriften für die Gefahrguttransporte durch Tunnel sollen international verschärft werden.

Für die Gefahrguttransporte bestehen bereits weitgehende Einschränkungen. Die Gefahrguttransporte durch Tunnel können jedoch wegen der Freiheit in der Wahl des geeigneten Transportmittels nicht grundsätzlich verboten werden. Es soll aber angestrebt werden, die bestehenden Einschränkungen weiter zu verschärfen.

Massnahme 1.07

Für den Transport von besonders gefährlichen Gütern soll im Einzelfall die Bildung von Konvois und eine Begleitung vorgeschrieben werden können.

Die zeitliche Einschränkung der Transporte von besonders gefährlichen Gütern, die Bildung von Konvois und die obligatorische Begleitung der Transporte ermöglicht eine erhöhte Einsatzbereitschaft von Polizei und Ereignisdiensten. Damit können die Risiken und die negativen Auswirkungen von Ereignissen eingeschränkt werden.

Konvois setzen jedoch geeignete Ausstellflächen für wartende Fahrzeuge voraus.

Massnahme 1.08

In mehrspurigen Tunneln soll fallweise ein Überholverbot für Lastwagen angeordnet werden können.

In Tunneln, in denen in einer Fahrrichtung nur ein Fahrstreifen zur Verfügung steht, ist das Überholen nach geltendem Recht untersagt, und zwar für alle Fahrzeugarten. In mehrspurigen Tunneln soll ein Überholverbot für Lastwagen in gewissen Fällen eine Verbesserung der Verkehrssicherheit bringen, z. B. in Tunneln mit Steigungen über 3 %. Dieses Überholverbot soll im Einzelfall durch Signale angeordnet werden.

Als allgemeine Verkehrsregel dürfte ein solches Überholverbot nicht die gewünschte Wirkung entwickeln. Ein **generelles Überholverbot für Lastwagen** soll deshalb **abgelehnt** werden.

Massnahme 1.09

Den Verkehrsteilnehmern wird empfohlen, bei einem Stau im Tunnel einen ausreichenden Sicherheitsabstand einzuhalten.

Nach der Verkehrsregelnverordnung hat der Fahrzeugführer beim Fahren einen ausreichenden Abstand zu wahren, so dass er auch bei überraschendem Bremsen des voranfahrenden Fahrzeuges rechtzeitig anhalten kann.

Bei Staus in Tunneln soll der gleiche Abstand (20 – 50 m) eingehalten werden.

Massnahme 1.10

Die vorgeschlagene Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit der Lastwagen in Tunneln auf 60 km/h soll abgelehnt werden.

Gemäss geltendem Recht beträgt die Höchstgeschwindigkeit der Lastwagen auf Autobahnen und Autostrassen 80 km/h. Eine Herabsetzung dieser Höchstgeschwindigkeit auf Tunnelstrecken hätte den Effekt, dass alle Fahrzeuge sich bei Tunneln mit nur einem Fahrstreifen den langsamen Lastwagen anpassen müssten (Staugefahr). In mehrspurigen Tunneln dürfte eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h ohnehin keine grössere Sicherheit bringen.

Massnahme 1.11

Die generelle Abstandsvorschrift von 100 m zwischen Lastwagen in Tunneln soll abgelehnt werden.

Ein speziell grosser Sicherheitsabstand von 100 m in Tunneln ist nicht notwendig und kaum sinnvoll. Die Massnahme soll jedoch in Einzelfällen Anwendung finden können, wie dies in Frankreich und Italien bereits getestet wird. Eine internationale Abstimmung wird stattfinden müssen.

A 5.2 Massnahmen im Betrieb

Massnahme 2.01

Es soll eine schweizerische Überprüfungsstelle für die koordinierte Ereignisbewältigung in Strassentunneln geschaffen werden.

Diese Überprüfungsstelle, für welche zu allererst die rechtlichen und finanziellen Grundlagen geschaffen werden müssen, soll folgende Aufgaben und Kompetenzen haben:

- Erlass von Vorschriften für die Sicherheitsüberprüfungen von Tunneln;
- Überprüfung der Organisation, der Einsatzkonzepte, der Ausbildung und Ausrüstung der Ereignisdienste in Zusammenarbeit mit den Sicherheitsbeauftragten;
- Erlass von Anforderungen für die Sicherheitsbeauftragten;
- Durchsetzung der erforderlichen Massnahmen;
- Kompetenz für Tunnelsperrungen zu Ausbildungszwecken der Ereignisdienste und für Brandversuche.

Massnahme 2.02

Für jeden Tunnel von mehr als 600 m Länge soll ein Sicherheitsbeauftragter ernannt werden.

Der Sicherheitsbeauftragte muss mit den notwendigen Kompetenzen und Weisungsbefugnissen beim Betrieb und bei der Polizei ausgestattet sein und soll folgende Aufgaben haben:

- Planen der Organisation der Ereignisdienste und deren Einsatzkonzepte;
- Planen, Durchführen und Auswerten von Einsatzübungen;
- Mitbestimmen bei der Festlegung der Sicherheitskonzepte und der Infrastrukturausrüstungen (Neubauten und Änderungen);
- Ausbilden des Personals des betrieblichen Unterhalts, der Verkehrspolizei und der Ereignisdienste;
- Mitwirken bei der Tunnelabnahme (baulicher Teil und Ausrüstungen).

Massnahme 2.03

Für die periodische Durchführung von wirklichkeitsnahen Übungen von Brand- und Rettungseinsätzen in Tunneln sollen Rechtsgrundlagen und Richtlinien erlassen werden.

- Die Übungsanlage soll realistisch sein und den definierten Ereignisszenarien entsprechen;
- Die Übungen müssen nachvollziehbare Resultate liefern können;
- Die entsprechende Planung muss mit den Spezialisten der Unterhalts- und Ereignisdienste erfolgen, um Schäden am Objekt zu vermeiden und Verkehrsstörungen möglichst gering zu halten.

Massnahme 2.04

Ausserhalb des Strassennetzes soll ein Tunnel für Übungen und Versuche erstellt oder zur Verfügung gestellt werden.

Der besonderen Aufgabe der Rettung auf Strassen und in Tunneln muss vermehrte Beachtung geschenkt werden. Es fehlen insbesondere die realen Ausbildungsmöglichkeiten am Objekt, da wegen Feuerwehr- und Rettungsübungen in der Regel ein Tunnel nicht geschlossen werden kann.

Massnahme 2.05

Alle Brände in Tunneln sollen erfasst und ausgewertet werden.

Zur Zeit besteht weder eine Tunnelunfalldatenbank noch eine Brandereignisdatenbank, so dass keine gesamtschweizerischen Aussagen über die Unfall- und Brandhäufigkeit in Tunneln oder an Fahrzeugen oder über deren Ursachen möglich sind.

Massnahme 2.06

Die Einsatztauglichkeit von Hochleistungslüftern soll geprüft und ein gesamtschweizerisches Beschaffungskonzept erarbeitet werden.

Hochleistungslüfter sind nur zur Sicherheit der Ereignisdienste und für deren zeitgemässe Einsatztechnik vor allem in Tunneln ohne Lüftungsausrüstung zu empfehlen.

Massnahme 2.07

Die Ausrüstungen der Tunnelfeuerwehren sollen mit einer Wärmebildkamera pro Stützpunkt ergänzt werden.

Die Wärmebildkamera ist zur Sicherheit der Einsatzdienste und für deren zeitgemässe Einsatztechnik zu empfehlen.

Massnahme 2.08

Reduktionen von Fahrspuren sind grundsätzlich vor den Tunnelportalen vorzunehmen.

Plötzliche Reduktionen oder Sperrungen von **Fahrspuren** infolge Baustellen in Tunneln sind möglichst zu vermeiden. Die entsprechende Signalisation und Spurenreduktion muss vor den Tunnelportalen erfolgen.

A 5.3 Massnahmen bei der Infrastruktur

Massnahme 3.01

Die bestehenden Richtlinien für einröhrige Tunnel werden überarbeitet und mit dem Ausland abgestimmt. Sie legen verbindlich fest, unter welchen Bedingungen Fluchtwege erforderlich sind.

Bei einröhrigen Tunneln führt die Erstellung von **Fluchtwegen oder eines Sicherheitsstollens** zu namhaften **Kosten**. Deshalb muss sorgfältig geprüft werden, ob solche Bauwerke für die Risikominderung erforderlich **sind** oder ob nicht eine gesamthaft vergleichbare Risikominderung durch andere, kostengünstigere Massnahmen zu erreichen ist.

Massnahme 3.02

In zweiröhrigen Tunneln soll bei Ereignissen in der einen Röhre die zweite Röhre weiterhin als Fluchtweg benutzt werden.

Bei zweiröhrigen Tunneln ist die Erstellung der Querverbindungen, welche bei Ereignissen in einer Röhre die Flucht durch die zweite Röhre ermöglichen, eine wirksame und sehr kostengünstige Massnahme.

- Die Röhren werden **mindestens** alle 300 m durch begehbare Querverbindungen miteinander verbunden.
- Im Ereignisfall wird der Verkehr so gesteuert, dass die Gegenröhre als Fluchtweg benutzt werden kann.

Massnahme 3.03

Die bisherige Funktion der Querverbindungen als Zufahrtsmöglichkeiten für die Ereignisdienste wurde überprüft und bestätigt.

Es ist weiterhin alle 300 m ein begehrbarer Querschlag und alle 900 m ein für die Ereignisdienste befahrbarer Querschlag vorzusehen.

Für den Zugang der Ereignisdienste bestehen bei zweiröhrigen Tunneln alle 900 m für Fahrzeuge befahrbare Querverbindungen. Bei einröhrigen Tunneln ist nur dort ein zusätzlicher Zugang möglich, wo ein Sicherheitsstollen oder ein Fluchtweg ins Freie führt.

Die Zufahrt zu den Portalen, zu den Querschlägen und bei einröhrigen Tunneln zum Ereignisort wird durch eine entsprechende Verkehrsbeeinflussung geregelt. Es ist noch zu prüfen, inwieweit diese Zufahrt im erforderlichen Ausmass sichergestellt ist.

Massnahme 3.04

Vor den Tunnelportalen sollen, wenn immer möglich, Mittelstreifenüberfahrten eingerichtet werden.

Damit die Ereignisdienste unmittelbaren Zugang zu den jeweiligen Tunnelröhren haben, sollen vor den Tunnelportalen wenn immer möglich Mittelstreifenüberfahrten vorhanden sein.

Massnahme 3.05

Die Zahl der Tunnelröhren soll in erster Linie anhand der prognostizierten Verkehrsbelastung festgelegt werden.

Bei geringen Verkehrsbelastungen wird eine Tunnelröhre, bei hohen Verkehrsbelastungen werden zwei Tunnelröhren erstellt.

Die Festlegung der Anzahl Röhren nach der prognostizierten Verkehrsbelastung ist zweckmässig. Ausnahmsweise können auch die Tunnellänge und die Topographie den Entscheid für eine oder zwei Röhren beeinflussen.

Massnahme 3.06

Die Richtlinie für die Dimensionierung und den Betrieb von Tunnellüftungen wird fertiggestellt.

Sie orientiert sich an folgenden Grundsätzen:

- Möglichst rasche Ereignisdetektion;
- Im Brandfall muss eine brandabschnittsbezogene Rauchabsaugung erfolgen;
- Die Längsgeschwindigkeit der Tunnelluft muss beeinflusst werden können;
- Eine bestehende Rauchsichtung ist möglichst zu erhalten.

Massnahme 3.07

Die Richtlinie für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Brandversuchen in Tunneln wird international abgestimmt.

Bis zum Vorliegen dieser Richtlinie unterliegen Brandversuche in Tunneln der Bewilligung des ASTRA.

Bei den Alpenländern bestehen zur Zeit keine solchen Richtlinien. Aufgrund der neuen Lüftungsrichtlinie ist es jedoch angezeigt, Richtlinien für derartige Versuche international abzustimmen.

Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Brandversuchen stellen sehr hohe Anforderungen und setzen umfassende Kenntnisse der physikalischen Gesetze in Tunneln voraus, um daraus zuverlässige und sinnvolle Schlussfolgerungen ziehen zu können. Entsprechend hoch sind die Kosten und die Möglichkeiten von Fehlinterpretationen. Brandversuche liefern jedoch massgebende Informationen für die Auslegung und das Verhalten der Lüftung.

Eine internationale Koordination ist deshalb angezeigt und anzustreben.

Massnahme 3.08

Die Richtlinien und Anforderungen für die Ausrüstung der Tunnel sind dem letzten Stand der Technik anzupassen.

Diese Richtlinie legt Kriterien für die Anwendung und zeitliche Umsetzung in bestehenden Tunneln und integrale Funktionsüberprüfungen fest.

Diese Richtlinie umfasst alle Ausrüstungen wie Energieversorgung, Beleuchtung, Lüftung, Signalisation, Mess- und Überwachungssystem, Zentrale Kommunikation und Information, Kabelverbindungen, Nebenausrüstungen, elektro-mechanisch bedingte bauliche Anlagen. Eine Überprüfung wird durch jeweilige neue technische oder sicherheitsrelevante Erkenntnisse ausgelöst.

Massnahme 3.09

Die Signalisation der Fluchtwege soll international vereinheitlicht werden.

Es wird vorgeschlagen, retroreflektierende oder innenbeleuchtete Schilder in genügender Grösse auf Augenhöhe und eventuell auch eine Bodenbemalung auf dem Bankett anzubringen. Diese Signalisation muss international abgestimmt werden.

Massnahme 3.10

Der Einsatz fester Löschinstallationen ist im konkreten Einzelfall zu prüfen.

Gemäss Absprache unter den Alpenländern und im Einklang mit der AIPCR soll auf **Sprinkler** in Tunneln vorläufig verzichtet werden.

Massnahme 3.11

Der Vorschlag, aus Sicherheitsgründen eine zweite Tunnelröhre am Gotthard zu erstellen, soll abgelehnt werden.

Bezüglich Möglichkeit zur Selbstrettung der Tunnelbenützer ist die Situation am Gotthard als gut zu bezeichnen. Aus diesem Grund ist aus Sicherheitsgründen keine zweite Röhre nötig.

A 5.4 Massnahmen bei den Fahrzeugen**Massnahme 4.01**

Schwere Motorwagen zum Gütertransport sollen obligatorisch mit einem Feuerlöscher ausgerüstet werden.

Feuerlöscher können, richtig eingesetzt, einen Brand im Anfangsstadium eindämmen und löschen.

Diese Massnahme soll im Rahmen einer kommenden Revision der Verordnung über die technische Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) geprüft werden.

A 6 SCHLUSSWORT

Die Task Force erachtet es als wichtig, dass die Gefahr, die in Strassentunneln lauert, zwar ernst genommen wird, nicht aber Anlass zu Panik geben soll.

Denn nach wie vor zählen Tunnelstrecken zu den sichersten Strassenabschnitten, was die im Vergleich zu den offenen Strecken doch um einiges geringeren Unfallzahlen belegen. Die Gründe dafür sind schnell gefunden: Tunnelstrecken bleiben vom Wetter praktisch unbeeinflusst, die Lichtverhältnisse sind konstant.

Demgegenüber sind die Auswirkungen, wenn es dann doch zu einem Unfall kommt, im Tunnel oftmals schlimmer als auf offener Strecke – und diese Tatsache rechtfertigt die doch umfassende und aufwendige Arbeit der Tunnel Task Force.

Kapitel B

GRUNDLAGEN

B 1 EINLEITUNG

B 1.1 Ausgangslage

Am 24. März 1999 hat ein Lastwagen, welcher mit **Margarine und Mehl** beladen war, im **Mont-Blanc Strassentunnel** zwischen Chamonix (F) und Aosta (I) Feuer gefangen. Das Feuer breitete sich sehr schnell aus und griff auf andere Fahrzeuge über. 39 Personen starben infolge der grossen Rauch- und Hitzeentwicklung.

Dieses Ereignis veranlasste den Direktor des Bundesamtes für Strassen (ASTRA), im April 1999 eine Task Force einzusetzen, mit dem Ziel, die Sicherheitsaspekte beim Gotthardstrassentunnel und beim San Bernardino Tunnel zu untersuchen.

Im Anschluss an den Unfall im Tauern Tunnel in Österreich am 29. Mai 1999 wurden die Untersuchungen dann auf alle Tunnel des Strassennetzes mit einer Länge von mehr als 600 m ausgedehnt.

Die Führungsrolle des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) für die Sicherheit in Strassentunneln ergibt sich aus dem Auftrag in der neuen Verfassung der Schweiz: Demnach übt der Bund die **Oberaufsicht** über die Strassen **von gesamtschweizerischer Bedeutung** aus. Ferner stellt der Bund die Errichtung eines Netzes von Nationalstrassen und deren Benutzbarkeit sicher. Die Kantone bauen und unterhalten die Nationalstrassen nach den Vorschriften und unter der Oberaufsicht des Bundes.

Zu den wichtigsten Aufgaben des ASTRA gehört es somit, in Zusammenarbeit mit den Kantonen auf dem gesamten Strassennetz für eine **optimale Sicherheit** zu sorgen. So richtet der Bund nicht nur Beiträge an den Bau, an die technischen Installationen und an den Unterhalt der Nationalstrassen aus, sondern auch an den Betrieb und an die Investitions- und Betriebskosten der Feuer-, Öl-, Chemie- und Strahlenwehren.

Die baulichen und technischen Sicherheitsausrüstungen werden bei Neubauten und Erneuerungen der Nationalstrassen so erstellt, dass sie den schweizerischen und internationalen Standards entsprechen. Damit erfüllen heute die Nationalstrassentunnel die Anforderungen der schweizerischen Richtlinien und Normen, wie die Projektierungsrichtlinien für Strassentunnel, die Grundlagen für die Belüftung von Strassentunneln und die Beleuchtungsnorm. Ebenso entsprechen sie den Empfehlungen der AIPCR (Welt-Strassen-Verband).

Diese Sicherheitsausrüstungen entfalten ihre volle Wirkung jedoch nur dann, wenn sie mit einem effizienten **Ereignisdienst** und dem richtigen **Verhalten der Verkehrsteilnehmer** abgestimmt sind. Die Verkehrskontrolle und -überwachung durch die Polizei wirkt in diesem Zusammenhang präventiv.

Der permanente und intensive Einsatz der Strassenbauverwaltungen, der Betriebsverantwortlichen und der Verkehrspolizei kann jedoch Pannen, Unfälle und Brände in Tunneln nicht ausschliessen. Eine Verkettung ungünstiger Umstände könnte auch in schweizerischen Strassentunneln zu Ereignissen wie den Bränden im Mont-Blanc- oder Tauern-Tunnel führen.

B 1.2 Ziele, Organisation und Vorgehen der Task Force

Ziele

Mit der Bildung der Task Force wurden die Anstrengungen des ASTRA intensiviert und konzentriert, um eine **optimale Sicherheit in den Strassentunneln** zu erreichen und zu gewährleisten.

Die Task Force bearbeitete ein umfangreiches Aufgabengebiet rund um die Tunnelsicherheit:

- Sie übernahm die **Führungsrolle** für die Sicherheit in Strassentunneln;
- Sie **überprüfte** sicherheitsrelevante Aspekte und veranlasste im Bedarfsfall Massnahmen in den Bereichen Verkehrsteilnehmer, Betrieb, Infrastruktur und Fahrzeuge;
- Sie empfahl **Richtlinien** für neue Tunnel, für bauliche und betriebliche Erneuerungen und ihre Umsetzung bei bestehenden Tunneln;
- Sie stellte Verbindung und Informationsaustausch mit **benachbarten Ländern** sicher;
- Sie intensivierte die **Öffentlichkeitsarbeit**.

Organisation

a) **Task Force**

Die **Task Force** setzte sich aus folgenden Mitarbeitern des **ASTRA** zusammen:

- | | |
|---------------------------------|--|
| • Michel Egger (Vorsitz) | Vizedirektor, Chef Abteilung Infrastruktur |
| • Werner Jeger (Stellvertreter) | Chef Abt. Fahrzeuge |
| • Andreas Hofer | Bereichsleiter Tunnel |
| • Martin Allemann | Elektrische Ausrüstungen |
| • Urs Holzer | Feuer-, Öl- und Chemiewehren auf den NS |
| • Ulrich Schlup | Bereichsleiter Betrieb, Umwelt und Oberbau |
| • Roger Siegrist | Bereichsleiter Verkehrstechnik |
| • David Gilabert, Dr. | Transport gefährlicher Güter |
| • Patrick Jecklin | Informationschef ASTRA |

b) Lenkungsausschuss

Zur breiten Abstützung der Analyse und der Vorschläge wurde die Task Force des ASTRA um einen Lenkungsausschuss mit Experten anderer Bundesämter, der Kantone, der Polizei, der Wehrdienste, der Eidg. Techn. Hochschulen und der Privatwirtschaft erweitert.

Der Lenkungsausschuss setzte sich aus folgenden Experten zusammen:

- Ernst Berger, Dr. BUWAL, Chef Sektion Sicherheitstechnik
- Erwin Beusch Kantonsing.-Stv., Kanton Aargau
- Marcel de Montmollin Kantonsingenieur Kanton Neuenburg
- Hans Rudolf Isliker Stv. Dir. BAV, Chef Abteilung Sicherheit
- Urs Ludescher, Dr. Chemiefachberater SFV
- Carlo Mariotta Kantonsingenieur Kanton Tessin
- Hans Mundwiler Kdt. Berufsfeuerwehr Zürich
- Mario Bolzi Chef Verkehrsabt. Nord, Kantonspolizei ZH
- Peter Püntener Kantonsingenieur Kanton Uri
- Jörg Schneider, Prof. Dr.h.c. ETHZ
- Yves Trottet EPFL
- François Vuilleumier, Dr. Dir. gén. Bonnard et Gardel SA, Lausanne
- Robert Weber Chef verkehrstech. Abt., Kantonspolizei ZH

c) Internationale Expertengruppe

Damit die Massnahmen zur Erhöhung der Tunnelsicherheit innerhalb von Europa abgestimmt werden, hat die Konferenz der West-Europäischen Strassendirektoren (WERD) die Alpenländer Frankreich, Österreich und Italien beauftragt, unter der Leitung der Schweiz, den Zwischenbericht zu analysieren und gemeinsame Vorschläge zu erarbeiten.

Die Alpenländergruppe setzte sich aus folgenden Experten zusammen:

- Pascal Dubois Directeur adjoint du Centre d'Etudes des Tunnels (CETU), Lyon, F
- Jean-Claude Martin Centre d'Etudes des Tunnels (CETU), Lyon, F
- Rudolf Hörhan Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Leiter der Abteilung 7a (zuständig für die Tunnelsicherheit), Wien, A
- Carlo Bartoli Dirigente della Segreteria Tecnica dell' Amministratore dell' ANAS-Ente Nazionale per le Strade, Roma, I
- Silvia Orsini Capo Segreteria Tecnica della Direzione Centrale Lavori, ANAS, Roma, I
- Antonio di Mattia Responsabile Ufficio Programmi Speciali della Direzione Centrale Lavori, ANAS, Roma, I
- Gaetano Colleta Responsabile Strutture Area Tecnica della Direzione Centrale Autostrade e Traffori, ANAS, Roma, I

d) *Präsentationen*

Die Task Force stellte ihren Zwischenbericht nationalen und internationalen Gremien wie folgt vor:

- Am 19. September 1999 der Presse in der Verkehrsleitzentrale des Kantons Aargau;
- Am 19. September 1999 der Konferenz der Kantonsingenieure in Basel;
- Am 28. September 1999 der EU - Kommission in Brüssel;
- Am 17. November 1999 der Fedre Tunnel 2000 Tagung in Genf;
- Am 4. März 2000 der 7. Internationalen Transittagung in Chamonix (F);
- Am 23./24. März 2000 dem Seminar „Safety Fire in Tunnels“ der International Tunnel Association (ITA) in Lausanne;
- Am 30. März 2000 dem Seminar „Umsetzung der Störfallverordnung“ in Bern;

Der Schlussbericht wird am 18./19. Mai 2000 der DERD-Konferenz (Deputy European Road Directors) und am 14./15. September 2000 der WERD-Konferenz (Western European Road Directors) vorgestellt.

Vorgehen

Nach dem Unfall im Tauern Tunnel lud die Task Force am 2. Juni 1999 alle Kantonsingenieure und sämtliche Tunnelverantwortlichen der Kantone zu einer Orientierungssitzung ein und erteilte ihnen den Auftrag, anhand einer Checkliste bei den Nationalstrassentunneln mit einer Länge von über 600 m die wesentlichen Sicherheitsaspekte der **Infrastruktur** zu untersuchen.

Parallel zu dieser Infrastruktur-Umfrage wurden erste Abklärungen zu sicherheitsrelevanten Fragen des **Betriebes** vorgenommen.

Die Ergebnisse der Umfrage sind im Kap. B 9 zusammengefasst und flossen in die Aussagen im Teil C dieses Berichtes ein.

Die Task Force legte im Dezember 1999 den Zwischenbericht den Vertretern der Nachbarländer vor und diskutierte diesen Bericht mit ihnen im Januar und März 2000. Dabei wurde insbesondere das Kapitel über die Massnahmen eingehend durchgearbeitet und die definitive Formulierung für den Schlussbericht abgeglichen.

Nach Konsultationen mit dem Lenkungsausschuss, mit nationalen und internationalen Experten, Verbänden und Organisationen unterbreitet die Task Force in diesem Bericht zahlreiche Vorschläge für Massnahmen, die aus technischer Sicht geeignet sind, die Zielsetzung einer optimalen Sicherheit in Tunneln nachhaltig zu erreichen und zu gewährleisten.

B 2 ENTWICKLUNG DES STRASSENVERKEHRS

B 2.1 Nachhaltige Entwicklung

Der Bundesrat hat in seinem Bericht „Strategie zur nachhaltigen Entwicklung“ vom April 1997 die nachhaltige Entwicklung als Ziel seiner Regierungspolitik festgelegt. Unter nachhaltiger Entwicklung wird eine Entwicklung verstanden, welche die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeit zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken.

Nachhaltigkeit besteht aus drei Schlüsselfaktoren:

- **Schutz der natürlichen Umwelt:** Die natürlichen Lebensgrundlagen schützen und erhalten (ökologische Nachhaltigkeit).
- **Wirtschaftliche Effizienz:** Für Bevölkerung und Wirtschaft moderne Dienstleistungen, unter anderem im Bereich Verkehr, sicherstellen. Dies soll möglichst effizient erfolgen, so dass die finanzielle Belastung des Staates und der Volkswirtschaft tragbar bleibt (wirtschaftliche Nachhaltigkeit).
- **Gesellschaftliche Solidarität:** Der Zugang zu den natürlichen Lebensgrundlagen und zu den öffentlichen Dienstleistungen soll für alle Bevölkerungskreise und für alle Landesteile zu vergleichbaren Bedingungen sichergestellt, sowie der Schutz der Menschen vor Gefahren und gesundheitlichen Risiken gewährleistet werden (soziale Nachhaltigkeit).

Im Bereich Verkehr, und damit auch im Strassenverkehr, sollen also ein modernes und sicheres Netz sowie gute Dienstleistungen angeboten werden, deren Kosten allerdings wirtschaftlich tragbar sein müssen. Zudem muss der Schutz der Umwelt gebührend berücksichtigt werden.

B 2.2 Sicherheit und Risiken im Strassenverkehr

Sicherheit im Strassenverkehr setzt voraus, dass die erforderlichen baulichen, technischen und organisatorischen Sicherheitsmassnahmen getroffen werden, um **Unfälle so weit als möglich zu verhindern** und deren **Auswirkungen zu begrenzen**. Die Sicherheitsmassnahmen haben dem neuesten Stand der Sicherheitstechnik zu entsprechen und sind bei Verkehrsteilnehmern, bei den Ereignisdiensten, bei der Infrastruktur und bei Fahrzeugen zu treffen. Unter Berücksichtigung der begrenzten Mittel sind zuerst diejenigen Massnahmen zu ergreifen, welche die **Risiken am wirksamsten reduzieren**.

Trotz aller Massnahmen gibt es auch im Strassenverkehr **keine absolute Sicherheit**. Es liegt in der Natur des Strassenverkehrs, dass Unfälle geschehen, auch solche mit schweren Schädigungen für den Menschen, die Umwelt und die Sachwerte. Der Umgang mit diesem Restrisiko ist nicht nur technischer Natur, sondern letztlich eine politische und gesellschaftliche Frage.

Ursachen für Unfälle im Strassenverkehr sind insbesondere **menschliches Fehlverhalten**, Mängel an den Anlagen des Strassennetzes, technische Defekte und Mängel an den Fahrzeugen (z.B. elektrische Systeme, Bremsen, überhitzte Motoren) sowie Probleme mit der Ladung (z.B. instabile Ladung, chemische Reaktionen). Gemäss einem Bericht der OECD¹ ist das **Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmern die Hauptursache für 95% der Unfälle**.

¹ Stratégies de sécurité routière en rase campagne, OCDE, 1999

B 2.3 Unfallgeschehen

Überblick

Einen guten Überblick über das Unfallgeschehen auf den schweizerischen Nationalstrassen geben die Erhebungen der kantonalen Verkehrspolizeien. Aus diesen Erhebungen werden Unfallraten ermittelt und Angaben über die Art der Unfälle sowie über die Anzahl der verletzten und getöteten Personen gemacht. Die ausgewerteten Daten werden jährlich in den Berichten des BFS veröffentlicht².

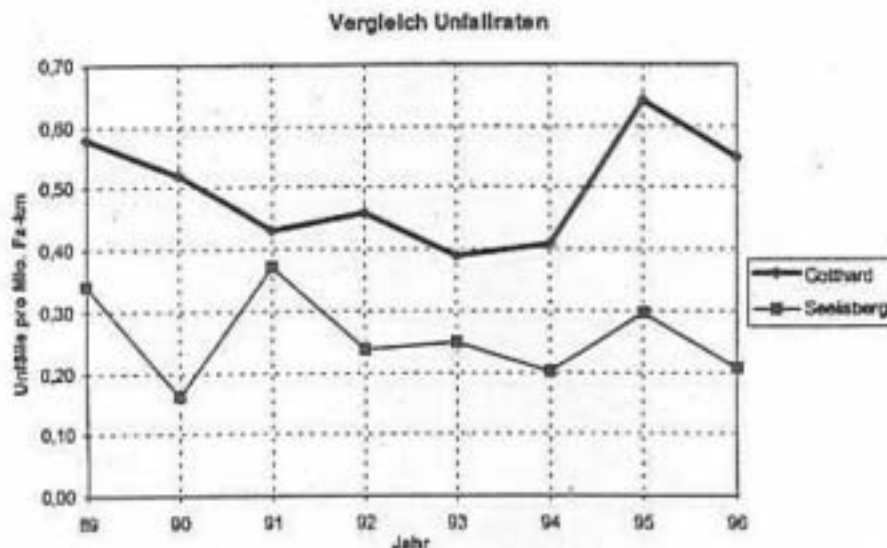
Differenziertere Informationen zum Einfluss des durchschnittlichen Verkehrs und der Art der Strasse auf die Unfallzahlen können aus den Kurzberichten für die Nationalstrassen³ gemäss Störfallverordnung (StFV)⁴ gewonnen werden.

Generell deuten diese Daten darauf hin, dass die **Unfallwahrscheinlichkeit** wesentlich vom durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV = Jahrestotal der Fahrzeuge an einem bestimmten Strassenquerschnitt dividiert durch 365) abhängt. Auf Autobahnen ist die Unfallwahrscheinlichkeit bedeutend tiefer als auf Strassen mit Gegenverkehr. Bei Verzweigungen, Anschlüssen, Strecken mit starken Gefällswechsels und im Bereich von Tunnelportalen nimmt die Unfallwahrscheinlichkeit wieder zu. Die Erfahrungen aus dem Ausland zeigen ein ähnliches Bild.

Tunnel

Die Unfallrate in **Tunneln mit Gegenverkehr** liegt **bedeutend höher** (bis 40 %) als bei Tunneln mit richtungsgetretem Verkehr.

Als Beispiel seien hier die Unfallraten der Jahre 1989-1996 des Seelisbergtunnels denjenigen des Gotthardtunnels gegenübergestellt⁵:



² Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz, BFS, Neuenburg

³ Ergebnisse der Auswertung der Kurzberichte für die Nationalstrassen, BUWAL/ASTRA, Mai 1998

⁴ Verordnung vom 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV), SR 814.012

⁵ IVT ETHZ, Prof. Hidber et al, Schlussbericht Konfliktanalyse 2. Röhre Gotthardstrassentunnel

In Tunneln ist die **Anzahl der Unfälle** vor allem deshalb **kleiner**, weil die Fahrbahn vor Umwelteinflüssen wie Schnee, Eis, Wind und Regen geschützt ist. Dies macht sich vor allem in den längeren Autobahntunneln bemerkbar. Dementsprechend zeigen die Kurzberichte, dass eine deutlich **tieferer Unfallwahrscheinlichkeit** als auf offener Strecke am ehesten in relativ langen Tunneln mit richtungsgetrenntem Verkehr (Seelisberg-, Gubrist- und Belchentunnel) festzustellen ist. Dies bestätigt auch ein Bericht der norwegischen Strassenbehörden⁶.

Einen negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit hat bei den meisten Tunneln das Fehlen von Pannestreifen. Falls Pannenfahrzeuge die nächste Ausstellbucht nicht mehr erreichen können, bleiben sie auf der Fahrbahn stehen, was entweder zu Stau oder zu riskanten Ausweichmanövern führt.

Nach Angaben der AIPCR beträgt die **Pannenhäufigkeit** pro 100 Mio. Fahrzeugkilometer

- in städtischen Tunneln unter Flüssen 1300;
- in Überland-Tunneln 300-600;
- in Alpentunneln 900-1900 (im Gotthardtunnel 780).

Die Pannenhäufigkeit ist dabei sehr stark von der Längsneigung abhängig; bereits bei Steigungen ab 2,5 % ereignen sich bis fünf mal mehr Pannen als auf Strecken ohne Steigung.

Brände sind auf offener Strecke, und ebenso in Tunneln, **seltene Ereignisse** (1998 wurden beispielsweise auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz insgesamt 330 Brände registriert). Brände treten meist als Folge von Pannen an der elektrischen Anlage, infolge Überhitzung der Motoren oder als Folge von Unfällen auf.

Der Weltstrassenverband AIPCR stellte 1999 aufgrund von Erhebungen in zahlreichen Ländern⁷ Folgendes fest:

- Die mittlere Brandrate in Tunneln überschreitet in keinem Fall **25 Brände pro 100 Mio. Fahrzeugkilometer (Fhz *km)**;
- gemäss den heute verfügbaren Statistiken scheinen die Tunnel in städtischen Gebieten eine höhere Brandrate als die übrigen aufzuweisen;
- in 40% der beobachteten Tunnel hat es noch nie Brände gegeben;
- in mehreren Tunneln (etwa Chamoise, Elbe, Fréjus, Mont-Blanc, Gotthard) liegt die Brandrate bei den Schwertransportern viel höher als bei den Privatfahrzeugen;
- eine Häufigkeit von rund einem Brand pro Monat bis zu einem Brand pro Jahr und Tunnel ist lediglich bei Tunneln anzutreffen, die entweder sehr lang, sehr stark befahren oder beides sind. In einer überwiegenden Mehrheit der Tunnel sind viel weniger Brände zu beklagen.

Eine 1995 publizierte Studie des AIPCR weist für den Zeitraum Ende 80er- / Anfang 90er-Jahre für wichtige französische Tunnel eine Häufigkeit von 0 – 10 Fahrzeugbränden auf 100 Mio. Fahrzeugkilometer aus. In der Schweiz sind Statistiken oder Zahlen, die dieses Schadenereignis explizit darstellen, nur bei sehr wenigen Tunnelbetreibern vorhanden, da **Brände in Tunneln selten** vorkommen.

⁶ Studies on Norwegian Road Tunnels, an Analysis on Traffic Accidents and Car Fires in Road Tunnels, Norwegian Public Roads Administration, Directorate of Public Roads, 1997

⁷ Maîtrise des Incendies - 1999 AIPCR

Im Auftrage des BUWAL wurden acht ausgewählte Brandunfälle in europäischen Tunneln analysiert. Die Studie kommt zu folgenden Feststellungen:

- Meistens war **nur ein Fahrzeug** in den Brandunfall verwickelt;
- Häufigste Ursache war ein technischer Defekt am Fahrzeug, oft mit **Entzündung von ausfliessendem Treibstoff**.

Im **Baregg**tunnel ereigneten sich im Jahre 1997 zwei Fahrzeugbrände, wobei ein Fahrzeug über 3,5 t Gesamtgewicht und ein Fahrzeug bis 3,5 t Gesamtgewicht betroffen waren. Im Jahre 1998 wurde ein Brand eines Fahrzeuges bis 3,5 t Gesamtgewicht registriert. Brandursachen wurden keine angegeben.

Im **Belchentunnel** ereigneten sich im Jahre 1994 ein Fahrzeugbrand (Fhz>3,5 t), im Jahre 1995 zwei Fahrzeugbrände (beide Fhz<3,5 t), im Jahre 1996 vier Fahrzeugbrände (drei Fhz<3,5 t, ein Fhz>3,5 t) und im Jahre 1997 ein Fahrzeugbrand (Fhz>3,5 t). Defekte in der elektrischen Anlage waren in vier dieser acht Brandfälle Ursache des Fahrzeugbrandes.

Im **Gotthardt**tunnel wurden zwischen 1992 und 1998 total 38 Fahrzeugbrände gezählt. Die Brände betrafen 17 Personenwagen, 7 Cars und 14 LKWs. Das entspricht 5,2 Fahrzeugbränden pro 100 Mio. Fhz-km.

B 2.4 Schadenausmass

Überblick

Unfälle gefährden in erster Linie die **Verkehrsteilnehmer**. Menschen ausserhalb des Strassenraums sind auf Nationalstrassen nur in seltenen Fällen (z. B. bei einer grossen Freisetzung von toxischen Gasen beim Transport gefährlicher Güter) gefährdet. Bei der Umwelt sind vor allem die Oberflächengewässer, die als Vorfluter der Strasse dienen, sowie Grundwasservorkommen in unmittelbarer Nähe der Strasse betroffen.

Bei den Verkehrsunfällen ohne Brand wird das Schadenausmass für die Verkehrsteilnehmer vor allem durch die **Geschwindigkeit** und die Anzahl der beteiligten Fahrzeuge bestimmt. Bei Unfällen mit Brand sowie bei Unfällen beim Transport gefährlicher Güter wird das Ausmass im wesentlichen durch die **Mengen an brennbaren, toxischen oder wassergefährdenden Stoffen** bestimmt. In Bezug auf die Umwelt spielen der Abstand zum Grundwasser oder Oberflächengewässer, die Art der Entwässerung und die Bedingungen für die Intervention der Ereignisdienste eine wichtige Rolle.

Tunnel

Bei Brandunfällen in Tunneln ergeben sich aufgrund der stark eingeschränkten räumlichen Verhältnisse **hohe Temperaturen**, Hitzeentwicklung, **Reduktion der Sauerstoff-Konzentration**, **Verschlechterung der Sicht** und **Ausbreitung von Rauch** und toxischen Gasen in Längsrichtung. Demzufolge kann das Schadensausmass für Verkehrsteilnehmer bei Bränden in Tunneln weitaus grösser sein als auf offener Strecke.

Gute Voraussetzungen für die **Selbst- und Fremdrettung** sind deshalb entscheidend.

Es müssen also genügend Fluchtmöglichkeiten vorhanden sein und die Brandlüftung muss schnell und effizient erfolgen, insbesondere in Tunneln mit Gegenverkehr. Dies gilt auch für Unfälle ohne Brand, aber mit einer Freisetzung toxischer Gase.

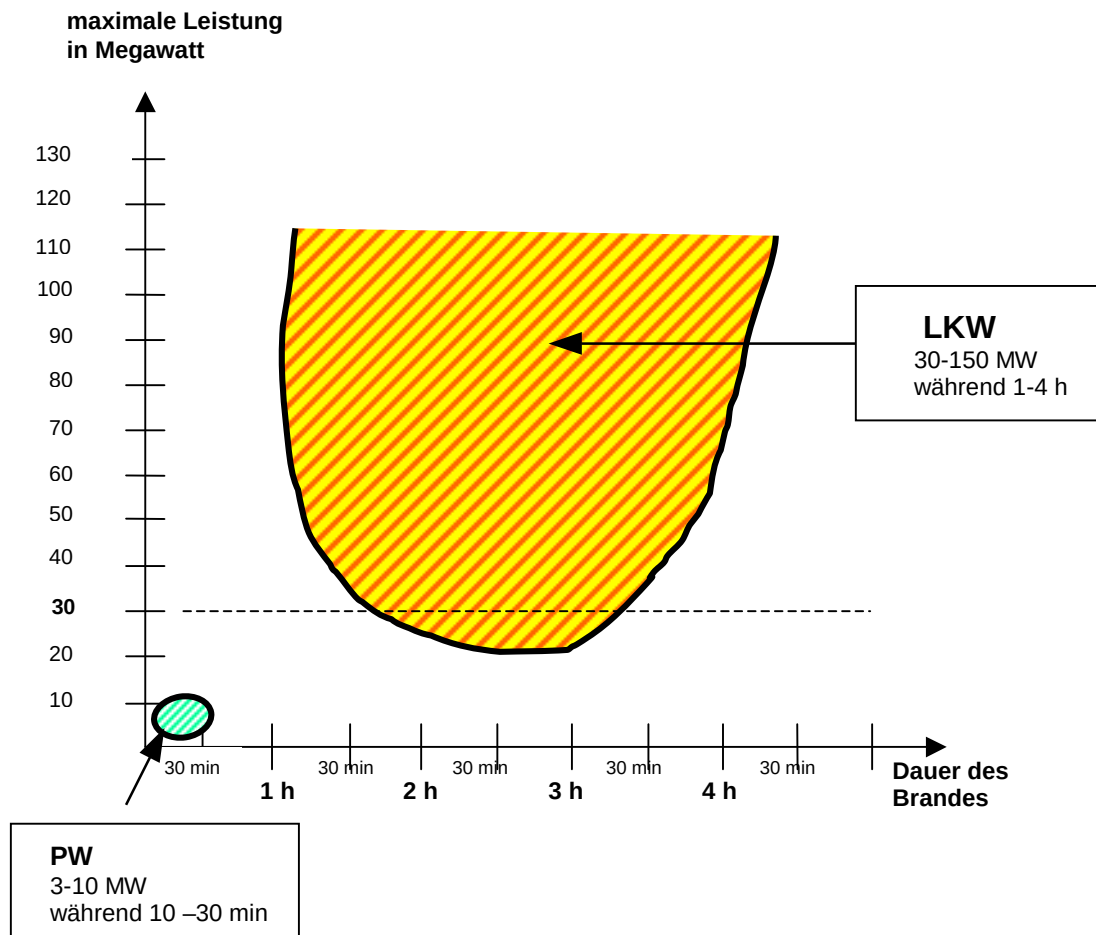
Brände in Tunneln sind jedoch nicht nur für den Menschen gefährlich, sondern verursachen auch Schäden an Bauwerksteilen, Installationen und Fahrzeugen, so dass der betroffene Tunnel eventuell für eine längere Zeit geschlossen bleiben muss.

Die Brandleistung, ausgedrückt als Hitzeentwicklung in Megawatt, weist dabei je nach Fahrzeug und Ladung starke Unterschiede auf.

Der AIPCR gibt dafür folgende Beispiele⁸:

Fahrzeugtyp	Brandbelastung (MJ)	Brandleistung (MW)	Bemerkungen
Privatfahrzeug	3'000 – 3'900	2,5-5	Verwendet für Brandversuche in Finnland
Autobus	41'000	20	Verwendet für die EUREKA Brandversuche
Ladung eines LKW	65'000	20-30	
Schwertransporter	88'000	30	
Zisternenwagen mit 50 m ³ Benzin	1'500'000	150	Holländische Annahme für extreme Dimensionierungsbrände

⁸ "Fire and Smoke Control in Tunnels", Comité AIPCR des Tunnel routiers (C5), AIPCR, 1999



Die obige Abbildung⁹ zeigt, dass die Brandleistung eines Personenwagens im Vergleich zu einem Lastwagen gering ist, und dass ein Lastwagenbrand sehr lange dauern und dadurch eine hohe Brandleistung entwickeln kann. PW-Brände sind aber wegen der möglichen starken Rauchentwicklung und Freisetzung von giftigen Gasen dennoch gefährlich.

In Absprache mit den europäischen Partnern schlägt das ASTRA vor, bei der Dimensionierung der Tunnellüftung eine **Brandleistung von 30 MW** einzusetzen.

In Bezug auf die **Umwelt** herrschen in Tunneln trotz der eingeschränkten Zugänglichkeit in der Regel günstigere Bedingungen als auf offener Strecke. Freigesetzte Flüssigkeiten oder Löschwasser werden in der Tunnelentwässerung und an den Portalen aufgefangen.

⁹ Quelle: Bericht "Sécurité dans les tunnels routiers". M. Marec, France, 2000

B 3 DIE SCHWEIZERISCHEN STRASSENTUNNEL

B 3.1 Übersicht

Am 1. Januar 1999 waren auf dem schweizerischen Nationalstrassennetz 188 Tunnel in Betrieb. Bis zur Vollendung des bis heute bewilligten Nationalstrassennetzes im Jahre 2015 werden es 265 Tunnel sein.

	Am 01.01.1999		Im Jahre 2015	
	Anzahl	Länge in km	Anzahl	Länge in km
Einröhrige Tunnel	91	90.5	118	138.9
Zweiröhrige Tunnel	97	78.7	147	141.1
Total	188	169.2	265	280.0
Nationalstrassen in Betrieb		1638.0		1856.0

Eine detaillierte Auflistung der heute geplanten, projektierten, im Bau befindlichen und in Betrieb stehenden Tunnel mit Angaben zur Länge, Anzahl Röhren und Spuren, zum Lüftungssystem und zur Querschnittsform findet sich in der Beilage E3.

Der Nationalstrassenbau kommt nicht mehr ohne Tunnel aus. Das zeigt obige Tabelle: Von den 218 km, die noch zur Vollendung des Nationalstrassennetzes fehlen, sind 111 km Tunnelstrecken.

Dies hat seinen Grund darin, dass aus geografischen Gegebenheiten und aus Umweltschutzgründen bei den noch zu erstellenden Abschnitten vermehrt unterirdische Linienführungen gesucht wurden.

Die steigende Zahl von Tunneln hat allerdings starke finanzielle Auswirkungen. Beim Bau der Tunnel (Investitionen) sind die Kosten rund 5 mal, beim Betrieb der Tunnel rund 6 mal höher als bei einer offenen Linienführung. Beim Unterhalt einer Tunnelstrecke müssen die Steuerungen und ein Grossteil der Ausrüstungen alle 10-20 Jahre an den Stand der Technik angepasst und somit meist ausgewechselt werden. Die Kosten solcher Auswechslungen entsprechen, auf einen Tunnel-km umgerechnet, einer Ersatzinvestition von rund 8-10 Mio. Franken oder ca. 0.6 Mio. Franken pro Tunnel-km und Jahr.

Bei der zukünftigen Wahl neuer Linienführungen muss daher, im Hinblick auf den Schlüsselfaktor "wirtschaftliche Effizienz" der Nachhaltigkeitsstrategie des Bundes, den finanziellen Aspekten angemessen Rechnung getragen werden.

Als Beispiele für die Unterhaltskosten von Tunneln seien der San Bernardino- und der Baregg Tunnel erwähnt.

Beim **San Bernardino Tunnel** betrugen 1967 die Baukosten 172 Mio. Franken (das sind ca. 500 Mio Franken auf heutiger Preisbasis). Nach 30 Betriebsjahren müssen nun Unterhaltskosten von 175 Mio. Franken aufgewendet werden, einerseits um den Tunnel zu sanieren und andererseits um ihn an die heutigen Sicherheitsanforderungen anzupassen.

Beim **Baregg Tunnel**, welcher 1963 – 1969 erstellt und am 7. Oktober 1970 in Betrieb genommen wurde, betrugen die Baukosten 41 Mio. Franken, was heutigen Kosten von ca. 120 Mio. Franken entspricht. Für die Erneuerung in den Jahren 1999 bis 2004 sind 81 Mio. Franken veranschlagt.

B 3.2 Gruppierung der Tunnel

Die am 1. Januar 1999 in Betrieb stehenden Tunnel der Strassen von gesamt-schweizerischer Bedeutung werden gemäss ihrer **Länge** wie folgt gruppiert:

Tunnellänge in km	Anzahl Tunnel Nationalstrassen	Anzahl Tunnel > 600 m Hauptstrassen
< 0,6	123	keine Angaben
0,6 – 2,0	46	24
2,0 – 4,0	13	4
> 4,0	6	2
Total	188	30

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die kurzen Tunnel bis 0,6 km überwiegen; dennoch sind heute bereits 25 Tunnel länger als 2,0 km.

Für das Unfallgeschehen ist, wie bereits im Kapitel B 2.3 erwähnt, der Durchschnittliche Tägliche Verkehr (DTV) von grosser Bedeutung. Einige typische schweizerische Tunnel weisen folgenden DTV auf:

Tunnel	Lage	Anzahl		Länge in km	DTV in Tausend	SGF in %
		Röhren	Spuren			
Gotthard	TI/UR	1	2	16.9	18.3	21
Seelisberg	UR/NW	2	2+2	9.2	20.0	16
San Bernardino	GR	1	2	6.6	5.9	9
Gr. St. Bernhard	I/CH	1	2	5.9	1.5	11
Gubrist	ZH	2	2+2	3.2	81.0	9
Belchen	BL/SO	2	2+2	3.2	37.7	17
Baregg	AG	2	2+2	1.1	88.1	10
Schweizerhalle	BL	2	3+3	1.0	103.4	12

Legende:

DTV: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (1998)

SGF: Anteil der schweren Güterfahrzeuge am durchschnittlichen Werktagsverkehr gemäss Schweizerischer Strassenverkehrszählung 1995

Die **Verkehrsbelastung** des Nationalstrassennetzes weist sehr grosse Unterschiede auf¹⁰. Weitaus am stärksten ist die Belastung im Bereich der **städtischen Agglomerationen** und auf der West-Ost **Hauptachse längs des Genfersees und im Mittelland zwischen Fribourg, Bern, Basel, Zürich und Winterthur**. Im Bereich dieser am stärksten belasteten Strecken ist bei einer weiteren Verkehrszunahme mit vermehrten Überlastungen und Stausituationen zu rechnen. Verkehrsverlagerungen auf das untergeordnete Netz werden die Folge sein.

Die Überlastungen auf dem Hauptnetz und die Verkehrsverlagerungen auf das untergeordnete Netz, welches ein tieferes Sicherheitsniveau aufweist, führen zu einem **erhöhten Unfallrisiko**.

Die Jahresbelastungen der **Alpenquerungen** sind im Vergleich zu den Belastungen in den städtischen Agglomerationen gering. Während Strecken und Tunnel in den Agglomerationen und auf den Hauptachsen täglich zum Teil während mehrerer Stunden bis zur Leistungsgrenze belastet oder sogar überlastet sind, weisen z.B. der Gotthardstrassentunnel oder der San Bernardino Tunnel vor allem in Spitzenzeiten des touristischen Verkehrs oder bei Sperrungen einer Achse Überlastungen und Staus auf. Diese Alpenquerungen, zu denen es heute keine Alternativen gibt, haben jedoch eine grosse Bedeutung als Transitachsen und als einzige Strassenverbindungen zwischen der Alpennordseite und dem Tessin.

B 3.3 Ereigniswahrscheinlichkeit in Schweizer Strassentunneln

Die Pannen-, Unfall- und Brandwahrscheinlichkeit pro Tunnel ist u.a. vom DTV und der Tunnellänge L abhängig. Sie ist proportional zur Fahrleistung (FL), welche nach folgender Formel errechnet wird: $DTV \text{ mal } L = FL$.

	DTV in Tausend	Länge in km	FL in Tausend
Gotthard	18.3	16.9	309
Gubrist	81.0	3.2	259
Seelisberg	20.0	9.2	184
Belchen	37.7	3.2	121
Baregg	88.1	1.1	97
San Bernardino	5.9	6.6	39
Gr. St. Bernhard	1.5	5.9	9

Die Wahrscheinlichkeit, dass im San Bernardino Tunnel ein Ereignis entsteht, ist demnach rund 3 Mal kleiner als im Baregg Tunnel und rund 8 Mal kleiner als im Gotthard Tunnel.

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, warum primär die Sicherheitsvorkehrungen bei den langen Tunneln und bei jenen mit einem hohen DTV überprüft wurden.

¹⁰ Belastungsplan siehe Beilage E2

B 4 SICHERHEIT IN STRASSENTUNNELN

B 4.1 Sicherheitsziele

Mit einem optimalen Sicherheitsniveau in Strassentunneln sollen folgende Ziele erreicht werden:

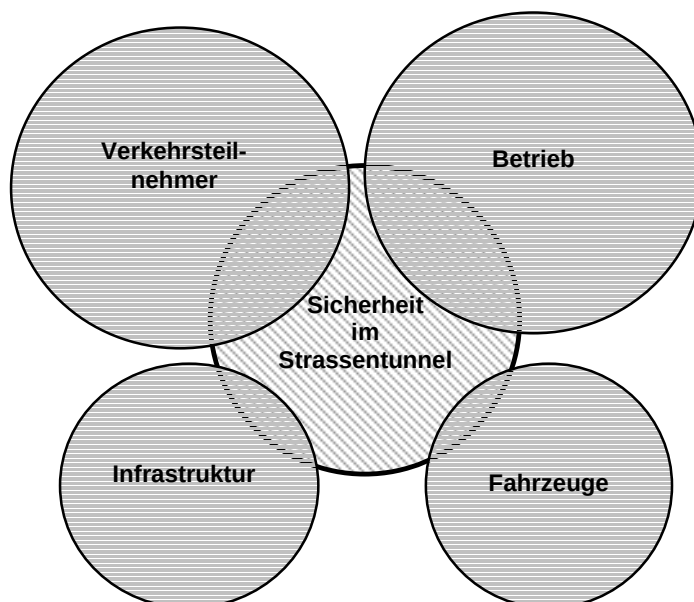
- **Primär:** Die Verhinderung von **kritischen Ereignissen**, welche Menschen, Umwelt und Tunnelausrüstungen gefährden.
- Sekundär (bei Ereignissen wie Unfällen oder Bränden): Die Schaffung von optimalen Voraussetzungen für:
 - **die Selbstrettung vor Ort der betroffenen Menschen**
 - die sofortige Intervention der Verkehrsteilnehmer, um den Schaden einzudämmen. Unmittelbar nach dem Ausbruch kann ein Brand problemlos gelöscht werden, zehn Minuten später hat er sich aber zu einem Vollbrand ausgeweitet.
 - den effizienten Einsatz der Ereignisdienste
 - den Schutz der Umwelt
 - die Eingrenzung von Sachschäden.

Im Ereignisfall sind die ersten **zehn bis fünfzehn Minuten** für die Selbstrettung von Menschen und für die Eindämmung des Schadens ausschlaggebend.

Die Verhinderung von kritischen Ereignissen steht also an erster Stelle. Daher müssen vor allem Massnahmen zur **Vorbeugung** solcher Ereignisse ergriffen werden.

B 4.2 Einflussfaktoren der Tunnelsicherheit

Die Sicherheit in Strassentunneln wird durch **zahlreiche Faktoren** verschieden stark beeinflusst. Diese Faktoren können gemäss folgendem Schema zu vier Hauptgruppen zusammengefasst werden:



Nachfolgend werden die relevanten Belange für die Tunnelsicherheit dieser vier Haupteinflussfaktoren näher beleuchtet.

B 5 DER VERKEHRSTEILNEHMER als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit

Eingehende Analysen von Unfällen auf der Strasse haben ergeben, dass ein Unfall die Folge einer oder mehrerer Fehlleistungen in einem komplexen System ist, das vom Lenker, vom Fahrzeug sowie vom strassenseitigen Umfeld bestimmt wird.

Der zentrale Faktor bei Unfällen im Strassenverkehr ist jedoch **das menschliche Versagen**. Deshalb müssen die Anstrengungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in erster Linie dahin gehen, menschliche Fehler zu vermeiden. In zweiter Linie soll dafür gesorgt werden, dass dennoch auftretende Fehlleistungen der Menschen keine gravierenden Auswirkungen haben.

Es ist sicherlich leichter, technische Unzulänglichkeiten zu beheben, als das menschliche Verhalten zu beeinflussen. Dennoch gibt es verschiedene Mittel, um mehr oder weniger direkten Einfluss auf das Verhalten der Menschen zu nehmen: Verkehrserziehung, Ausbildung und Information, aber auch Überwachung, Kontrollen und Sanktionen.

Die Task Force hat bereits in ihrem Zwischenbericht erwähnt, dass die schnellste und wirksamste Massnahme darin besteht, eine **Informationskampagne** durchzuführen.

Sie hat als allerersten Teil einer solchen Kampagne das richtige Verhalten bei Stau und Brand im Tunnel bereits in der Medienmitteilung vom 9. Juli 1999 bekannt gemacht:

*Richtiges Verhalten bei einem **Brand im Tunnel**:*

- *seitwärts anhalten*
- *sofort den Motor abstellen*
- *unverzüglich das Fahrzeug **verlassen** und sich rasch vom Ereignis wegbegeben*

*Richtiges Verhalten bei einem **Stau im Tunnel**:*

- *seitwärts anhalten*
- *sofort den Motor abstellen*
- *Fahrzeug **nicht verlassen***
- *Radio einschalten!*

Weitere wichtige Regeln bei einem Brand im Tunnel sind:

- Abstand halten
- Löschen des Feuers mit dem fahrzeugeigenen oder der im Tunnel vorhandenen Feuerlöschern
- Alarmieren
- Warnen und Retten anderer Verkehrsteilnehmer

Der Schweizerische Verkehrssicherheitsrat wurde vom ASTRA beauftragt, in Zusammenarbeit mit den wichtigsten Partnern im Strassenverkehr (BfU, Verkehrsverbände, Arbeitsgemeinschaft der Chefs der Verkehrspolizeien der Schweiz), im April 2000 (kurz vor Ostern) eine weitere nationale **Informationskampagne** durchzuführen. Mittels Plakaten und Faltblättern wurde über das richtige Verhalten in Tunneln, vor allem bei Stau und Brand, informiert¹¹. Diese Kampagne soll vor Pfingsten 2000 und vor dem Ferienbeginn im Sommer 2000 wiederholt werden.

Grundsätzlich gelten in Tunneln die gleichen Verkehrsregeln wie auf der offenen Strecke (ausreichenden Abstand halten, zulässige Höchstgeschwindigkeiten und Höchstgewichte einhalten, Ladung sichern sowie, bei einer Panne, den Verkehr sichern). Wie auf offener Strecke wird empfohlen, auch in Tunneln Radio zu hören, um Verkehrsmeldungen zu empfangen.

Zusätzlich sind jedoch im Tunnel noch folgende spezielle Verkehrsvorschriften zu beachten:

- Wenn pro Fahrrichtung nur eine Fahrspur besteht, ist das Überholen verboten.
- Wenden und Rückwärtsfahren sind verboten.
- Das Abblendlicht muss auch in beleuchteten Tunneln eingeschaltet werden.
- Anhalten in Tunneln ist nur im Notfall gestattet; der Motor ist dann unverzüglich abzustellen.

¹¹ Siehe hierzu Unterlagen in Beilage E 4

B 6 DER BETRIEB als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit

Die Hauptaufgaben des Tunnelbetriebes umfassen:

- Gewährleistung der **Sicherheit für Benutzer und Betreiber** im Normalzustand und im Ereignisfall.
- Aufrechterhaltung der **Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlage** im Normalzustand und entsprechende Steuerung der Verkehrsanlage im Ereignisfall.
- Überwachung und allfällige **Steuerung der Tunnelausrüstungen** wie Lüftung und Beleuchtung im Normalzustand und im Ereignisfall.
- **Wartung** der baulichen und elektromechanischen Ausrüstungen.

Das Personal des betrieblichen Unterhaltes, der Verkehrspolizei und der Ereignisdienste arbeitet im Ereignisfall eng zusammen. Sämtliche Aufgaben liegen in der Kompetenz der Kantone.

Der Bund beteiligt sich an den Kosten mit dem Beitragssatz des betrieblichen Unterhaltes; für Feuer-, Öl-, Chemie- und Strahlenwehren leistet er Pauschalbeiträge.

Nachfolgend sind die einzelnen Stellen mit ihren Aufgaben aufgeführt:

- **Betrieblicher Unterhalt** (vom Werkhofpersonal wahrgenommen):
 - Warten und betreiben aller Ausrüstungen und Installationen für den Betrieb und die Sicherheit der Verkehrsanlage, bei Tunneln insbesondere warten und betreiben der Lüftung, Beleuchtung und Verkehrsbeeinflussungssysteme.
 - Vorbereiten und üben des Verhaltens im Ereignisfall.
 - Überwachen und steuern der Tunnelinstallationen (bei Bedarf).
- **Verkehrspolizei:**
 - Steuern der Verkehrsbeeinflussungsausrüstungen, Verkehrsüberwachung und Verkehrskontrollen.
 - Vorbereiten und üben des Verhaltens im Ereignisfall.
 - Im Ereignisfall zusätzlich warnen vor Stau, Unfalldienst organisieren, Verkehrsteilnehmer informieren.
- **Ereignisdienste** (Feuer-, Öl-, Chemie- und Strahlenwehr, Pannenhilfe, Sanitätsdienste):
 - Vorbereiten und üben des Verhalten im Ereignisfall.
 - Einsatz im Ereignisfall.

Die Vielzahl der Aufgaben zeigt die grosse Bedeutung des Betriebes und des beteiligten Personals für die Sicherheit der Strassentunnel im Normalzustand und im Ereignisfall. Die unterschiedlichen Zuständigkeiten und zahlreichen Nahtstellen belegen den sehr hohen Koordinationsbedarf, vor allem im Ereignisfall.

Einsatzzentrale

Die Überwachung des Verkehrsgeschehens und der Tunnelausrüstung erfolgt in den **Einsatzzentralen (EZ)**. Von dort aus können die Verkehrsbeeinflussungssysteme und die Tunnelausrüstungen wie Lüftung und Beleuchtung im Bedarfsfall gesteuert werden. Sämtliche Meldungen aus einem Tunnel werden in der EZ entgegengenommen und verarbeitet.

Die Aufgaben der EZ umfassen:

- **im Normalzustand :**

Überwachen des Verkehrs (Videobilder, Staumeldungen, Nischenbelegungen, Verkehrsbelastungen etc.) im Tunnel und in den Vorzonen; Überwachen der Mess- und Kontrollapparaturen der Tunnelausrüstungen, Entgegennahme des Notruftelefons, Erkennen von Ereignissen.

- **im Ereignisfall:**

Veranlassen der notwendigen Aktionen je nach Art des Ereignisses. Beeinflussen des Verkehrs im Tunnel und in den Vorzonen (z.B. Sperren des Tunnels), Aufbieten von Polizeipatrouillen und weiterer Stellen wie Sanität, Feuer-, Öl- oder Chemiewehren, Pannenhilfe, Unterhaltsdienst. Durchgabe von Meldungen und Verhaltensmassnahmen über das Tunnelradio.

Einsatzkonzepte

In Einsatzkonzepten werden die massgebenden Ereignisszenarien, das optimale Zusammenwirken aller beteiligten Stellen (Betrieblicher Unterhalt, Polizei, Ereignisdienste), die Zufahrt zu den möglichen Ereignisorten und die Steuerung der Ausrüstungen festgelegt. Die eingehende Vorbereitung auf mögliche Ereignisse erlaubt es, im Ereignisfall auf vorbereitete Szenarien zurückzugreifen, so dass möglichst wenig improvisiert werden muss. Den Einsatzkonzepten kommt damit eine entscheidende Bedeutung für die Risikominderung zu.

Zu den vorbereiteten Massnahmen gehören:

- Melde- und Alarmierungsablauf in der Einsatzzentrale der Polizei
- auf den jeweiligen Tunnel ausgerichtete Einsatzkonzepte der Polizei und der Feuerwehr
- zwischen Polizei und Feuerwehr abgesprochene Einsatzleitung
- vorbereitete Anweisungen über Radio für das Verhalten der Verkehrsteilnehmer.

Jeder Tunnel muss ein eigenes, auf ihn abgestimmtes Einsatzkonzept haben.

Überprüfung des Einsatzkonzeptes am Beispiel des Gotthard-Strassentunnels

Für den Gotthard-Strassentunnel wurde 1998 eine Überprüfung des Ereignismanagements bzw. der Ereignisbewältigung vorgenommen. Dabei wurden die Erkenntnisse von Analysen und Beurteilungen aus dem Blickwinkel der Technik, der Feuerwehr, der Verkehrspolizei, des Standes der Sicherheitstechnik sowie rechtlicher Aspekte berücksichtigt.

Massgebende Ereignisszenarien, die sich aus Pannen, Kollisionen, Bränden oder der Freisetzung von gefährlichen Stoffen ergeben, wurden festgelegt. Dazu wurde auch ein Risikoprofil erstellt; zusätzlich wurde ein Sicherheitsbeauftragter ernannt.

B 7 DIE INFRASTRUKTUR als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit

Die Infrastruktur umfasst die vollständige **bauliche Anlage** und die **elektromechanische Ausrüstung** des Tunnels.

Wesentliche sicherheitsrelevante Elemente der **baulichen Anlage** sind: Anzahl Tunnelröhren, Fluchtwege, Zufahrtsmöglichkeiten für den Ereignisfall, Querschnittsgestaltung der Tunnelröhren, Ausstellbuchten und bauliche Anlagen zur Lüftung und zur Entwässerung der Fahrbahn.

Die sicherheitsrelevanten Elemente der **Ausrüstung** lassen sich in fünf Hauptgruppen gliedern:

- Tunnellüftung
- Beleuchtung
- Zustands- und Ereignisdetektion
- Warnung und Leitung der Verkehrsteilnehmer
- Gefahrenminderung und –beseitigung.

Die **Tunnellüftung** hat dabei eine wesentliche Bedeutung für die Verhinderung oder Beschränkung der **Rauch- oder Gasausbreitung bei Bränden**. Für die Lüftungssteuerung sind die Branddetektion und die Erfassung der Luftströmungen massgebend.

Für den Verkehrsteilnehmer ist im Ereignisfall ausschlaggebend, dass er jene Ausrüstungen **kennt** und **möglichst rasch findet**, die er für seine Sicherheit einsetzen kann: **Fluchtwege, Notrufstationen und Löscheinrichtungen**. Diese Sicherheitsausrüstungen werden signalisiert. Zur Erhöhung der Tunnelsicherheit muss angestrebt werden, dass diese Signalisation europaweit normiert wird und im Brandfall sichtbar wird und bleibt.

Zur Minderung menschlichen Leids ist die **Warnung** und **Führung** der Verkehrsteilnehmer entscheidend. Die Warnung erfolgt über Radio, die Führung unter anderem durch Signalisation der Fluchtwege.

Wegen der Vielzahl und Abhängigkeiten von sicherheitsrelevanten Elementen sind Massnahmen im Bereich der Infrastruktur sorgfältig aufeinander abzustimmen. Dies gilt besonders für Bauwerke, welche nach älteren Standards erstellt wurden und an heute weiterentwickelte Sicherheitsanforderungen angepasst werden müssen.

Das ASTRA schreibt die Sicherheitsanforderungen in Richtlinien fest. Mit diesem Mittel können für alle Nationalstrassentunnel gleiche Bedingungen geschaffen werden.

Die nachfolgend aufgeführten Richtlinien sind zum Teil in Kraft, zum Teil werden sie überarbeitet oder sind noch gar nicht vorhanden. Die Aufzählung beschreibt somit ein Ziel, welches in den nächsten Monaten erreicht werden soll.

B 7.1 Richtlinie für einröhrige Tunnel

Seit 1983 gelten in der Schweiz für Tunnel mit Gegenverkehr und **Längslüftung** folgende Mindestanforderungen¹²:

Tunnellänge	Mindestanforderungen in Tunneln mit Gegenverkehr und Längslüftung
bis 1 km	• reversierbare Strahlventilatoren
1 bis 1,5 km	• 1 Fluchtweg ins Freie im Bereich Tunnelmitte + reversierbare Strahlventilatoren oder • 1 Rauchabsaugung (Minimum 200 m³/s) im Bereich Tunnelmitte + reversierbare Strahlventilatoren
1,5 bis 3 km	• 1 Rauchabsaugung (Minimum 200 m³/s) im Bereich Tunnelmitte + 2 Fluchtwege ins Freie, je einer im Bereich 1/4 bis 1/3 der Tunnel- länge ab Portal + reversierbare Strahlventilatoren oder • kontinuierliche Rauchabsaugung (Minimum 80 m³/s,km) durch einen separaten Lüftungskanal entlang der Tunnelröhre

Bei Tunneln von über 3 km Länge oder in Fällen, wo sich die Mindestanforderungen an Fluchtwege nicht wirtschaftlich vertreten lassen, wird eine **Halbquerlüftung** vorgeschrieben.

Bei einigen einröhrigen Tunneln ist bereits heute ein parallel verlaufender Stollen vorhanden. Dies ist häufig der Fall, wenn schon beim Bau der ersten Röhre feststand, dass später eine zweite Röhre erstellt wird. Dieser Stollen wurde aber niemals nur als Sicherheitsstollen gebaut. Vielmehr diente er immer auch als Sondierstollen, um das Gebirge vor dem Vollausschub zu erkunden. Mögliche geologische Schwierigkeiten konnten somit frühzeitig erkannt und geeignete Massnahmen getroffen werden. Ein Erkundungsstollen wird jeweils innerhalb des Profils der einen Tunnelröhre erstellt und kann so bis zum Bau der anderen Röhre als Sicherheitsstollen genutzt werden.

B 7.2 Richtlinie für zweiröhrige Tunnel

Die Richtlinie für zweiröhrige Tunnel schreibt vor, dass alle 300 m begehbare und alle 600 - 900 m für Fahrzeuge der Ereignisdienste befahrbare Querschläge angeordnet werden. Die zweite Röhre dient bei zweiröhrigen Tunneln als Fluchtröhre.

¹² Richtlinie "Grundlagen der Lüftung"; diese wird zur Zeit in internationaler Abstimmung überarbeitet.

B 7.3 Richtlinie für die Lüftung

Die Lüftung umfasst:

- Die **baulichen** Anlagen (Zwischendecke, Zu- und Abluftkanäle, Lüftungskamine, Lüftungszentralen)
- Die **mechanische** Ausrüstung (Ventilatoren inkl. Fremdbelüftung, Umlenkbleche und Klappen, Schalldämpfer)
- Die **elektronische und elektrische** Ausrüstung (Motorensteuerungen, Überwachungssensoren, Schaltschränke für die elektrische Stromzufuhr)

Folgende **vier Lüftungssysteme** werden, je nach Tunnellänge und Verkehrsbelastung, eingesetzt:

- **Natürliche Lüftung** (ohne Ventilatoren)

Bei kurzen Tunneln und relativ geringer Verkehrsbelastung (ohne Staugefahr).

- **Längslüftung**

Im Verkehrsraum wird mit Strahlventilatoren eine künstliche Längslüftung erzeugt. Diese Lüftungsart wird bei kurzen und relativ schwach belasteten Tunneln eingesetzt, bei welchen die natürliche Lüftung nicht ausreicht.

- **Halbquerlüftung**

Früher war es zulässig, über den gleichen Luftkanal Frischluft in den Fahrraum einzuleiten oder Abluft aus dem Fahrraum abzusaugen.

Beim heutigen Stand der Technik wird die Abluft aus dem Fahrraum durch einen von diesem getrennten Abluftkanal abgesaugt, während die Frischluft durch den Fahrraum nachströmt.

Die Abluftöffnungen, welche Fahrraum und Abluftkanal verbinden, werden dabei durch mechanische Klappen geschlossen oder geöffnet.

Im Falle eines Fahrzeugbrandes kann so gezielt brandabschnittbezogen Rauch aus dem Fahrraum abgesaugt und die Rauchausbreitung verhindert werden.

- **Querlüftung**

Für die Zu- und Abluft sind separate Kanäle parallel zur Fahrbahn vorhanden. Dieses Lüftungssystem wird primär bei stark belasteten und langen Tunneln eingesetzt.

Zwischen den verschiedenen oben dargestellten Lüftungsarten bestehen zahlreiche Variations- und Kombinationsmöglichkeiten.

Die Grundlagen der Tunnellüftung und die Berechnung des Zu- und Abluftbedarfs bei den einzelnen Lüftungsauslegungen wurden für die schweizerischen Tunnel in der Zusammenstellung "**Grundlagen der Belüftung von Strassentunneln**" (Mai 1983) festgeschrieben. Durch die sehr intensive Mitarbeit der Autoren des oben erwähnten Berichtes wurden auch die internationalen AIPCR-Richtlinien sowie diejenigen der umliegenden Länder stark durch das Schweizer Wissen beeinflusst. So sind 1987 in Brüssel, 1991 in Marrakech und 1995 in Montreal im Rahmen des AIPCR-Weltstrassenkongresses weitere ergänzende und international abgestützte Rapporte mit Schweizer Mitarbeit veröffentlicht worden. All dieses Fachwissen wurde bei der Lüftungsauslegung der schweizerischen Tunnel einbezogen. Der **Stand der Technik** sowie der aktuelle Wissenstand ist immer **direkt in die Planung und Projektierung** unserer Strassentunnel eingeflossen.

Der Rückgang der Schadstoffemissionen der Motorfahrzeuge beeinflusste in den letzten Jahren die Tunnellüftung so, dass die Beherrschung der zugrundegelegten Brandfälle für die Auslegung massgebend wurde. Bedingt durch den massiven Rückgang der Emissionen, insbesondere der Lastwagen, ist heute hauptsächlich die **Absaugekapazität im Fall eines Brandes** im Tunnel für die Dimensionierung der Lüftung bestimmend.

Land	Richtlinie	Längsströmung m/s	Verteilte Rauchabsaugung	Punktuelle Rauchabsaugung m ³ /s
Schweiz	ASB, 1983	2 bis 4	$\geq 80 \text{ m}^3/\text{s}, \text{km}$	≥ 200
Österreich	RVS 9.261,1997	1.5	$\geq 80 \text{ m}^3/\text{s}$, Brandabschnitt	≥ 200
Deutschland	RABT, 1994	2.0	$\geq 60 \text{ m}^3/\text{s}$, 300m	≥ 200
USA	NFPA, 1995	-	$\geq 155 \text{ m}^3/\text{s}$, Spur	-
Frankreich	Projekt 1996	<1.5		110/400 ¹³

B 7.4 Richtlinie für Brandversuche

(Noch nicht vorhanden)

In den vergangenen Jahren wurden 2 Grossversuchsreihen in Tunneln durchgeführt. EUREKA EU 499 Firetun zielte hauptsächlich auf neue Erkenntnisse hinsichtlich Brandquellen, während bei den Tests im Memorial-Tunnel die Wirkung verschiedener Brandlüftungen untersucht wurde.

Brauchbare aerodynamische Versuche sind extrem teuer, kosteten doch die EUREKA Versuche 35 Mio. DM und jene im Memorial-Tunnel 50 Mio. \$.

Ein Hauptergebnis der Memorial-Tests ist, dass **Punktabsaugungen** den längs-verteilten Absaugungen über kleine Öffnungen vorzuziehen sind. Durch die konzentrierte Absaugekapazität besteht die Möglichkeit, örtlich auf die Längsströmung im Tunnel einzuwirken und so die Rauchausbreitung auch bei völlig verrauchtem Tunnelfahrraum einzuschränken.

Im weiteren wurde festgestellt, dass die **Ausbreitungsgeschwindigkeit** der geschichteten **Rauchzunge** auch bei grossen Brandleistungen und trotz einer Längsneigung des Tunnels **3 m/s** kaum übersteigt.

In der Bewertung dieser Versuche hält der Bericht des AIPCR „Fire and Smoke Control in Road Tunnels“ fest, dass die Längsneigung der Tunnel einen grossen Einfluss auf die Rauchausbreitung hat. Testergebnisse, die diesen Fragenkomplex der Längsneigung erhellen, liegen jedoch zur Zeit nicht vor. Allerdings wurden in der Zwischenzeit an verschiedenen Stellen theoretische und numerische Modelle erstellt, die den besonderen Sachverhalt bei Tunneln mit Längsneigungen abzuschätzen vermögen.

¹³ ohne/mit Gefahrguttransporte

B 7.5 Richtlinie für Tunnelausrüstung (ohne Lüftung und Beleuchtung)

(Noch nicht vorhanden)

In diesen Bereich fallen die Zustands- und Ereignisdetektion mit:

- Branddetektion
- Messung der Luftgeschwindigkeit und –richtung
- Ereignisdetektion (wie Stau, Rauch, Unfall, Geisterfahrer)
- Videoüberwachung
- Verkehrserfassung (Verkehrsmenge, Verkehrsdichte, Verkehrszusammensetzung, Geschwindigkeit).

Bei einem Ereignis, insbesondere bei einem Tunnelbrand, sind, wie bereits früher erwähnt, für die Sicherheit der Tunnelbenützer die ersten Minuten entscheidend. Aus diesem Grund ist die rasche Detektion eines Ereignisses von äusserster Wichtigkeit.

Für die Erfassung von Bränden im Fahrraum des Tunnels wurden früher Punktmelder eingesetzt. Heute kommen sowohl in der Schweiz wie im Ausland vorwiegend Linienmelder zur Anwendung. Diese messen die Temperatur bzw. die Temperaturänderungen unter der Tunneldecke.

Grosse Brände werden in der Regel von allen im Einsatz stehenden Typen von Branddetektoren erfasst. Sogenannte kalte Brände, d.h. Brände, die nur einen geringen Temperaturanstieg an der Tunneldecke erzeugen, aber beträchtliche Rauchmengen freisetzen, sind schwieriger zu orten. Dasselbe gilt für den Fall einer starken natürlichen Luftströmung im Tunnel. Zur Abdeckung dieser Fälle sind optische Ereignismelder und/oder Radiationsmesssysteme sowie auf das Tunnelumfeld angepasste Windmessausrüstungen erforderlich.

Ort und Charakteristik sowie die Stärke der Luftgeschwindigkeit und deren Richtung sind für die Beurteilung eines Ereignisses wichtig. Diese Bedürfnisse können dank der rasanten Entwicklung im visuellen Bereich der Erfassungstechnik zunehmend abgedeckt werden. Daraus ergeben sich wesentliche Zeitgewinne, eine Verbesserung der Ereignisüberprüfung und eine gute Nachvollziehbarkeit der Alarm-szenarien, was die Sicherheit positiv beeinflusst.

In der Schweiz werden künftig Tunnel von mehr als 600 m Länge mit einer Videoüberwachung ausgerüstet. Dasselbe gilt für eine Folge von kürzeren, nur durch kurze offene Strecken getrennte Tunnel.

B 7.6 Richtlinie für Benutzerwarnung und Benutzerführung

(Noch nicht vorhanden)

Die Benutzerwarnung und Benutzerführung umfasst:

- Funk und Radio mit Einsprechmöglichkeiten
- Fluchtwegbeleuchtung und Fluchtwegsignalisation
- Verkehrssteuerung mit Lichtsignalampeln
- Wechselsignalisation
- Brandnotbeleuchtung
- Notruftelefon und Feuerlöscher.

Seit Beginn des Autobahntunnelbaus wurden Benutzerwarnung und –führung bei der Planung und Projektierung berücksichtigt.

Die frühere Annahme, dass nur der Tunnelbenützer Ereignisse im Tunnel “entdeckt” und der Polizei oder den Unterhaltsdiensten weitermeldet, gilt nicht mehr. Deshalb werden heute **elektronische Ausrüstungen** eingerichtet. Die Verkehrsteilnehmer werden über Verkehrsleitsysteme und/oder durch Radiodurchsagen über die Verkehrssituation informiert und allenfalls gewarnt. Verkehrsteilnehmer können über die Notruftelefone mit den Überwachungsdiensten kommunizieren.

Die Brandnotbeleuchtung und die Fluchtwegsignalisation zeigen dem in Not geratenen Verkehrsteilnehmer den Fluchtweg.

B 7.7 Richtlinie für Ausrüstungen zur Gefahrenminderung und Gefahrenbeseitigung

Die Ausrüstungen zur Gefahrenminderung und Gefahrenbeseitigung sind Schlitzrinnen, Feuerlöscheinrichtungen, Strom- und Notstromversorgung.

Schlitzrinnen dienen der raschen Ableitung von allenfalls brennbaren, explosiven und giftigen Flüssigkeiten aus dem Fahrraum. Die Schlitzrinnen sind alle 50 m syphoniert, so dass die Flüssigkeiten in einem geschlossenen System aus dem Tunnel geleitet werden können. In der Schweiz sind praktisch alle längeren Tunnel mit Schlitzrinnen ausgerüstet.

Die **Feuerlöscheinrichtungen** bestehen aus der Löschwasserversorgung und den Handfeuerlöschern. Den Verkehrsteilnehmern stehen in den Tunneln jeweils alle 150 m, d.h. bei den Notruftelefonen, Handfeuerlöscher zur Verfügung. Wie sehr diese Ausrüstungen die Tunnelsicherheit beeinflussen, belegen Untersuchungen des AIPCR, dass **60% aller Brände durch Handfeuerlöscher erfolgreich bekämpft** und gelöscht wurden.

Strom- und **Notstromversorgung** garantieren im Ereignisfall, dass die sicherheitstechnisch notwendigen Ausrüstungen weiterhin funktionieren.

B 8 DIE FAHRZEUGE als Einflussfaktor der Tunnelsicherheit

B 8.1 Technologische Entwicklung

Auf dem Gebiet der Fahrzeugsicherheit hat in den letzten 10-15 Jahren eine rasante **technologische Entwicklung** stattgefunden. Das führte dazu, dass die Motorfahrzeuge (Personen- und Lastwagen) heute sicherer sind als je zuvor.

Im Verlauf dieser Entwicklung konnte auch das Brandrisiko nach Unfällen noch weiter verkleinert werden (z.B. durch die Anforderungen bezüglich Crashverhalten und der damit verbundenen sicheren Anordnung der Treibstofftanks). Brände infolge mechanischer oder elektrischer Defekte sind seltener geworden und können durch regelmässige Nachprüfungen der Fahrzeuge minimiert werden.

Der Nachteil dieser technischen Entwicklung und der damit immer zuverlässigeren Fahrzeuge besteht darin, dass sich viele Lenkerinnen und Lenker in **falscher Sicherheit** wiegen und die bestehenden **physikalischen Gesetzmässigkeiten** und Grenzen (Fahrzeugmasse, Fliehkräfte, Anhalteweg usw.) **missachten**.

Obwohl die Fahrzeuge heute einen hohen Sicherheitsstandard aufweisen, ist der **Wartung**, vor allem der **Lastwagen**, ausreichende Bedeutung beizumessen. Durch periodische Nachprüfungen ist zu gewährleisten, dass die Bremsen, Turbolader, elektrischen Systeme, usw. einwandfrei funktionieren. Undichte Stellen in Treibstoff- und Ölleitungen, welche zu Entzündungen führen können, müssen verhindert werden.

B 8.2 Internationale Übereinkommen

Ausrüstung ausländischer Motorfahrzeuge - Übereinkommen von 1968

Gemäss internationalem Übereinkommen vom 8. November 1968 über den Strassenverkehr sind die Vertragsparteien grundsätzlich gehalten, zum internationalen Verkehr in ihrem Hoheitsgebiet die Motorfahrzeuge und die Anhänger zuzulassen, die den im Übereinkommen festgelegten Bedingungen entsprechen. Dies bedeutet, dass für ausländische Motorfahrzeuge und ihre Anhänger von der Schweiz keine zusätzlichen Ausrüstungen verlangt werden dürfen, die nicht in diesem Übereinkommen vorgeschrieben sind.

Voraussetzung für zusätzliche Ausrüstungen wäre somit, dass eine entsprechende Vorschrift im Rahmen dieses Übereinkommens eingeführt wird.

Bezüglich Massnahmen zur Brandverhinderung bzw. -bekämpfung enthält das Übereinkommen zur Zeit keine Bestimmungen.

Periodische Nachprüfungen - Übereinkommen von 1997

Das internationale Übereinkommen vom 13. November 1997 über die Annahme einheitlicher Bedingungen für periodische technische Untersuchungen von Radfahrzeugen und die gegenseitige Anerkennung solcher Untersuchungen sieht vor, dass Motorfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen, welche im internationalen Personen- oder Güterverkehr unterwegs sind, zukünftig einer jährlichen technischen Untersuchung unterzogen werden. Das Inkrafttreten des Abkommens für die Schweiz ist für ca. 2003 – 2004 vorgesehen.

Die Harmonisierung der schweizerischen Prüfungsintervalle mit jenen der Europäischen Union auf eine jährliche Nachprüfung bei schweren Motorwagen zum Gütertransport ist eine taugliche Massnahme, technische Unzulänglichkeiten rechtzeitig zu entdecken und zu beheben, bevor ernsthafte Auswirkungen auftreten.

Technische Handelshemmnisse - Bundesratsbeschluss von 1993

Der Bundesrat hat am 30. Juni 1993 im Rahmen der „Massnahmen zur marktwirtschaftlichen Erneuerung - Beseitigung technischer Handelshemmnisse“ u. a. beschlossen, die schweizerischen Bau- und Ausrüstungsvorschriften für Motorfahrzeuge dem EG-Recht anzupassen. Der dabei erteilte Auftrag, die bestehenden Produktvorschriften auf Gesetzes- und Verordnungsstufe auf ihre Verträglichkeit mit dem EG-Recht zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen, führte zur Schaffung des Bundesgesetzes vom 6. Oktober 1995 über die technischen Handelshemmnisse (THG).

Spezielle Vorschriften zum Einbau von Ausrüstungsgegenständen in schweizerischen Motorfahrzeugen würden deshalb dem oben erwähnten Bundesratsbeschluss und dem THG zuwiderlaufen, da neue Fahrzeuge bereits im Herstellerwerk speziell für die Schweiz gebaut und ausgerüstet werden müssten.

B 8.3 Beurteilung verschiedener Elemente

Feuerlöscher / Feuerlöschanlagen

Bewährte Feuerlöscher und Feuerlöschanlagen sind auf dem Markt erhältlich. Feuerlöscher sind relativ kostengünstig. Der Einbau von Feuerlöschanlagen hingegen ist aufwendig und teuer; er würde zudem eine Benachteiligung des schweizerischen Transportgewerbes darstellen. Die Effizienz richtet sich nach der Art des Brandes. Zur Sicherstellung der Funktionsbereitschaft müssen die Feuerlöscher und Feuerlöschanlagen einer regelmässigen Überprüfung durch entsprechende Fachleute unterzogen werden.

In der Schweiz sind Feuerlöscher in schweren Motorwagen zum Personentransport bereits heute vorgeschrieben. Spezielle Anforderungen gelten für Fahrzeuge für den Transport gefährlicher Güter.

Anordnung und Anforderungen an Treibstofftanks

Bei modernen Fahrzeugen ist der Einbauort von Treibstofftanks auf grösstmögliche Sicherheit bei Aufprallunfällen ausgelegt. Kraftstoffbehälter müssen so eingebaut sein, dass sie vor den Auswirkungen eines Aufpralls auf die Vorder- oder Rückseite des Fahrzeugs geschützt sind.

Die Anforderungen richten sich nach der EG-Richtlinie 70/221/EWG.

Motorleistung

Die mit Europa harmonisierte Vorschrift der Mindestmotorleistung von neu 5 kW (6,8 PS) je Tonne Fahrzeuggesamtgewicht anstelle der bisherigen 7,35 kW (10 PS) hat auf die Motor- resp. Abgastemperatur bei vollbeladenem Fahrzeug nur geringe Auswirkungen. Sollte z.B. durch eine Undichtigkeit am Motor Dieseltreibstoff, Benzin oder Öl austreten, welches sich entzünden könnte, ist es unwesentlich, ob der motornahe Auspuff eine Temperatur von 550°C oder 900°C aufweist. Die Selbstentzündungstemperatur von Dieseltreibstoff beträgt nämlich ca. 250°C, diejenige von Benzin ca. 350 - 400 °C. Undichtigkeiten sind so schnell wie möglich zu beseitigen. Austretende Treibstoffe oder austretendes Öl können sich sonst jederzeit selbst entzünden, ungeachtet des Betriebszustandes und der Motorleistung des Fahrzeugs.

Die Motorleistung ist dennoch ein Risikofaktor für die Tunnelsicherheit: Zu wenig starke Fahrzeuge können auf den Rampen zu den Alpentunneln ihre Geschwindigkeit nicht halten. Für die übrigen Verkehrsteilnehmer sind sie somit Hindernisse, die den normalen Verkehrsfluss beeinträchtigen und die Kapazität der Strasse reduzieren.

Turbolader

Die Behauptung, dass heisse Turbolader oft die Ursache für Fahrzeugbrände seien, fand in den bisherigen Abklärungen keine Bestätigung. Technische Mängel am Fahrzeug, vor allem Leckstellen mit austretendem Öl oder Treibstoff auf heisse Teile des Motors oder der Auspuffanlage, erhöhen jedoch die Gefahr eines Fahrzeugbrandes.

Bremsen

Laut AIPCR-Untersuchungen sind heisse Bremsen bei schweren Motorwagen oft die Ursache von Fahrzeugbränden. Massgeblich zur Fahrzeugsicherheit trägt hier die seriöse Wartung der Bremsen durch ausgewiesene Fachbetriebe bei (z.B. keine heisslaufenden Bremsen dank korrekter Bremsen-Nachstellung).

Videoanlagen für den Laderaum, Rauchmelder

Video-Überwachungsanlagen und Rauchmelder sind auf dem Markt erhältlich. Die Effizienz richtet sich nach der Art des Brandes. Die Ausrüstung ist teuer, ihr Einbau aufwendig.

Elektrische Anlage

An modernen Fahrzeugen sind sämtliche elektrischen Verbraucher über Sicherungen (Schmelzsicherungen, Sicherungsautomaten) geschaltet. Tritt ein Kurzschluss ein, schaltet sich der betroffene Stromkreis automatisch ab.

Spezielle Anforderungen gelten für Fahrzeuge für den Transport gefährlicher Güter.

Die geplanten jährlichen periodischen Nachkontrollen können helfen, elektrische Mängel frühzeitig zu erkennen.

Schalldämmung / Kapselung

Moderne Fahrzeuge haben immer strengeren Umwelt- und Lärmnormen zu genügen. Nebst konstruktiven Verbesserungen am Motor- und Antriebsstrang führt dies zu aufwendigen Geräuschkämpfungsmassnahmen, wie z.B. Motorkapselungen. Die dabei verwendeten Schalldämmmatten bestehen aus feuerhemmendem Material. Unter bestimmten Umständen können lose Schalldämmmatten trotzdem Feuer fangen, wenn sie über längere Zeit mit heissen Teilen des Motors oder mit der Auspuffanlage in Berührung stehen.

B 9 AUSWERTUNG DER ÜBERPRÜFUNGEN BEI DEN KANTONEN

B 9.1 Überprüfung des Betriebes

Die Tunnel Task Force hat die Schnittstellen zwischen dem betrieblichen Unterhalt, der Verkehrspolizei und der Ereignisdienste kontrolliert. Dabei wurden im Sommer und Herbst 1999 insbesondere die Einsatzkonzepte, die Einsatzachsen sowie die Fluchtmöglichkeiten der Verkehrsteilnehmer im Ereignisfall für alle Tunnel von mehr als 300 m Länge überprüft und analysiert.

Zu diesen Überprüfungen wurden jeweils beigezogen:

- Der Kant. Feuerwehrinspektor (als fachtechnisches Aufsichtsorgan über die Feuerwehren)
- Vertreter des zuständigen Feuerwehrkommandos (Kdt. / EL)
- Vertreter der zuständigen Kantonspolizei (Verkehrsabteilung und Alarmzentrale)
- Vertreter des Kant. Tiefbauamtes (zuständiger Strasseninspektor / Personal des betrieblichen Unterhaltes wie Werkhofchef / Verantwortliche für die Elektroanlagen und Lüftung)
- Allenfalls bereits bestimmte Tunnel-Sicherheitsbeauftragte.

Die Überprüfungen wurden in den örtlichen Tiefbauämtern, Werkhöfen, Polizeistützpunkten oder Feuerwehrstützpunkten durchgeführt. Die Ergebnisse der Überprüfungen können wie folgt zusammengefasst werden:

Einsatzplanung

Alle überprüften Feuerwehren sind im Besitze einer Einsatzplanung. Ausführung und Detailregelung sind aber sehr unterschiedlich. Je nach kantonalen Vorgaben existieren kantonale Checklisten und Alarmierungsabläufe oder selbsterstellte, pragmatische Arbeitspapiere. Konzepte nach StFV mit verschiedenen Szenarien und vorbereiteten Entschlüssen sind in den wenigsten Fällen vorhanden.

Einsatzpläne

Die Zuweisung der Nationalstrassenabschnitte ist in allen Fällen vorhanden. Die Einsatzachsen sind dabei unterschiedlich festgelegt: Sie reichen über genaue Zufahrtsschematas bis zur fallweise festgelegten mündlichen Weisung der zuständigen Polizeidienststelle.

Die Pläne der ausgeführten Bauwerke mit den Angaben von sicherheitsrelevanten Infrastrukturen (Kabelführungen, Kanalisationen, usw.) weisen sehr unterschiedliche Qualität in Bezug auf den Nachführungsstand auf. Vielerorts ist im Zusammenhang mit dem Vollzug der StFV mit dem Erstellen einer neuen Einsatzplanung resp. mit neuen, zweckmässigen Ausführungsplänen begonnen worden.

Einsatzleitung

In allen Kantonen ist die Gesamteinsatzleitung bei Grossereignissen festgelegt.

Pikettstellung

Für alle Einsatzdienste besteht ein funktionsfähiger Pikettdienst, der innerhalb nützlicher Frist über Telefon, Funk, SMT oder Pager aufgeboden werden kann. Dies gilt auch für die Gruppen des betrieblichen Unterhaltes (zuständig für elektro-mechanische Ausrüstungen und Tunnellüftung).

Alarmzentrale / Verkehrsüberwachung / elektro-mechanische Überwachung

Die Überwachung findet entweder in den Zentralen der NS-Polizeistützpunkte oder in den kantonalen Alarmzentralen der Polizei statt. Die Tunnellüftung wird automatisch mit verschiedenen Regimes gesteuert. Teilweise ist die Einflussnahme auf die Steuerung der Ventilation durch die Polizei möglich. Grössere Eingriffe werden jedoch vom ausgebildeten Personal des betrieblichen Unterhaltes durchgeführt.

Der NS-Polizeistützpunkt muss nicht mit der (Polizei-) Alarmstelle für die Feuerwehr identisch sein. Grössere Werkhöfe mit Tunnelanlagen haben eigene Kommandoräume, die aber normalerweise nur während der Arbeitszeit besetzt sind.

Unfalldatenbank / Branderereignisdatenbank

Zur Zeit besteht weder eine Tunnel- noch eine Brandereignisdatenbank, so dass keine gesamtschweizerischen Aussagen über die Unfall- und Brandhäufigkeit oder deren Ursachen in Tunneln oder an Fahrzeugen möglich sind.

Orts- und Anlagekenntnisse / Übungen

Sämtliche Einsatzleiter der Feuerwehren verfügen über die feuerwehrseitige Ortskenntnis. Anlagekenntnis über die verschiedenen Tunnellüftungen ist nur in Einzelfällen vorhanden.

Fluchtwege

Die Fluchtwege sind zur Zeit (wenn überhaupt) sehr unterschiedlich gekennzeichnet und gesichert. In zweiröhrigen Tunneln fehlt bei Querschlägen meist eine Sicherung gegen das Hinaustreten in die Gegenröhre.

Wasserbezugsorte

Alle über 600 Meter langen Tunnel besitzen eine funktionierende Löschwasserversorgung. Eine einheitliche Kennzeichnung der Hydranten und ein Standard für die optimale feuerwehreinsatztaktische Anordnung in den Portalbereichen (Lage/ Standort) ist nicht vorhanden.

Kommunikationsmittel

Telefon

Das als primäres Alarmierungsmittel zwischen Unfallort und Polizeizentrale dienende Notruftelefon der Nationalstrassen (SOS-Säulen) wird zunehmend durch die Mobiltelefonie abgelöst, mit dem Nachteil, dass der genaue Standort nicht überprüft werden kann.

Infolge der rasanten Verbreitung der Mobiltelefonie ist bei Grossereignissen eine Netzüberlastung zu befürchten, die auch den Einsatz von Mobiltelefonen durch die Ereignisdienste beeinträchtigt. Die für diese Fälle notwendige Priorisierung der Einsatzdienstnummern ist noch nicht überall erfolgt.

Funk

In den langen über 600 m Tunneln sind Funkantennen für die Polizei und den Unterhaltsdienst eingebaut. Für die Feuerwehren ist teilweise eine Antenne für den Kanal (Koordinationskanal) der Ereignisdienste vorhanden. Der Einbau eines für die Feuerwehren notwendigen Arbeitskanals ist nur in den seltensten Fällen vorgenommen worden.

Direkte UKW-Verbindung Polizei – Verkehrsteilnehmer in Tunneln über Radio

Das sog. Tunnel-Autoradio ist in Tunneln ab 1 km Länge eingebaut worden; es wird von der Swisscom im Auftrag der Radiostationen betrieben.

Videokameras

Die Verkehrsüberwachung mittels Videokameras als Ereignisdetektion ist ein relativ neues Medium in den Nationalstrassentunneln, für das noch keine einheitlichen Ausrüstungsvorschriften vorhanden sind. Die längeren Tunnel sind heute durchwegs damit ausgerüstet, in kürzeren Tunneln ist sie nicht vorhanden.

Hochleistungslüfter

Die in Europa 1999 neu auf den Markt gekommenen Geräte sind vor allem zum Schutz der Ereignisdienste und der Bauwerke sowie zum Einsatz in kurzen Tunneln und Eindeckungen, wo keine Lüftung besteht, gedacht. Hochleistungslüfter sind nicht als Ersatz für die installierte Tunnellüftung anzusehen.

Die heutigen Lüftungsanlagen sind so auf ein Brandereignis ausgelegt worden, dass sie Rauch und toxische Gase möglichst rasch absaugen oder ausblasen. Das entsprechende Brandlüftungsregime ist somit beim Eintreffen der Ereignisdienste bereits in Betrieb. Eine Intervention mit einem zusätzlichen mobilen Ventilator kann deshalb zu Problemen führen. Es ist unumgänglich, dass die Ereignisdienste die je nach Luftströmungsrichtung und je nach Ort des Ereignisses unterschiedlichen Brandlüftungsregimes in ihr Einsatzdispositiv einbeziehen.

Insgesamt stehen zur Zeit sechs Stützpunkten neue, mobile Hochleistungslüfter zur Verfügung.

Da es sich um ein neuartiges Gerät handelt, sind bis heute nur wenige Gerätetypen als Serienproduktion auf dem Markt, so dass weder zur Gerätewahl noch zur Einsatztauglichkeit aussagekräftige Erfahrungswerte vorhanden sind.

Langzeitemschutzgeräte

Bis auf zwei Stützpunkte (in einem Kanton) verfügen alle Feuerwehren über die vom Schweizerischen Feuerwehrverband für Tunnelrettungen vorgeschriebenen (Langzeit-) Kreislaufgeräte.

B 9.2 Überprüfung der Infrastruktur

Die Nationalstrassen- und Hauptstrassentunnel müssen wie folgt ausgerüstet sein:

- Energieversorgung mit Notstrom für die Steuerung der sicherheitsrelevanten Ausrüstungen
- Beleuchtungseinrichtung mit Adaptations- und Durchfahrtsleuchten, im Ereignisfall auf Normalbeleuchtung schaltbar
- Brandnotbeleuchtung mit automatischer Einschaltung bei Brandalarm
- Lüftungseinrichtung mit Längs- oder Halbquer-/Querlüftung mit automatischem Funktionsablauf sowie den notwendigen baulichen Ablufteinrichtungen
- Signalisationseinrichtung mit ereignisgesteuerter Lichtsignalanlage (Tunnelrot)
- Mess- und Ueberwachungssystem mit Branddetektion
- Notrufeinrichtung mit Telefon und Feuerlöscher in Alarmkasten
- Kommunikationsausrüstungen zur Übertragung der Meldungen, Informationen und Störungen in die Zentrale
- Neuere Nationalstrassentunnel ab ca. 1 km Länge sind zusätzlich mit Folgendem ausgerüstet:
 - Funkverbindungssysteme für Polizei, Unterhalt und zum Teil für Rettungsdienste
 - Radioversorgung mit Einsprech- bzw. Durchsagemöglichkeiten
 - Videoüberwachung mit Ereignisdetektion.

Um zu überprüfen, welche dieser Sicherheitsausrüstungen vorhanden sind, wurde den Kantonen eine Checkliste zur Beantwortung zugestellt. Darin waren die oben aufgelisteten Ausrüstungen, deren regelmässige Funktionskontrolle sowie das Vorhandensein von Fluchtwegen, Schutzräumen und Hydrantenleitungen zu beurteilen.

Nach der **Auswertung** der Überprüfung durch das **ASTRA** wurden die Tunnel in drei Kategorien eingeteilt:

- | | |
|----------------------------|--|
| • in Ordnung | gemäss Richtlinien notwendige Ausrüstungen wurden erstellt und ihre Funktionstüchtigkeit wird periodisch überprüft |
| • zu überprüfen | Die Ausrüstung muss bezüglich Vollständigkeit und Funktion vor Ort überprüft werden |
| • eine Massnahme ist nötig | Ausrüstungen müssen ergänzt werden. |

Ein Tunnel wird jeweils erst als in Ordnung (i.O.) eingestuft, wenn alle gemäss Richtlinien notwendigen Ausrüstungen vorhanden sind und deren Funktionsfähigkeit periodisch überprüft wird.

Die Auswertung bezog sich auf 28 einröhrige Tunnel mit 196 Ausrüstungen, auf 21 zweiröhrige Tunnel in städtischen Verhältnissen mit 147 Ausrüstungen, auf 31 weitere zweiröhrige Tunnel mit 217 Ausrüstungen sowie auf 22 Hauptstrassentunnel mit 157 Ausrüstungen. Sie ergab folgende Resultate:

	Anzahl Tunnel > 600m Länge				Anzahl Ausrüstungen			
	Total	i.O.	zu prüfen	Massnahme nötig	Total	i.O.	zu prüfen	Massnahme nötig
Einröhrige Tunnel	28	12	13	3	196	171	22 ¹	3 ²
Zweiröhrige Tunnel in städtischen Verhältnissen oder mit Staugefahr	21	19	1	1	147	144	2 ³	1 ²
Übrige zweiröhrige Tunnel	31	27	4	0	217	213	4 ⁴	0
Hauptstrassentunnel	22	10	12	0	154	117	37 ¹	0
Total	102	68	30	4	714	645	65	4
Legende: 1 Überprüfung der Lüftung, Abluftschlitze sowie Notwendigkeit einer Brandmeldeanlage, Lichtsignalanlage, Brandnotleuchten, UKW und Funk, Fluchtwege 2 Nachrüsten mit Brandnotbeleuchtung 3 Überprüfung der Lüftung, Notwendigkeit von Brandnotleuchten 4 Überprüfung der Lüftung, Abluftschlitze								

Die Übersicht zeigt, dass laut den Untersuchungen der Task Force der grösste Teil der Ausrüstungen im Sommer 1999 in Ordnung war.

In Prozenten ausgedrückt:

90.0 % der Ausrüstungen bzw. 67.0 % der Tunnel waren in Ordnung.
 9.4 % der Ausrüstungen bzw. 29.0 % der Tunnel waren näher zu prüfen.
 0.6 % der Ausrüstungen bzw. 4.0 % der Tunnel benötigten eine Massnahme.

Bei den 4 Tunneln San Bernardino, Rofla, Bärenburg und Viamala (alle auf der A 13 im Kanton Graubünden) fehlte die Brandnotbeleuchtung. Der Tunnel Viamala wurde bis Ende März 2000, die Tunnel Rofla und Bärenburg werden bis Ende Juni 2000 nachgerüstet. Der San Bernardino Tunnel wird bereits heute einer umfassenden Sanierung unterzogen und entsprechend den heutigen Sicherheitsanforderungen nachgerüstet.

Kapitel C

MASSNAHMEN

EINLEITUNG

Die Task Force erhielt als Ziel, unter Beachtung der Nachhaltigkeit, eine **optimale** Sicherheit in Strassentunneln zu gewährleisten.

Die **Sicherheit** der Strassentunnel lässt sich durch Einzelmassnahmen **beeinflussen**.

Im Zwischenbericht vom August 1999 hatte die Task Force ihre Vorschläge in drei Kategorien eingeteilt, und zwar in solche, die eingeführt, näher geprüft oder abgelehnt werden sollten. Seit dem Erscheinen des Zwischenberichts sind zahlreiche Untersuchungen und Expertenbefragungen eingeleitet und ausgewertet worden. Neue oder vertiefte Kenntnisse haben es erlaubt, frühere Stellungnahmen kritisch zu hinterfragen und neu zu bewerten. Die Zusammenarbeit mit den Alpenländern stellte zudem sicher, dass die Vorschläge der Task Force international abgestimmt wurden.

Nach Konsultation des Lenkungsausschusses ist die Tunnel Task Force nun in der Lage, mit dem Schlussbericht klar Stellung zu beziehen und einen Katalog von Massnahmen vorzuschlagen.

Die Massnahmen wurden nach folgenden **Kriterien** geprüft:

- nach der **Wirksamkeit** in bezug auf Reduktion der Risiken
- nach den nötigen **finanziellen Mitteln** und ihrer Verfügbarkeit
- nach dem **Zeitbedarf** zur Umsetzung
- nach den **rechtlichen Voraussetzungen** und der Europa-Kompatibilität
- nach der **Durchsetzbarkeit** der Massnahme
- nach der Verfügbarkeit und Verlässlichkeit der **Technologie**.

Für aufwendige oder komplexe Massnahmen ist es notwendig, Zweckmässigkeitsprüfungen, Kosten-/Nutzenanalysen oder andere geeignete gleichwertige Untersuchungen durchzuführen.

Die Einzelmassnahmen wurden den vier Einflussfaktoren der Tunnelsicherheit **Verkehrsteilnehmer, Betrieb, Infrastruktur** und **Fahrzeuge** zugeordnet.

Gemäss einem Bericht der OECD ist das **Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmern die Hauptursache für 95% der Unfälle**. Es ist somit sinnvoll, die Massnahmen für die optimale Tunnelsicherheit vor allem auf das Gebiet der Verkehrsteilnehmer mit Verkehrserziehung, Ausbildung und Führerprüfung, Information, Vorschriften, Kontrollen und Strafen zu konzentrieren.

C 1 MASSNAHMEN BEI VERKEHSTEILNEHMENRINNEN UND VERKEHRSTEILNEHMERN

C 1.1 Massnahmen im Einzelnen

Massnahme 1.01

Die Führerprüfung soll mit spezifischen Fragen zum Verhalten bei Stau und Brand im Tunnel ergänzt werden.

Im Rahmen des obligatorischen Verkehrskunde-Unterrichts werden die Fahrschüler zu einer defensiven und verantwortungsbewussten Fahrweise motiviert. Dazu gehören selbstverständlich schon heute Hinweise auf das richtige Verhalten in besonderen Situationen (in Staus, bei einem Brandfall, im Tunnel).

Wie man sich in einem Tunnel bei einem Stau oder im Brandfall richtig verhält, kann man nicht in der Praxis üben! Dagegen scheint es möglich und zweckmässig, im theoretischen Teil der Führerprüfung mit spezifischen Fragen auf die Besonderheiten von Stau und Brand im Tunnel einzugehen.

Massnahme 1.02

Dem Verkehrsteilnehmer wird dringend empfohlen, beim Brand seines Fahrzeuges, wenn immer möglich, aus dem Tunnel hinauszufahren.

Bei einem Brand seines eigenen Fahrzeuges sollte der Verkehrsteilnehmer möglichst aus dem Tunnel hinausfahren.

Diese Empfehlung ist sowohl in den Informationskampagnen als auch in der Ausbildung der Verkehrsteilnehmer zu vermitteln.

Massnahme 1.03

Die Kontrollen des Schwerverkehrs und der Gefahrguttransporte sollen intensiviert werden. Entsprechende finanzielle Mittel sind zur Verfügung zu stellen.

Für Gefahrguttransporte bestehen bereits weitgehende Vorschriften, welche sich auf den Versender, Transporteur, Halter, Führer und Empfänger beziehen. Sie kommen jedoch nur dann zum Tragen, wenn sie auch durchgesetzt werden.

Die Strassenverkehrskontrollen und die Kontrollen der Gefahrguttransporte müssen sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht intensiviert werden.

Ausserdem können die Kontrollen durch technische Mittel (Durchleuchten der Ladungen, On-Line-Anschlüsse an Informationssysteme, Detektionsgeräte) verstärkt werden. Die Kennzeichnung des Fahrzeugs und der Ladung per GPS (Global Positioning System) ermöglicht es, den Transport jederzeit räumlich zu verfolgen.

Als flankierende Massnahme zum Landverkehrsabkommen mit der EU werden die Schwerververkehrskontrollen intensiviert. Dies hat eine finanzielle Mehrbelastung der Kantone zu Folge. Der Bund richtet deshalb jenen Kantonen, die vermehrt Schwerververkehrskontrollen durchführen, Beiträge aus, deren Höhe in Leistungsvereinbarungen festgelegt wird.

Massnahme 1.04

Die Ausbildung der Lenker von Gefahrguttransporten soll mit speziellen Aspekten des Verhaltens in Tunneln ergänzt werden.

Alle Lenker von Gefahrguttransporten müssen bereits heute eine spezielle Ausbildung absolvieren, die mit einer Prüfung abgeschlossen wird. Erfolgreiche Kandidaten erhalten eine ADR-Bescheinigung. Sie müssen alle fünf Jahre einen Wiederholungskurs besuchen und wiederum eine Prüfung ablegen, um von ihrer ADR-Bescheinigung weiterhin Gebrauch machen zu können.

Die spezifischen Fragen rund um das richtige Verhalten in Strassentunneln sollen künftig in die Ausbildung einbezogen werden.

Massnahme 1.05

Die Lastwagenführer sollen periodisch über sicherheitsrelevante Fahrzeug- und Ausrüstungskenntnisse geprüft werden.

Alle Lastwagenführer sollten über genügend sicherheitsrelevante Fahrzeug- und Fahrzeugausrüstungs-Kenntnisse verfügen, damit sie diese in der Praxis umsetzen können.

Internationale Vorstösse, die eine periodische Prüfung (**alle 5 Jahre**) aller Lastwagenführer über solche Kenntnisse anstreben, sollen unterstützt werden.

Massnahme 1.06

Die Vorschriften für die Gefahrguttransporte durch Tunnel sollen international verschärft werden.

Für die Gefahrguttransporte bestehen bereits weitgehende Einschränkungen. Die Gefahrguttransporte durch Tunnel können jedoch wegen der Freiheit in der Wahl des geeigneten Transportmittels nicht grundsätzlich verboten werden. Es soll aber angestrebt werden, die bestehenden Einschränkungen weiter zu verschärfen.

Massnahme 1.07

Für den Transport von besonders gefährlichen Gütern soll im Einzelfall die Bildung von Konvois und eine Begleitung vorgeschrieben werden können.

Die zeitliche Einschränkung der Transporte von besonders gefährlichen Gütern, die Bildung von Konvois und die obligatorische Begleitung der Transporte ermöglichen eine erhöhte Einsatzbereitschaft von Polizei und Ereignisdiensten. Damit können die Risiken und die negativen Auswirkungen von Ereignissen eingeschränkt werden.

Konvois setzen jedoch geeignete Ausstellflächen für wartende Fahrzeuge voraus.

Massnahme 1.08

In mehrspurigen Tunneln soll fallweise ein Überholverbot für Lastwagen angeordnet werden können.

In Tunneln, in denen in einer Fahrrichtung nur ein Fahrstreifen zu Verfügung steht, ist das Überholen nach geltendem Recht untersagt, und zwar für alle Fahrzeugarten. In mehrspurigen Tunneln soll ein Überholverbot für Lastwagen in gewissen Fällen eine Verbesserung der Verkehrssicherheit bringen, z. B. in Tunneln mit Steigungen über 3 %. Dieses Überholverbot soll im Einzelfall durch Signale angeordnet werden.

Als allgemeine Verkehrsregel dürfte ein solches Überholverbot nicht die gewünschte Wirkung entwickeln. Ein **generelles Überholverbot für Lastwagen** soll deshalb **abgelehnt** werden.

Massnahme 1.09

Den Verkehrsteilnehmern wird empfohlen, bei einem Stau im Tunnel einen ausreichenden Sicherheitsabstand einzuhalten.

Nach der Verkehrsregelnverordnung hat der Fahrzeugführer beim Fahren einen ausreichenden Abstand zu wahren, so dass er auch bei überraschendem Bremsen des voranfahrenden Fahrzeugs rechtzeitig anhalten kann.

Bei Staus in Tunneln soll der gleiche Abstand (20 – 50 m) eingehalten werden.

Massnahme 1.10

Die vorgeschlagene Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit der Lastwagen in Tunneln auf 60 km/h soll abgelehnt werden.

Gemäss geltendem Recht beträgt die Höchstgeschwindigkeit der Lastwagen auf Autobahnen und Autostrassen 80 km/h. Eine Herabsetzung dieser Höchstgeschwindigkeit auf Tunnelstrecken hätte den Effekt, dass alle Fahrzeuge sich bei Tunneln mit nur einem Fahrstreifen den langsamen Lastwagen anpassen müssten (Staugefahr). In mehrspurigen Tunneln dürfte eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h ohnehin keine grössere Sicherheit bringen.

Massnahme 1.11

Die generelle Abstandsvorschrift von 100 m zwischen Lastwagen in Tunneln soll abgelehnt werden.

Ein speziell grosser Sicherheitsabstand von 100 m in Tunneln ist nicht notwendig und kaum sinnvoll. Eine solche allgemeine Vorschrift würde dazu führen, dass die Fahrzeuge bei der Einfahrt in den Tunnel den vorher korrekten Abstand von etwa 45 m mehr als verdoppeln und ihr Tempo entsprechend reduzieren müssten. Dieses Verlangsamen würde sich nach hinten verstärken (sog. Ziehharmonika-Effekt) und schliesslich zu einem Verkehrsstau mit allen Nachteilen für die Verkehrssicherheit und den Umweltschutz führen. In Tunneln mit mehr als einem Fahrstreifen in einer Richtung würden die 100 m langen Lücken ohnehin immer wieder durch leichte Fahrzeuge besetzt, was den Wert des speziell grossen Abstands zunichte machen und die Gefahren von Kollisionen vergrössern würde.

Die Massnahme soll jedoch in Einzelfällen Anwendung finden können, wie dies in Frankreich und Italien bereits getestet wird. Eine internationale Abstimmung wird stattfinden müssen.

C 2 MASSNAHMEN IM BETRIEB

C 2.1 Überblick

Für die Sicherheit in Tunneln ist, wie schon mehrfach betont, in erster Linie das Verhalten der Verkehrsteilnehmer massgebend.

Bei einem **Unfall** oder einem **Brand** spielen die Organisation, die Einsatzkonzepte, sowie die Ausbildung und die Ausrüstung der Ereignisdienste eine massgebende **Rolle**.

C 2.2 Massnahmen im Einzelnen

Massnahme 2.01

Es soll eine schweizerische Überprüfungsstelle für die koordinierte Ereignisbewältigung in Strassentunneln geschaffen werden.

Diese Überprüfungsstelle, für welche zu allererst die rechtlichen und finanziellen Grundlagen geschaffen werden müssen, soll folgende Aufgaben und Kompetenzen haben:

- Erlass von Vorschriften für die Sicherheitsüberprüfungen von Tunneln;
- Überprüfung der Organisation, der Einsatzkonzepte, der Ausbildung und Ausrüstung der Ereignisdienste in Zusammenarbeit mit den Sicherheitsbeauftragten;
- Erlass von Anforderungen für die Sicherheitsbeauftragten;
- Durchsetzung der erforderlichen Massnahmen;
- Kompetenz für Tunnelsperrungen zu Ausbildungszwecken der Ereignisdienste und für Brandversuche.

Massnahme 2.02

Für jeden Tunnel von mehr als 600 m Länge soll ein Sicherheitsbeauftragter ernannt werden.

Der Sicherheitsbeauftragte muss mit den notwendigen Kompetenzen und Weisungsbefugnissen beim Betrieb und bei der Polizei ausgestattet sein und soll folgende Aufgaben haben:

- Planen der Organisation der Ereignisdienste und deren Einsatzkonzepte;
- Planen, Durchführen und Auswerten von Einsatzübungen;
- Mitbestimmen bei der Festlegung der Sicherheitskonzepte und der Infrastrukturausrüstungen (Neubauten und Änderungen);
- Ausbilden des Personals des betrieblichen Unterhalts, der Verkehrspolizei und der Ereignisdienste;
- Mitwirken bei der Tunnelabnahme (baulicher Teil und Ausrüstungen).

Bundesbeiträge an den Betrieb sollen nur dann ausbezahlt werden, wenn der Sicherheitsbeauftragte bestätigt, dass nachgeführte Unterhaltungspflichtenhefte und -pläne bei der Werkabnahme abgegeben wurden.

Der Unterhalt und die Wartung der Ausrüstung dient der Betriebssicherheit der Tunnels und somit auch der Sicherheit der Verkehrsteilnehmerinnen und der Verkehrsteilnehmer.

Massnahme 2.03

Für die periodische Durchführung von wirklichkeitsnahen Übungen von Brand- und Rettungseinsätzen in Tunneln sollen Rechtsgrundlagen und Richtlinien erlassen werden.

- Die Übungsanlage soll realistisch sein und den definierten Ereignisszenarien entsprechen;
- Die Übungen müssen nachvollziehbare Resultate liefern;
- Die entsprechende Planung muss mit den Spezialisten der Unterhalts- und Ereignisdienste erfolgen, um Schäden am Objekt zu vermeiden und Verkehrsstörungen möglichst gering zu halten.

Massnahme 2.04

Ausserhalb des Strassennetzes soll ein Tunnel für Übungen und Versuche erstellt oder zur Verfügung gestellt werden.

Der besonderen Aufgabe der Rettung auf Strassen und in Tunneln muss vermehrte Beachtung geschenkt werden. Es fehlen insbesondere die realen Ausbildungsmöglichkeiten am Objekt, da wegen Feuerwehr- und Rettungsübungen in der Regel ein Tunnel nicht geschlossen werden kann.

Kostenfolge (nach den bestehenden Rechtsgrundlagen zwischen Bund und Kantonen zu bezahlen)

Investitionskosten geschätzt	30 Mio. Franken
Jährliche Betriebskosten geschätzt	4 Mio. Franken
Tunnelspezifische Ausbildung der Ereignisdienste pro Jahr	1,3 Mio. Franken

Infolge der hohen Investitions- und Betriebskosten soll eine internationale Trägerschaft gesucht werden. Hierfür sind die entsprechenden Rechtsgrundlagen auszuarbeiten.

Massnahme 2.05

Alle Brände in Tunneln sollen erfasst und ausgewertet werden.

Zur Zeit besteht weder eine Tunnelunfalldatenbank noch eine Brandereignisdatenbank, so dass keine gesamtschweizerischen Aussagen über die Unfall- und Brandhäufigkeit in Tunneln oder an Fahrzeugen oder über deren Ursachen möglich sind.

Massnahme 2.06

Die Einsatztauglichkeit von Hochleistungslüftern soll geprüft und ein gesamtschweizerisches Beschaffungskonzept erarbeitet werden.

Hochleistungslüfter sind nur zur Sicherheit der Einsatzdienste und für deren zeitgemässe Einsatztechnik vor allem in Tunneln ohne Lüftungsausrüstung zu empfehlen.

Kostenfolge: (nach den bestehenden Rechtsgrundlagen zwischen Bund und Kantonen zu bezahlen)

20 Hochleistungslüfter	4 Mio. Franken
------------------------	----------------

Massnahme 2.07

Die Ausrüstungen der Tunnelfeuerwehren sollen mit einer Wärmebildkamera pro Stützpunkt ergänzt werden.

Die Wärmebildkamera ist zur Sicherheit der Einsatzdienste und für deren zeitgemässe Einsatztechnik zu empfehlen. Die Wärmebildkamera erlaubt, ein Feuer als Hitzequelle selbst in dickem Rauch zu orten. Die Feuerwehr kann deshalb mit Wärmebildkameras zielgerichtet zum Brandort vordringen und das Feuer effizient bekämpfen.

Kostenfolge: (nach den bestehenden Rechtsgrundlagen zwischen Bund und Kantonen zu bezahlen)

60 Wärmebildkameras

2 Mio. Franken

Massnahme 2.08

Reduktionen von Fahrspuren sind grundsätzlich vor den Tunnelportalen vorzunehmen.

Plötzliche Reduktionen oder Sperrungen von **Fahrspuren** infolge Baustellen in Tunneln sind möglichst zu vermeiden. Die entsprechende Signalisation und Spurenreduktion muss vor den Tunnelportalen erfolgen.

C 3 MASSNAHMEN BEI DER INFRASTRUKTUR

C 3.1 Überblick

Die Infrastruktur wird aufgeteilt in **Bau** und **Ausrüstung**.

Zu den sicherheitsrelevanten Elementen der **baulichen Infrastruktur** gehören:

Anzahl Tunnelröhren, Fluchtwege, Zufahrtsmöglichkeiten für den Ereignisfall, Querschnittsgestaltung, Ausstellbuchten, Werkleitungskanäle.

Zu den sicherheitsrelevanten Elementen der **Ausrüstung** gehören:

Tunnellüftung, Tunnelbeleuchtung, Zustands- und Ereignisdetektion, Benutzerwarnung und Benutzerleitung, Gefahrenminderung und Gefahrenbeseitigung.

C 3.2 Massnahmen im Einzelnen

Massnahme 3.01

Die bestehenden Richtlinien für einröhrige Tunnel werden überarbeitet und mit dem Ausland abgestimmt. Sie legen verbindlich fest, unter welchen Bedingungen Fluchtwege erforderlich sind.

Bei einröhrigen Tunneln führt die Erstellung **von Fluchtwegen oder eines Sicherheitsstollens** zu namhaften **Kosten**. Deshalb muss sorgfältig geprüft werden, ob solche Bauwerke für die Risikominderung erforderlich **sind** oder ob nicht eine gesamthaft vergleichbare Risikominderung durch andere, kostengünstigere Massnahmen zu erreichen ist.

Wesentliche Kriterien sind dabei die Verkehrsbelastung, die Tunnellänge und die Art der Lüftung. Moderne leistungsfähige **Halbquerlüftungen** mit **Abluftklappen** verhindern eine Rauchausbreitung, so dass der Fahrraum als Fluchtweg in den meisten Fällen brauchbar bleibt.

Für einröhrige Tunnel mit einer **Lüftung mit Zwischendecke** sind deshalb keine zusätzlichen Fluchtwege vorzusehen. Dies entspricht den heutigen Anforderungen in Österreich und der Schweiz. Unter den vier Alpenländern bestehen hiezu aber unterschiedliche Ansichten, die bis jetzt noch nicht vereinheitlicht werden konnten.

Gemäss Absprache unter den Alpenländern Frankreich, Italien, Österreich und der Schweiz soll dort, wo kurz- oder langfristig ein Tunnel mit zwei Röhren geplant ist, im Profil der geplanten zweiten Röhre ein Sondier- oder Pilotstollen erstellt werden, der bis zum Bau der zweiten Röhre als Fluchstollen genutzt werden kann.

Weiter sind sich die Alpenländer darin einig, dass Schutzräume ohne Ausgang über Fluchtwege ins Freie ein zu grosses Sicherheitsrisiko darstellen. Auf den Bau solcher Anlagen soll deshalb verzichtet werden.

Massnahme 3.02

In zweiröhrigen Tunneln soll bei Ereignissen in der einen Röhre die zweite Röhre weiterhin als Fluchtweg benutzt werden.

Bei zweiröhrigen Tunneln ist die Erstellung der Querverbindungen, welche bei Ereignissen in einer Röhre die Flucht durch die zweite Röhre ermöglichen, eine wirksame und sehr kostengünstige Massnahme:

- Die Röhren werden **mindestens** alle 300 m durch begehbare Querverbindungen miteinander verbunden;
- Im Ereignisfall wird der Verkehr so gesteuert, dass die Gegenröhre als Fluchtweg benützt werden kann.

Massnahme 3.03

Die bisherige Funktion der Querverbindungen als Zufahrtsmöglichkeiten für die Ereignisdienste wurde überprüft und bestätigt.

Es ist weiterhin alle 300 m ein begehbarer Querschlag und alle 900 m ein für die Ereignisdienste befahrbarer Querschlag vorzusehen.

Für den Zugang der Ereignisdienste bestehen bei zweiröhrigen Tunneln alle 900 m für Fahrzeuge befahrbare Querverbindungen. Bei einröhrigen Tunneln ist nur dort ein zusätzlicher Zugang möglich, wo ein Sicherheitsstollen oder ein Fluchtweg ins Freie führt.

Die Zufahrt zu den Portalen, zu den Querschlägen und bei einröhrigen Tunneln zum Ereignisort wird durch eine entsprechende Verkehrsbeeinflussung geregelt. Es ist noch zu prüfen, inwieweit diese Zufahrt im erforderlichen Ausmass sichergestellt ist.

Massnahme 3.04

Vor den Tunnelportalen sollen, wenn immer möglich, Mittelstreifenüberfahrten eingerichtet werden.

Damit die Ereignisdienste unmittelbaren Zugang zu den jeweiligen Tunnelröhren haben, sollen vor den Tunnelportalen wenn immer möglich Mittelstreifenüberfahrten vorhanden sein.

Massnahme 3.05

Die Zahl der Tunnelröhren soll in erster Linie anhand der prognostizierten Verkehrsbelastung festgelegt werden.

Bei geringen Verkehrsbelastungen wird eine Tunnelröhre, bei hohen Verkehrsbelastungen werden zwei Tunnelröhren erstellt.

Die Festlegung der Anzahl Röhren nach der prognostizierten Verkehrsbelastung ist zweckmässig. Ausnahmsweise können auch die Tunnellänge und die Topographie den Entscheid für eine oder zwei Röhren beeinflussen.

Massnahme 3.06

Die Richtlinie für die Dimensionierung und den Betrieb von Tunnellüftungen wird fertiggestellt.

Die Richtlinie legt Kriterien für ihre Anwendung und zeitliche Umsetzung in bestehenden Tunneln fest. Sie orientiert sich an folgenden, aufgrund von Messkampagnen und Brandversuchen festgelegten Grundsätzen:

- Möglichst rasche Ereignisdetektion;
- Im Brandfall muss eine brandabschnittsbezogene Rauchabsaugung erfolgen;
- Die Längsgeschwindigkeit der Tunnelluft muss beeinflusst werden können;
- Eine bestehende Rauchsichtung ist möglichst zu erhalten.

Bei neuen Tunnelprojekten fliessen die Grundsätze der Richtlinie bereits in die Projektierung ein.

Massnahme 3.07

Die Richtlinie für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Brandversuchen in Tunneln wird international abgestimmt.

Bis zum Vorliegen dieser Richtlinie unterliegen Brandversuche in Tunneln der Bewilligung des ASTRA.

Bei den Alpenländern bestehen zur Zeit keine solchen Richtlinien. Aufgrund der neuen Lüftungsrichtlinie ist es jedoch angezeigt, Richtlinien für derartige Versuche international abzustimmen.

Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Brandversuchen stellen sehr hohe Anforderungen und setzen umfassende Kenntnisse der physikalischen Gesetze in Tunneln voraus, um daraus zuverlässige und sinnvolle Schlussfolgerungen ziehen zu können. Entsprechend hoch sind die Kosten und die Möglichkeiten von Fehlinterpretationen. Brandversuche liefern jedoch massgebliche Informationen für die Auslegung und das Verhalten der Lüftung.

Eine internationale Koordination ist deshalb angezeigt und anzustreben.

Massnahme 3.08

Die Richtlinien und Anforderungen für die Ausrüstung der Tunnel werden dem Stand der Technik angepasst.

Heute bestehen Richtlinien für folgende Ausrüstungen:

- Energieversorgung, Notruftelefone, Verkehrssignalisation, Beleuchtung, Ventilation (Lüftung).

Die bestehenden Richtlinien werden überarbeitet und für folgende Ausrüstungen ergänzt:

- Mess- und Überwachungssystem, zentrale Kommunikation und Information, Kabelverbindungen, Nebenausrüstung, elektro-mechanisch bedingte bauliche Anlagen.

Es sollen Kriterien für die Anwendung und zeitliche Umsetzung dieser Richtlinien in bestehenden Tunneln sowie die integrale Funktionsüberprüfung festgelegt werden.

Eine Überprüfung der Richtlinien wird durch neue technische oder sicherheitsrelevante Erkenntnisse ausgelöst.

Die Richtlinien sollen u.a. folgende Punkte regeln:

- Kennzeichnung der Fluchtwege, SOS-Nischen und Löscheinrichtungen;
- Systematische Installation von Löscheinrichtungen in den Tunneln und vor den Tunnelportalen;
- Nachrüstung der Tunnel mit Feuerwehrfunk (Arbeitskanal Stützpunkte). "Andockmöglichkeiten" des Feuerwehrfunks an den Notrufstationen;
- Nachrüstung der Tunnel ab 600 m Länge mit Videoüberwachung;
- Ausführungsvorschriften bezüglich gesicherter Lage von Hoch- und Niederspannungskabeln (Strom, Funk, Radio).

Feuerwehrinstanzen sollten für die Sicherheitsbelange vermehrt bereits in der Projektierungsphase beigezogen werden.

Die Richtlinien müssen international abgestützt werden.

Massnahme 3.09

Die **Signalisation** der nach aussen führenden **Fluchtwege** soll international vereinheitlicht werden.

Es wird vorgeschlagen, retroreflektierende oder innenbeleuchtete Schilder in genügender Grösse auf Augenhöhe und eventuell auch eine Bodenbemalung auf dem Bankett anzubringen. Diese Signalisation muss international abgestimmt werden.

Massnahme 3.10

Der Einsatz fester **Löschinstallationen** ist im konkreten Einzelfall zu prüfen.

Sprinkler oder ansteuerbare Sprühflutsysteme werden immer wieder als geeignete Ausrüstungen propagiert. Als Wirkungsweise wird angegeben, dass die Brandstelle sofort massiv gekühlt würde, hohe Temperaturen somit nicht erreicht würden, das Ereignis weitgehend auf den Entstehungsort beschränkt würde und die Rauchbildung und die Toxizität der Brandgase günstig beeinflusst würde.

Dies trifft jedoch heute noch nicht zu, weshalb Sprinkler in Tunneln bisher in der Schweiz nicht und im Ausland nur ausnahmsweise erstellt wurden. Die wenigen im Ausland installierten Ausrüstungen dürfen jedoch gemäss den zuständigen Betriebsdiensten nur präventiv, also nur zur Kühlung noch nicht brennender Fahrzeuge eingesetzt werden, da in Feuernähe heisser Dampf oder gar durch eine Verbindung von Wasser und gefährlichem Transportgut explosionsgefährliche Gase entstehen könnten.

Die Funktionskontrolle der Anlage und das Problem der Fehlalarme sind noch nicht gelöst. Der Unterhalt kann sehr teuer werden.

Gemäss Absprache unter den Alpenländern und im Einklang mit dem AIPCR soll auf **Sprinkler** in Tunneln vorläufig verzichtet werden.

Massnahme 3.11

Der Vorschlag, aus Sicherheitsgründen eine zweite Tunnelröhre am Gotthard zu erstellen, soll abgelehnt werden.

Bezüglich Möglichkeiten zur Selbstrettung der Tunnelbenützer ist die Situation am Gotthard als gut zu bezeichnen. Aus diesem Grund ist aus Sicherheitsgründen keine zweite Röhre nötig.

C 3.3 Kosten der Massnahmen der Infrastruktur

Etliche Tunnel des Nationalstrassennetzes wurden zwischen 1960 und 1970 erstellt. In jener Zeit war der erste PC noch 10 Jahre entfernt. Seither ist aber die technische Entwicklung, insbesondere auf dem Gebiet der Elektronik und der Steuerung der Tunnelausrüstung, rasant vorangekommen. Konsequenz dieses Fortschrittes ist, dass die elektro-mechanische Ausrüstung der Tunnel schon nach relativ kurzer Zeit technisch überholt ist. Sie muss daher alle 10 – 15 Jahre ausgewechselt werden, was mit entsprechenden Kostenfolgen verbunden ist.

Im weiteren ist geplant, bestehende Tunnelausrüstungen mit den modernen, ferngesteuerten Brandklappen auszurüsten. Dies wird im Rahmen des langfristigen Programmes für Tunnelsanierungen erfolgen.

Angesichts der notwendigen Erneuerungen bei Tunnelausrüstungen sind folglich über die nächsten 5 Jahre im Budget des Unterhalts der Nationalstrassen **zusätzliche Investitionen von 80 bis 100 Mio. Franken jährlich** vorzusehen.

C 4 MASSNAHMEN BEI DEN FAHRZEUGEN

C 4.1 Überblick

Massnahmen bei den Fahrzeugen zur Verbesserung der Sicherheit in Strassentunneln beziehen sich auf den **Bau und die Ausrüstung** sowie auf die **periodische Nachprüfung** der Fahrzeuge.

In beiden Bereichen ist der Handlungsspielraum der Schweiz durch internationale Übereinkommen oder das Bundesgesetz über die technischen Handelshemmnisse eingeschränkt.

Wegen des geringen Risikos von Fahrzeugbränden in Strassentunneln ist darauf zu achten, dass keine unverhältnismässigen Massnahmen ins Auge gefasst werden. Es ist insbesondere zu berücksichtigen, dass

- keine technischen Handelshemmnisse erzeugt werden
- keine Benachteiligung des schweizerischen Transportgewerbes resultiert
- neue Bau- oder Ausrüstungsvorschriften, die im Übereinkommen von 1968 nicht enthalten sind, für ausländische Motorfahrzeuge ohnehin nicht gelten würden.

Dies bedeutet, dass mit einem Erlass solcher Vorschriften eine grosse Anzahl der bei uns verkehrenden Fahrzeuge nicht erfasst würde.

C 4.2 Massnahmen im Einzelnen

Massnahme 4.01

Schwere Motorwagen zum Gütertransport sollen obligatorisch mit einem Feuerlöscher ausgerüstet werden.

Feuerlöscher können, richtig eingesetzt, einen Brand im Anfangsstadium eindämmen und löschen.

Diese Massnahme soll im Rahmen einer kommenden Revision der Verordnung über die technische Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) geprüft werden.

Kostenfolge:

Ein 12 kg Feuerlöscher kostet 400-500 Franken. In Anbetracht des Preises eines Lastwagens von 200'000-300'000 Franken fällt dieser Betrag aber kaum ins Gewicht.

Kapitel D

WEITERES VORGEHEN

D 1 EINLEITUNG

Die Task Force hat im Laufe ihrer Arbeiten überprüfen können, dass der grösste Teil der Tunnel und der dazugehörigen Ausrüstungen in Ordnung ist und dass die Ereignisdienste der Verkehrspolizei, der Feuerwehr und des betrieblichen Unterhaltes eng zusammenarbeiten.

Die Tunnelsicherheit hängt aber nicht allein vom **Betrieb** und von der **Infrastruktur** ab, sondern auch vom Zustand der **Fahrzeuge** und in erheblichem Masse vom **Verhalten der Verkehrsteilnehmer**.

Die Verkehrsteilnehmer müssen deshalb immer wieder auf das richtige Verhalten in Tunneln hingewiesen werden, einerseits durch entsprechende Aufklärung und Aktionen in der Öffentlichkeit, andererseits bereits im Verkehrsunterricht.

Im Ereignisfall sind die **Detektion eines Ereignisses** und die **Selbstrettung** der Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer von prioritärer Bedeutung.

D 2 AUSBLICK

Neben den bereits genannten Massnahmen zur Verbesserung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer, des Betriebes, der Infrastruktur und der Fahrzeuge sind künftig noch weitere Arbeiten an die Hand zu nehmen oder bereits eingeleitet worden.

Das Verhalten von Menschen und Materialien ist im Hinblick auf die Tunnelsicherheit weiter zu erforschen. Folgende Themen sollten vertieft behandelt werden (wobei die Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt):

- Verhalten des Menschen im Tunnel (Ängste)

Ausgelöst etwa durch Monotonie oder Platzängste kann sich das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer bei längeren Tunneln ändern. Dies hat einen negativen Einfluss auf die Verkehrssicherheit.

- Rolle der Betreiber

Die Zuständigkeiten und Verantwortungen sind klar zu regeln. Das Personal der Betreiber ist bezüglich möglicher Ereignisse besonders umfassend zu schulen.

- Risikoanalyse, gefährliche Güter, Wirksamkeit der Massnahmen gegen die Risiken

Um die Risikoanalysen vergleichen zu können, wurde im Auftrag der OECD/AIPCR ein allgemein anwendbares QRA-Modell (QRA = Quantitative Risiko-Analyse) entwickelt, mit dem die Risiken und die Wirksamkeit von Massnahmen abgeschätzt werden können.

- Datenbank über Brände in Tunneln

Um die Fahrzeugbrände in Tunneln umfassend auszuwerten, ist eine international geführte Datenbank anzustreben.

- Dimensionierung der Lüftung

Die Arbeiten werden im Rahmen der AIPCR weitergeführt.

- Feuerwiderstand der Materialien

Insbesondere den im Fahrzeugbau verwendeten Materialien ist international vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

- Branddetektion
Eine rasche und örtlich möglichst genaue Detektion eines Brandes ist von zentraler Bedeutung. Moderne Systeme sind in der Entwicklung.
- Festinstallierte Löschsyste.me.
Mit der vorläufigen Ablehnung von Sprinklern soll der technische Fortschritt nicht behindert werden. Festinstallierte Schaumfluter stehen zur Zeit zur Diskussion, welche schon seit längerem in Industrieanlagen zum Einsatz kommen. Deren Tauglichkeit soll aber mit Versuchen belegt werden.
- Die internationale Koordination und Kooperation muss auf dem Gebiet der Richtlinien intensiviert werden, damit die erlassenen Vorschriften und Normen eine optimale Sicherheit in ganz Europa gewährleisten.

D 3 KOSTEN

Ange.sichts der notwendigen Erneuerungen bei Tunnelausrüstungen, angesichts der neuen Aufgaben im Bereich der Ereignisdienste, schlägt die Task Force vor, in den nächsten 5 Jahren das Budget für den Unterhalt der Nationalstrassen um **zusätzliche 80 bis 100 Mio. Franken jährlich** zu erhöhen. 100 Mio Franken würden einer Erhöhung von 26 % des Budget 2000 von 382 Mio Franken entsprechen.

Indem in den folgenden Jahren weitere Tunnelkilometer dem Verkehr übergeben werden, wird dieser Posten später erhöht werden müssen, um weiterhin eine optimale Sicherheit in allen Schweizer Strassentunneln gewährleisten zu können.

D 4 SCHLUSSWORT

Mit dem Schlussbericht hat die Tunnel Task Force ihre Aufgabe erfüllt. Sie hat einerseits sämtliche Strassentunnel der Schweiz von mehr als 600 m Länge überprüft und die Schwachstellen aufgezeigt, andererseits hat sie einen umfangreichen Massnahmenkatalog ausgearbeitet.

Doch die Bemühungen um die Tunnelsicherheit sind eine Daueraufgabe, die nicht mit dem Schlussbericht endet. Eine Arbeitsgruppe ist allerdings nicht das richtige Gremium für diese Aufgabe. Deshalb wird das Tätigkeitsgebiet der Task Force künftig durch die Organisation des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) wahrgenommen. Das ASTRA als Oberaufsichtsbehörde über die Strassen von gesamtschweizerischer Bedeutung wird auch dafür besorgt sein, dass den drei Schlüsselfaktoren der Nachhaltigkeit im Sinne der Strategie des Eidg. Departementes für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die nötige Beachtung geschenkt wird, sowohl bei den noch zu erstellenden Strassenstrecken als auch beim Unterhalt der Nationalstrassen.

Spezieller Dank gebührt den Mitgliedern der Task Force und des Lenkungsausschusses, den Experten der Alpenländer, den Polizei-, Feuerwehr- und Sanitätsorganen, den Mitarbeitern der Tiefbauämter und Verkehrsleitzentralen und den Fahrlehrern und Sicherheitsexperten, die alle durch ihre tägliche Arbeit einen wesentlichen Beitrag an die Sicherheit unserer Strassentunnel leisten.

Zuletzt gebührt unser Dank allen Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmern, welche durch ihr **korrektes Verhalten** im Normalfall oder bei Ereignissen den grössten Beitrag an ihre eigene Sicherheit in den Strassentunneln leisten.

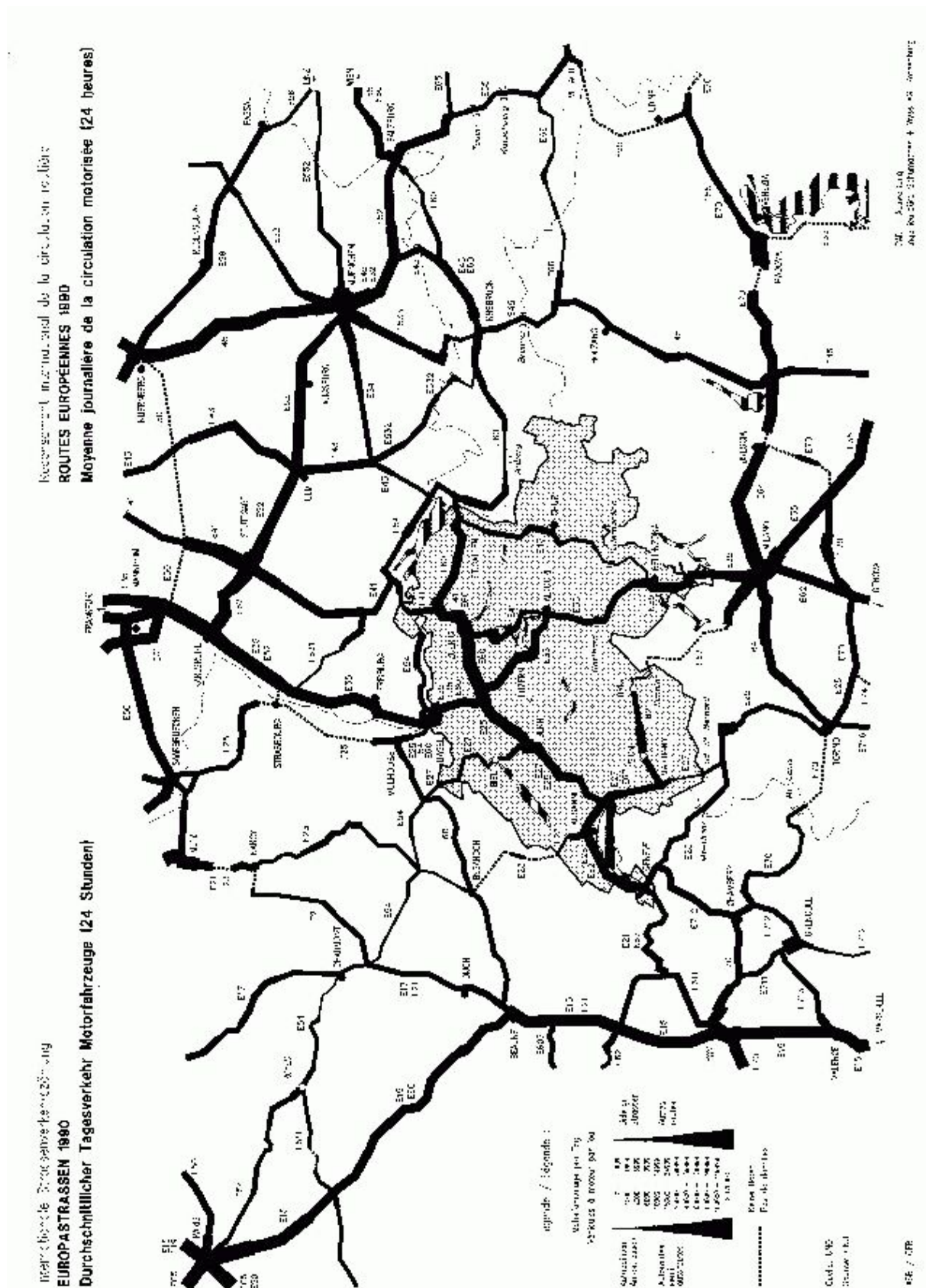
Kapitel E

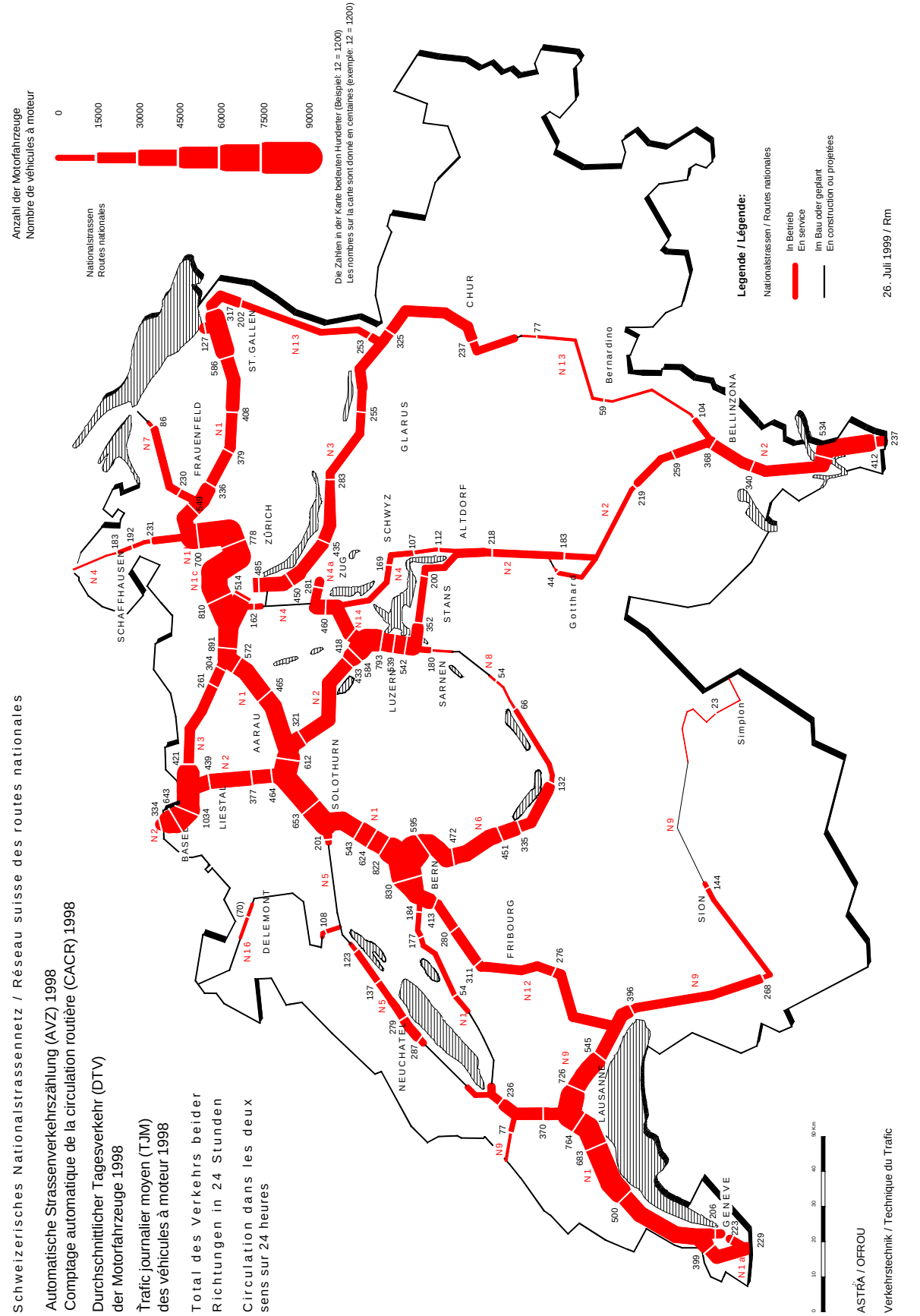
BEILAGEN

E1 ABKÜRZUNGEN

ASTRA	BUNDESAMT FÜR STRASSEN
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
AIPCR	Welt-Strassen-Verband
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFS	Bundesamt für Statistik
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
IVT ETHZ	Institut für Verkehrstechnik ETHZ
LSVA	Leistungsbezogene Schwerverkehrsabgabe
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
OCDE	Organisation pour la Coopération et le Développement Economique
SDR	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
SFV	Schweizerischer Feuerwehrverband
StFV	Störfallverordnung
VTS	Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge

E2 BELASTUNGEN DES NATIONALSTRASSENNETZES





E3 VERZEICHNIS DER NATIONALSTRASSENTUNNEL

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

Geplant / Planifié

- 33 -

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	¹⁾ Lüftungs- system Système de ventilation	²⁾ Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
SZ/UR	N 4 Fronalp	7'047		2	H+Q		
	Total 1 = 7'047 m	7'047	-	-	-		
OW BE/OW	N 8 Kaiserstuhl Brünig	1'000 3'700		2 2	L H+Q		
	Total 2 = 4'700 m	4'700		-	-		
GR	N 13 San Fedele, Roveredo	2'400		2	-		
	Total 1 = 2'400 m	2'400		-	-		

1) L = Längs / Longitudinal
Q = Quer / Transversal
H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
K = Kreis / Cercle
R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
Tunnel en tranchée couverte
*) Nicht auf der Stammlinie
N'est pas sur le tracé

INFO 99
ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

Generell projektiert / Projet général

- 34 -

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	¹⁾ Lüftungs- system Système de ventilation	²⁾ Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
ZH	N 1 Milchbuck, 2. Etappe (SN)	1'910		3+3	Q	H	
	Total 1 = 1'910 m	1'910	-	-	-		
ZH ZH	N 1c (N 20) Hafnerberg Aescher		1'275 2'100	2+2 2+2	L L		
	Total 2 = 3'375 m	-	3'375	-	-		
NW NW/OW	N 2 Kirchenwald Verbindung N2 / N8	2'030	1'630	2+2 2	L L		
	Total 2 = 3'660 m	2'030	1'630	-	-		
ZH ZH ZH ZH ZH ZH UR	N 4 Uetliberg Islisberg Lochhof (TB) Isenberg (TB) Eigi (TB) Rüteli (TB) Flüeler (Umf. Flüelen)	2'810	4'500 4'890 350 150 120 450	2+2 2+2 2+2 2+2 2+2 2	H Q	H	
	Total 7 = 13'270 m	2'810	10'460	-	-		
NW/OW NW/OW OW OW	N 8 Lopper, 2. Etappe Lopper Ost Tschorren Lungern	1'562 1'480 800 1'800		2 2 2 2	H+Q H+L L L	H R + H	
	Total 4 = 5'642 m	5'642		-	-	-	

1) L = Längs / Longitudinal
Q = Quer / Transversal
H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
K = Kreis / Cercle
R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
Tunnel en tranchée couverte
) Nicht auf der Stammlinie
N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

Generell projektiert / Projet général

- 35 -

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	1) Lüftungs- system Système de ventilation	2) Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
	N 9						
VS	Tranchée Gorwetsch (TB)		1'705	2+2	L	H	
VS	Ermitage		380	2+2	L	H	
VS	PfynGut (TB)		2'115	2+2	L	H	
VS	Susten		2'070	2+2	-	H	
VS	Turtmann(TB)		1'140	2+2	L	R	
VS	Riedberg, Gampel		500	2+2	L	H	
VS	Raron (TB)		760	2+2	L	R	
VS	Lonza, Visp (TB)		1'595	2+2	L	R	
VS	Gamsen (TB)		760	2+2	L	H	
	Total 9 = 11'025 m		11'025	-	-	-	
	N 13						
GR	Isola-Bella, 2. Etappe	2'435		2	H+Q	H	
	Total 1 = 2'435 m	2'435		-	-	-	
	N 16						
JU	Neu Bois		1'100	2+2	-		
JU	Bure	2'965		2	-		
JU	Bois de Montaigne		830	2+2	L		
JU	Banné		1'100	2+2	L		
JU	Perche		1'000	2+2	L		
JU	La Beuchille (TB)		930	2+2	-		
JU	Choindez	2'870		2	H+Q		
BE	Roche St-Jean	200		2	L		
BE	Raimeux	3'190		2	L		
BE	Pré Boivin, Moutier		1'200	2+2	L		
BE	Graitery	2'490		2	H+Q		
BE	Court	1'000		2	L		
BE	Sorvilier (TB)	195		2	-		
BE	Bévilard (TB)	160		2	-		
BE	Malleray (TB)	525		2	L		
BE	Champ Quiller	480		2	L		
BE	Reconvilier (TB)	180		2	-		
BE	Sous le Mont	1'320		2	H+Q	-	
	Total 18 = 21'735 m	15'575	6'160	-	-	-	

1) L = Längs / Longitudinal
Q = Quer / Transversa
H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
K = Kreis / Cercle
R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
Tunnel en tranchée couverte
*) Nicht auf der Stammlinie
N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

- 36 -

Im Bau / En construction

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	¹⁾ Lüftungs- system Système de ventilation	²⁾ Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
	N 1						
FR	Tranchée de Frasses (TB)		450	2+2	L	H	
FR	Tranchée de Sévaz (TB)		545	2+2	L	H	
FR	Tranchée de Châbles (TB)		785	2+2	L	H	
FR	Bruyères		730	2+2	L	H	
VD/FR	Arriessoules		3'000	2+2	L	K	
VD	Pomy		2'998	2+2	L	K	
	Total 6 = 8'508 m		8'508	-	-	-	
	N 1c						
ZH	Eggrain		435	2+2	L		
	Total 1 = 453 m		435	-	-	-	
	N 2						
BS	Nordtangente Basel		1'290	2+2	L		
BS	Horburg (TB)		1'050	2+2	L		
LU	Schlund		960	3+3	L		
LU	Spier		1'490	2+2	L		
	Total 4 = 4'790 m		4'790	-	-	-	
	N 5						
SO	Birchi		1'430	2+2	L	H	
SO	Spitalhof		540	2+2	L	-	
SO	Lackenhof (TB)		90	2+2	-	-	
SO	Lüsslingen (TB)		1'230	2+2	-	R	
SO	Grenchner Witi (TB)		1'760	2+2	-	-	
BE	Pieterlen (TB)		1'460	2+2	L	H	
NE	De Sauges		1'850	2+2	L	-	
NE	De Gorgier		2'850	2+2	L	-	
NE	Tranchée Vaumarcus (TB)		260	2+2	-	R	
	Total 9 = 11'470		11'470	-	-		
	N 7						
TG	Girsberg		1'800	2+2	L		
	Total 1 = 1'800 m		1'800				
	N 8						
OW	Aecherli	1'630		2	-	H	
	Total 1 = 1'630 m	1'630		-	-	-	
	N 9						
VS	Tranchée Crête Plane (TB)		1'240	2+2	L	R+H	
VS	Ancien Sierre-Plantzette		550	2+2	L	H	
VS	Tranchée Gérondé (TB)		250	2+2	L	R	
VS	Gérondé		390	2+2	L	H	
	Total 4 = 2'430 m		2'430	-	-		
	N 13						
SG	Montlingen (TB)		300	2+2	-	R	
GR	* Sils (Zubringer)	(1'600)		2	L	H	
	Total 1 = 300 m (* 1 = 1'600 m)	(1'600)	300	-	-	-	
	N 16						
BE	* La Rochette (Zubringer)	(615)		2	-	H	
	Total = m (* 1 = 615 m)	(615)		-	-	-	

1) L = Längs / Longitudinal
Q = Quer / Transversal
H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
K = Kreis / Cercle
R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
Tunnel en tranchée couverte
) Nicht auf der Stammlinie
N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

In Betrieb / En service

- 37 -

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	1) Lüftungs- system Système de ventilation	Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
	N 1						
FR	Chantemerle (TB)	270		2	-	-	15.12.97
FR	Combette (TB)		900	2+2	L	-	15.12.97
BE/FR	Les Vignes		2'230	2+2	L	K	15.12.97
SG	Rosenberg, St.Gallen (SN)		1'435	2+2	Q	K	01.07.87
SG	Stephanshorn, St.Gallen		570	2+2	L	H	01.07.87
SG	* Schorentunnel inkl. Kreuzbleiche, SG (SN)		(1'100)	2+2	L	K	01.07.87
ZH	Tagelswangen		128	3+3	-	R	11.12.74
ZH	Winterthurstrasse (TB)		350	2+2	L	R	20.08.80
ZH	Rasterzwischenstück (TB)		140	2+2	-	R	20.08.80
ZH	Schwamendingerstrasse (TB)		220	2+2	L	R	20.08.80
ZH	Milchbuck 1. Etappe (SN)	1'910		2	Q	H	02.07.85
ZH	Unterf. Rampe unter der N 20 (TB)	90		2	-	R	01.09.81
AG	Baregg		1'080	2+2	H	H	07.10.70
BE	Brünnen (TB)		510	2+2	L	H	22.12.82
	Total 13 = 9'833 m (*1 = 1'100 m)	2'270	7'563	-	-	-	-
	N 1a (N 10)						
GE	Canada, Vernier		1'900	2+2	L	H	26.06.93
GE	Chèvres (TB)		400	2+2	-	H	26.06.93
GE	Confignon		1'240	2+2	L	H	26.06.93
GE	Tranchée d'Arare (SN) (TB)		630	2+2	-	-	28.06.97
GE	Tranchée de Saconnex-d'Arve (SN) (TB)		600	2+2	L	-	28.06.97
GE	Du Bachet-de-Pesay (SN) (TB)		490	2+2	-	-	28.06.97
	Total 6 = 5'260 m		5'260	-	-	-	-
	N 1c (N 20)						
ZH	Gubrist		3'230	2+2	L+Q	K	21.06.85
ZH	Stelzen (TB)		375	2+2	-	R	21.06.85
ZH	Niederurdorf (TB)		450	2+2	-	R	18.08.87
	Total 3 = 4'055 m		4'055	-	-	-	-
	N 2						
BS	Schwarzwald (SN) (TB)		560	3+3	L	R	22.08.74
BS	Prattelerstrasse (SN) (TB)	148		2	-	R	25.10.78
BS	Singer I (SN) (TB)	150		2	-	R	05.12.85
BS	Singer II (SN) (TB)	320		2	-	R	05.12.85
BL	* Schänzli (TB) (Zubringer)		(510)	2+2	L	R	25.10.78
BL	Arisdorf		1'360	2+2	H	H	23.12.70
BL	Ebenrain		350	2+2	-	H	23.12.70
BL	Oberburg		180	2+2	-	H	23.12.70
BL/SO	Belchen		3'180	2+2	Q	H	23.12.70
LU	Mariazell (TB)		230	2+2	-	H	02.07.81
LU	Eich (TB)		910	2+2	L	H	02.07.81
LU	Reussport, Luzern (SN)		600	3+3	L	H	11.11.74
LU	Sonnenberg, Luzern		1'540	2+2	Q	K	26.10.76
NW	Acheregg Nord	281		2	-	H	11.12.65
NW	Acheregg Süd	753		2	H	H	11.12.65
NW	Acheregg Ost, (Abfahrt Brüning)	78		2	-	H	11.12.65
NW/UR	Seelisberg		9'280	2+2	Q	K+H	12.12.80
UR	Fischlauri (TB)		105	2+2	-	R	12.12.80

1) L = Längs / Longitudinal
 Q = Quer / Transversal
 H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
 K = Kreis / Cercle
 R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
 Tunnel en tranchée couverte
 *) Nicht auf der Stammlinie
 N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

- 38 -

In Betrieb / En service

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	1) Lüftungs- system Système de ventilation	2) Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
UR	Taubach, Erstfeld (TB)		260	2+2	-	R	05.07.79
UR	Platti		440	2+2	-	H	23.06.72
UR	Intschi I		130	2+2	-	H	23.06.72
UR	Intschi II		100	2+2	-	H	23.06.72
UR	Langlauri		350	2+2	-	H	23.06.72
UR	Ried		260	2+2	-	H	23.06.72
UR	Teiftal		520	2+2	-	H	23.06.72
UR	Naxberg		290	2+3	-	H	05.09.80
UR	** Schöllenen	50		2	-	H	1956
UR	** Urnerloch	65		2	-	H	1956
UR	** Hospental	25		2	-	H	1956
UR/TI	Gothard (inkl. Vortunnel)	16'918		2	Q	H	05.09.80
TI	Banchi	70		2	-	H	14.07.67
TI	Castoni di Fieud	810		2	L	H	14.07.67
TI	Stalvedro		318	2+2	-	H	24.06.77
TI	Quinto (TB)		293	2+2	L	R	03.06.80
TI	Monte Piottino		720	2+3	L	H	15.06.83
TI	Pardorea		600	2+3	L	H	15.06.83
TI	Caseletto		192	2+3	-	H	15.06.83
TI	Piumogna		1'538	2+3	L	H	15.06.83
TI	Gribiasca (TB)		160	2+2	-	R	20.11.84
TI	Biaschina		515	2+3	L	H	20.11.84
TI	Ceneri		1'425	2+3	L	H	15.11.84
TI	Taverne/Torricella		320	2+2	-	H	26.05.73
TI	Pambio/Gentilino		580	2+2	-	H	05.12.68
TI	Grancia		1'730	2+2	Q	H	05.12.68
TI	Maroggia		590	2+2	-	H	24.11.67
	Total 44 = 49'294 m (2* = 1'610 m)	19'668	29'626	-	-	-	-
	N 3						
AG	Bözberg		3'700	2+2	H+Q	K	17.10.96
AG	Schinzacherfeld (TB)		450	2+2	L	-	17.10.96
AG	Habsburg		1'540	2+2	L	K	17.10.96
SZ	Blatt, Wollerau		510	2+2	-	H	11.12.68
SZ	* Buchberg (Zubringer)		(500)	2+2	-	H	04.10.77
GL	Ofenegg	370		2	-	H	11.07.64
GL	Weisswand	460		2	-	H	11.07.64
GL	Kerenzerberg (3.+4. Spur/Voie)	5'760		2	H+Q	K+H	09.04.86
GL	Standenhorn	230		2	-	H	11.07.64
GL	Glattwand	100		2	-	H	11.07.64
GL	Mühlehorn	260		2	-	H	11.07.64
GL	Stutz	144		2	-	H	11.07.64
SG	Murg und Börtli		1'420	2+2	L	H	27.11.87
SG	Quarten und Annaberg		1'040	2+2	L	H	27.11.87
SG	Fratten		320	2+2	-	H	27.11.87
SG	Hof		560	2+2	L	H	27.11.87
SG	Raischibe		800	2+2	L	H	27.11.87
	Total 16 = 17'664 m (1* = 500 m)	7'324	10'340	-	-	-	-
	N 4						
SH	Fäsenstaub-Tannerberg (SN)	1'460		2	L	K	15.08.96
ZH	Flurlingen	1'250		2	L	H	15.08.96
SZ	Engiberg		263	2+2	-	H	03.05.78

1) L = Längs / Longitudinal

Q = Quer / Transversal

H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval

K = Kreis / Cercle

R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt

Tunnel en tranchée couverte

*) Nicht auf der Stammlinie

N'est pas sur le tracé

** Aus dem alten Hauptstrassennetz übernommen / Repris de l'ancien réseau des routes principales

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

In Betrieb / En service

- 39 -

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	1) Lüftungs- system Système de ventilation	2) Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
SZ	Schöneegg		197	2+2	-	H	03.05.78
SZ	Mosi	1'080		2	H	H	04.06.65
SZ	Oelberg	350		2	H	H	16.10.92
SZ	** Hinter Wasi Nord	40		2	-	H	-
SZ	** Hinter Wasi Süd	40		2	-	H	-
SZ	** Schiferenegg	135		2	-	H	-
SZ	** Dorni	20		2	-	H	-
UR	Kleine Galerie	162		2	-	H	20.12.82
UR	Buggital	113		2	-	H	11.04.82
UR	Stutzegg	320		2	-	H	10.12.86
UR	Tellsplatte	234		2	-	H	13.07.90
UR	Axen (neu)	390		2	-	H	-
UR	Zingel	354		2	-	H	1977
UR	Gumpisch	100		2	-	H	--.07.87
	Total 17 = 6'508 m	6'048	460	-	-		
	N 5						
NE	Tunnel Est, Neuchâtel		2'610	2+2	Q	H	18.06.93
NE	Tunnel Ouest, Neuchâtel		745	2+2	L	H	18.06.93
NE	Tranchée Falaises Ouest (TB)		272	2+2	-	R	18.06.93
NE	Tranchée Monruz (TB)		404	2+2	-	R	19.12.95
NE	Tranchée Hauterive (TB)		580	2+2	-	R	19.12.95
NE	Tranchée St-Blaise Ouest (TB)		300	2+2	-	R	19.12.95
NE	Tranchée du Vignier (TB)		340	2+2	-	R	19.12.95
BE	Ligerz	2'483		2	H+Q	H	07.05.91
NE	Tranchée d'Auvernier (TB)		180	2+2	-	R	29.11.75
NE	Prébarreau	119		3	-	H	21.12.84
	Total 10 = 8'033 m	2'602	5'431	-	-		
	N 6						
BE	Sonnenhof (TB)		280	2+2	-	-	1993
BE	Allmend, Thun (TB)		960	2+2	L	H	13.06.71
	Total 2 = 1'240 m		1'240	-	-	-	-
	N 7						
TG	Aspiholz (TB)		140	2+2			27.11.92
TG	Fuchswies (TB)		200	2+2			27.11.92
	Total 2 = 340 m		340	-	-	-	-
	N 8						
BE	Leimeren, Hondrich	250		2	-	H	20.09.73
BE	Leissigen	2'200		2	L	H	23.06.94
BE	Rugen		780	2+2	L	H	03.12.79
BE	Lütschinen (TB)	545		2	-	R	18.05.88
BE	Sengg	823		2	L	H	18.05.88
BE	Chüebalm	1'339		2	L	H	18.05.88
BE	Giessbach	3'340		2	H+Q	H	18.05.88
BE	Soliwald, Brienzwiler	555		2	-	H	06.07.95
OW	Z'matt (TB)	102		2	-	R	19.12.79

1) L = Längs / Longitudinal
 Q = Quer / Transversal
 H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
 K = Kreis / Cercle
 R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
 Tunnel en tranchée couverte
 *) Nicht auf der Stammlinie
 N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

- 40 -

In Betrieb / En service

Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	¹⁾ Lüftungs- system Système de ventilation	²⁾ Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
OW	Sachsels	5'213		2	H+Q	K	24.09.97
NW/OW	Lopper, 1. Etappe	1'562		2	H+Q	H	07.12.84
NW	* Verbindung N8 /N2 (Lopper)	(346)		1	L	H	07.12.84
	Total 11 = 16'709 m (1* = 346 m)	15'929	780	-	-	-	-
	N 9						
VD	Belmont		296	2+2	-	H	30.10.74
VD	Chauderon		165	2+2	-	H	30.10.74
VD	Criblette		233	2+2	-	H	30.10.74
VD	Flonzaley		690	2+2	L	H	30.10.74
VD	Glion		1'345	2+2	H	H	10.11.70
VD	L'Arzillier, St-Maurice		420	2+2	-	H	06.06.88
VS	Condémines, St-Maurice (TB)		1'300	2+2	L	R	06.06.88
VS	Champsec, Sion (TB)		710	2+2	-	R	16.12.91
VS	Gesterna	110		2	-	H	06.11.75
VS	Bächwald	120		2	-	H	06.11.75
VS	Schallberg	465		2	-	H	06.11.75
VS	Kap I, Simplon	30		2	-	H	1970
VS	Kap II, Simplon	140		2	-	H	1970
VS	Kulm, Simplon	400		2	-	H	1970
VS	Gabi	70		2	-	H	1970
VS	Casermetta	300		2	-	H	1970
VS	Gstipf (TB)	215		3	-	H	07.05.86
VS	Wechselkehr (TB)	123		2	-	H	1993
VS	* Mont Chemin (Zubringer)	(1'800)		2	L	H	01.06.93
VS	* Anschluss Vispental (Zubringer)	(3'250)		-	Q	H	04.02.97
	Total 18 = 7'132 m (2* = 5'050m)	1'973	5'159	-	-	-	-
	N 12						
BE	Thörishaus (TB)		110	2+2	-	R	10.12.76
FR	d'Avry (TB)		170	2+2	-	H	23.11.81
FR	Gumefens (TB)		340	2+2	-	R	23.11.81
	Total 3 = 620 m		620	-	-	-	-
	N 13						
GR	Plazzas, 1.Etappe	252		2	-	H	11.11.83
GR	Isla Bella, 1.Etappe	2'449		2	H+Q	H	11.11.83
GR	Crapteig	2'171		3	H+Q	H	24.10.96
GR	Rongellen I	206		2	-	H	1958
GR	Rongellen II	625		2	L	H	1958
GR	Rongellen III	135		2	-	H	1958
GR	Viamala	742		2	L	H	01.12.67
GR	Bargias	416		2	-	H	01.12.67
GR	Wegerhaus (inkl. Galerie)	228		2	-	H	01.12.67
GR	Bärenburg	998		2	L	H	24.11.70
GR	Rofla	995		2	L	H	24.11.70
GR	Traversa	375		2	-	H	24.11.70
GR	Casanwald (TB)	1'230		2	L	H	04.11.86
GR	San Bernardino	6'600		2	Q	H	01.12.67
GR	Gei	418		2	-	H	01.12.67
GR	Landrüfe (TB)	213		2	L	R	31.10.72

1) L = Längs / Longitudinal
 Q = Quer / Transversal
 H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
 K = Kreis / Cercle
 R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
 Tunnel en tranchée couverte
 *) Nicht auf der Stammlinie
 N'est pas sur le tracé

INFO 99

ASTRA / OFROU



Tunnel / Tunnels: Stand Ende / Etat fin 1998

- 41 -

In Betrieb / En service

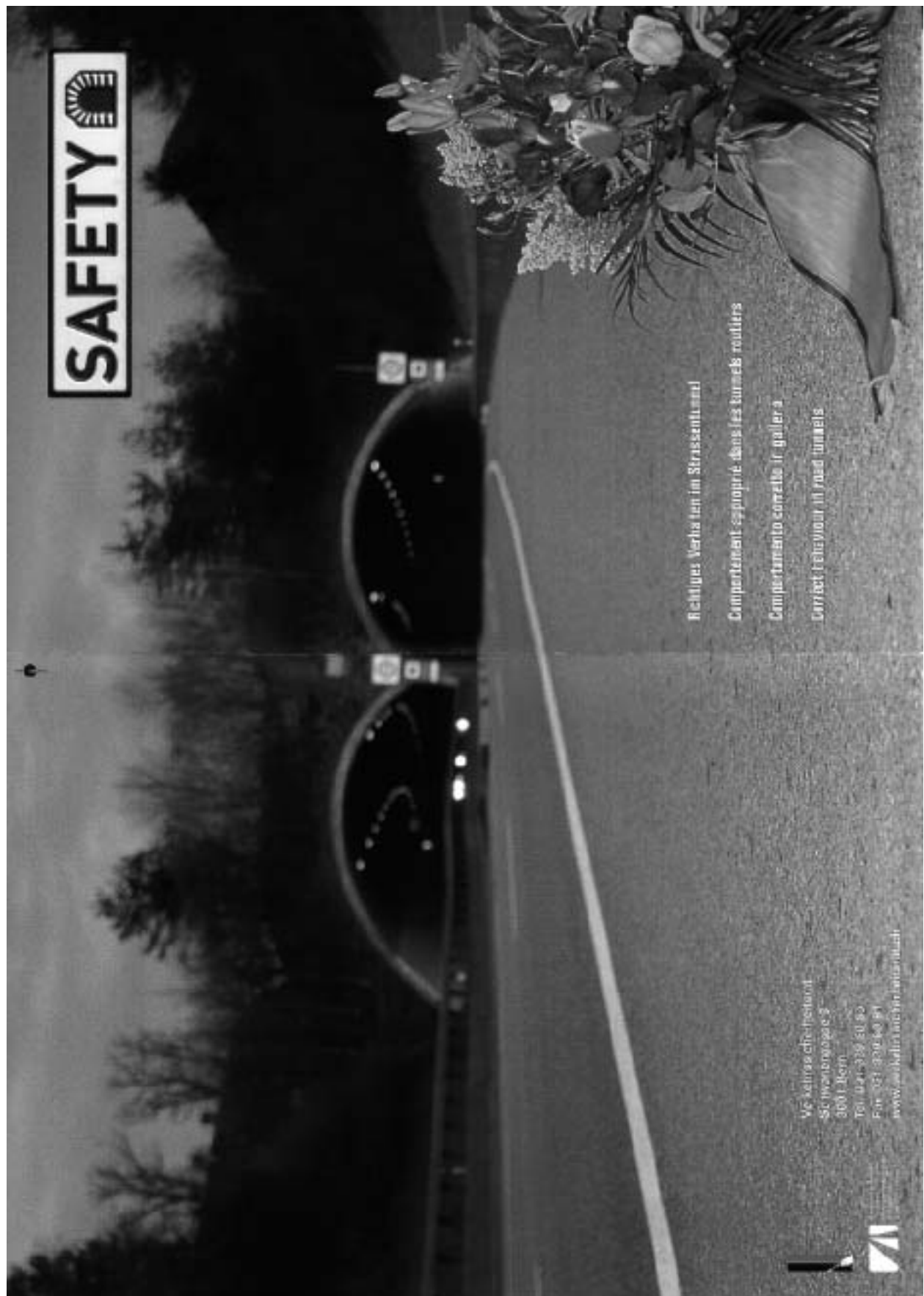
Kant. Cant.	Objekte Ouvrage	1 Röhre Tube m	2 Röhren Tubes m	Spuren- zahl Nombre de voies	¹⁾ Lüftungs- system Système de ventilation	²⁾ Quer- schnitt Coupe	In Betrieb En service
GR	Brusei	560		2	L	H	31.10.72
GR	Cresta	100		2	-	H	31.10.72
GR	Benabbia, Mesocco	150		2	-	H	20.11.75
GR	Gorda, Mesocco	130		2	-	H	20.11.75
	Total 20 = 18'993 m	18'993		-	-	-	-
	N 14						
LU	Rathausen (TB)		680	2+2	L	H	18.09.86
	Total 1 = 680 m		680	-	-		
	N 16						
BE	Pierre Pertuis		2'129	2+2	L	H	18.11.97
BE	Sous les Roches		229	2+2	-	H	18.11.97
BE	Côte de chaux		572	2+2	-	H	18.11.97
BE	La Heutte (TB)		315	2+2	-	R	10.11.95
BE	Métairie de Nidau (TB)		553	2+2	-	H	10.11.95
BE	Tunnel Nr. 8 "Taubenloch"	1'010		2	L	H	1980
BE	Tunnel Nr. 6 "Taubenloch"	480		2	-	H	1978
BE	Tunnel Nr. 5 "Taubenloch"	570		2	-	H	1978
BE	Rondchâtel "Taubenloch"	180		2	-	H	1965
BE	Tunnel Nr. 4 "Taubenloch"	115		2	-	H	1970
BE	Tunnel Nr. 3 "Taubenloch"	123		2	-	H	1970
BE	Tunnel Nr. 2 "Taubenloch"	200		2	-	H	1970
BE	Tunnel Nr. 1a+1b "Bözingen"		455	2+2	-	H	1970
JU	Mont Terri	4'070		2	H+Q	K	13.11.98
JU	Mont Russelin	3'550		2	H+Q	K	13.11.98
JU	Galerie de Develier (TB)		810	2+2	-	H	13.11.98
	Total 16 = 15'361	10'298	5'063	-	-	-	-

1) L = Längs / Longitudinal
 Q = Quer / Transversal
 H = Halbquer / Semi-transversal

2) H = Hufeisen / Fer à cheval
 K = Kreis / Cercle
 R = Rechteck / Rectangle

(TB) Tunnel im Tagbau erstellt
 Tunnel en tranchée couverte
 *) Nicht auf der Stammlinie
 N'est pas sur le tracé

E4 UNTERLAGEN DER INFORMATIONSKAMPAGNE VOM APRIL 2000



Deutsch

Bitte nehmen Sie sich kurz Zeit für Ihre Sicherheit im Tunnelverkehr.

Die Sicherheit im Strassenverkehr hängt von unterschiedlichsten Faktoren ab. Das Fehlverhalten von Verkehrsteilnehmenden ist jedoch nach wie vor die Hauptursache der Unfälle. Und wenn diese im Tunnel geschehen, kann es ganz besonders gefährlich werden. Lesen Sie bitte die nachfolgenden Verhaltensregeln für die Fahrt im Tunnel gut durch. Ihrer Sicherheit zuliebe.

Wir wünschen Ihnen gute Fahrt!



VERHALTEN IM TUNNEL

So verhalten Sie sich richtig:

- ▶ **Abblendlicht einschalten**
- ▶ **Abstand halten**
- ▶ **Radio einschalten**
- ▶ **signalisierte Frequenz einstellen**



STAU IM TUNNEL

So verhalten Sie sich richtig:

- ▶ **seitwärts anhalten**
- ▶ **sofort den Motor abstellen**
- ▶ **Fahrzeug nicht verlassen**
- ▶ **Radio einschalten**



BRAND IM TUNNEL

So verhalten Sie sich richtig:

- ▶ **seitwärts anhalten**
- ▶ **sofort den Motor abstellen**
- ▶ **unverzüglich das Fahrzeug verlassen und sich rasch vom Ereignis wegbegeben**



