

## Sicherheit in Straßentunneln

G. Brux

Im Rahmen des ADAC-Tunneltests werden jährlich in ganz Europa Tunnel getestet. So ist eine Datenbank mit Angaben über die Sicherheit in zahlreichen Tunneln entstanden. Kürzlich wurden die Ergebnisse der in diesem Jahr durchgeführten Tunneltests bekannt gegeben, worüber hier berichtet wird.

Der ADAC-Tunneltest, der im Rahmen von EuroTAP [1], dem Programm für mehr Tunnelsicherheit in Europa, durchgeführt wird, fand in diesem Jahr weniger umfangreich statt, weil derzeit in den europäischen Tunneln gebaut wird wie nie zuvor, um die Tunnel den Anforderungen der EU-Richtlinie [2] aus dem Jahr 2004 anzupassen; wo gebaut wird, macht ein Test bekanntlich keinen Sinn. Und so standen 2009, dem 11. Jahr der Tunneltests, lediglich 13 europäische Tunnel auf dem Testprogramm [3, 4].

Wieder waren Länge und Bedeutung für den Reiseverkehr die Kriterien für die Auswahl der zu testenden Tunnel. In Deutschland waren dies ausschließlich Stadttunnel und in der Schweiz Tunnel auf wichtigen Routen in Skigebiete; diese Straßen zählen weder zum Transeuropäischen Straßennetz (TERN) [2] noch zum Schweizer Nationalstraßennetz; deshalb sind die EU-Richtlinien für sie zwar wichtige Richtschnur, aber nicht verbindlich.

G. Brux, Freier Journalist, Frankfurt am Main/D

Wie in den Vorjahren betraute der ADAC die Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT) mit der Durchführung der Tests, zwischen dem 20. Januar und dem 5. Februar 2009 die Tunnel unter Beteiligung des Automobilclubs des jeweiligen Landes vor Ort zu überprüfen, im Gespräch mit den Betreibern sicherheitstechnische Fragen zu klären und entsprechende Unterlagen einzusehen. Im Vorfeld erhielten die Betreiber eine Datenliste zur Erfassung der wichtigsten technischen Tunnelparameter.

### Beurteilungsgrundlagen

Eine vom ADAC und von der DMT ausgearbeitete **Checkliste** dient als Bewertungsgrundlage; sie richtet sich auch nach den Regelwerken für Straßentunnel in Deutschland [5], Frankreich, Großbritannien, Österreich und der Schweiz [6] sowie der EU-Richtlinie über Mindestanforderungen für die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz [2]. Die Checkliste wird jährlich aktualisiert und ist in 8 Kategorien mit unterschiedlicher Gewichtung aufgeteilt:

## Safety in Road Tunnels

G. Brux

Tunnels throughout Europe are tested each year within the scope of the ADAC Tunnel Test. As a result a data bank has been created containing details on safety in numerous tunnels. The results of this year's test were announced recently and are presented in the following.

The ADAC Tunnel Test, which is executed in conjunction with EuroTAP [1], the European Tunnel Assessment Programme, was not as extensive this time around as at present European tunnels are undergoing an unprecedented phase of construction in order to adapt them to the requirements of the 2004 EU guideline [2]. Clearly a test serves no purpose when building is in progress. As a result only 13 European tunnels were scrutinised during the 11th year that the Tunnel Test took place [3, 4].

Once again the length and significance for travellers were the criteria for selecting the tunnels that were tested. In Germany these were solely urban tunnels and in Switzerland tunnels on important routes leading to skiing districts. These tunnels belong neither to the Trans-European transport network (TERN) [2] nor to the Swiss national highway grid; as a consequence EU guidelines although being an important factor are not binding.

As in previous years the ADAC commissioned the Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT) with undertaking the test, examining the tunnels

at source between January 20th and February 5th, 2009 in collaboration with the responsible national automobile associations, clarifying safety aspects together with operators and scrutinising corresponding documents. Operators were supplied in advance with a list of data pertaining to the most essential technical parameters.

### Assessment Criteria

A **checklist** drawn up by the ADAC and the DMT served as the basis for evaluation. It relates to the codes of practice for road tunnels in Germany [5], France, the United Kingdom, Austria and Switzerland [6] as well as the European guidelines pertaining to minimum demands for safety in tunnels on the Trans-European highway network [2]. The checklist is revised annually and is split up into 8 categories possessing varying degrees of significance:

- Tunnel system (14 %)
- Lighting and energy supply (7 %)

G. Brux, Freelance Journalist, Frankfurt am Main/D

- Tunnelsystem (14 %)
- Beleuchtung und Energieversorgung (7 %)
- Verkehr und Verkehrsüberwachung (17 %)
- Kommunikation wie Funk, Lautsprecher und Notrufsäulen (11 %)
- Flucht- und Rettungswege (14 %)
- Brandschutz (18 %)
- Lüftung (11 %)
- Notfallmanagement (8 %)

Jedes Kriterium wird bewertet und erhält eine bestimmte Anzahl von Punkten. Die Summe daraus ergibt das **Sicherheitspotenzial** eines Tunnels. Es beschreibt alle baulichen und organisatorischen Maßnahmen, die Notfälle vermeiden oder das Ausmaß von Notfällen begrenzen sollen.

Dem Ergebnis wird das **Risikopotenzial** für die Ver-

kehrsteilnehmer gegenübergestellt. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls in der Tunnelröhre und welches Ausmaß kann ein Notfall haben? Dabei werden berücksichtigt

- Tunnellänge (1 bis 6 Punkte)
- Verkehrsstärke bei Richtungs- und Gegenverkehr (1 bis 10 Punkte)
- Lkw-Anteil (max. 8 Punkte)
- Transporte von Gefahrgütern (max. 5 Punkte)
- Verkehrsbelastung (Fahrzeuge/Tag/Fahrspur) (max. 5 Punkte)
- größte Längsneigung des Tunnels (max. 3 Punkte)
- zusätzliche Gefährdungen des Tunnels (max. 3 Punkte)

Die jeweils erzielten Punkte ergeben als Summe folgende Risikoeinstufung: sehr niedrig (1 bis 9 Punkte), niedrig (10 bis

- Traffic and traffic monitoring (17 %)
- Communication such as radio, loudspeakers and emergency call facilities (11 %)
- Escape and rescue paths (14 %)
- Fire protection (18 %)
- Ventilation (11 %)
- Emergency management (8 %).

Each criterion is assessed and receives a certain number of points. The total sum provides the **safety potential** of a tunnel. It describes all constructional and organisational measures, which are intended to avoid emergencies or restrict them.

The result is compared with the **risk potential** for motorists. How great is the probability of an accident occurring in the tunnel and what can this en-

sue? Towards this end the following aspects are taken into account:

- Tunnel length (1 to 6 points)
- Traffic frequency in the case of one-way and two-way traffic (1 to 10 points)
- The proportion of lorries (max. 8 points)
- Transportation of hazardous goods (max. 5 points)
- Greatest longitudinal incline of the tunnel (max. 3 points)
- Additional dangers posed by the tunnel (max. 3 points)

The points that are awarded are added up to provide the following risk assessment: very low (1 to 9 points), low (10 to 14 points), average (15 to 21 points), high (22 to 28 points) and very high (29 or more points).

The **safety and risk potentials** for a tunnel are added to-

Tabelle 1: 13 europäische Straßentunnel im Test 2009

Table 1: 13 European Road Tunnels in the 2009 Test

13 europäische Straßentunnel im Test 2009														
ADAC	Daten						Bewertung							ADAC - URTEIL
	Lage	Länge in Kilometern	Eröffnung	Fahrzeuge pro Tag/ Anteil Lkw in Prozent	Röhren gesamt	Tunnelsystem	Beleuchtung & Energieversorgung	Verkehr & Verkehrsüberwachung	Kommunikation	Flucht- & Rettungsweg	Brandschutz	Lüftung	Notfallmanagement	
<b>D DEUTSCHLAND</b>														
Warnow	B 105 in Rostock	0,8	2003	10 800/2	2	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Flughafen Tegel	A 111 in Berlin	1,0	1979	97 000/10	2	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Brudermühl	B 2R in München	0,8	1988	109 000/5,4	2	++	++	o	++	++	+	++	++	++
Schlossberg	Friedrich-Ebert-Anlage in Heidelberg	0,9	1968	14 000/6	1	-	++	++	++	++	++	++	++	+
<b>CH SCHWEIZ</b>														
Stigjitschugg	H 213 bei Visp	2,3	2008	4 700/7,5	1	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Colombey	H 21M0 bei Monthey	1,2	2003	6 500/2	1	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Flimserstein	A 19 bei Flims	2,9	2007	6 000/4,5	1	+	++	o	++	+	++	++	++	++
Vue-des-Alpes	H 20 bei La Chaux-de-Fonds	3,3	1994	19 500/2,8	1	+	++	-	+	--	o	++	++	o
<b>E SPANIEN</b>														
Vieha (Juan Carlos I)	N 230 bei Vieha	5,2	2007	2 800/14	1	+	++	++	++	++	++	++	++	++
Marchante	A 7 bei Málaga	1,4	2006	20 781/13,4	2	++	++	++	++	+	+	+	++	++
Piqueras	N 111 bei Soria	2,4	2008	1 149/15	1	+	++	++	++	++	+	--	++	+
Ordovico del Fabar	A 8 bei Ribadesella	1,4	2002	16 000/20	2	++	++	o	--	+	o	++	+	+
<b>HR KROATIEN</b>														
Tuhocić	A 6 bei Rijeka	2,1	1996	12 000/14	2	++	++	++	++	++	++	++	++	++

+++ sehr gut    ++ gut    o ausnehmend    - bedenklich    -- mangelhaft

14 Punkte), mittel (15 bis 21 Punkte), hoch (22 bis 28 Punkte) und sehr hoch (ab 29 Punkte).

Bei der **Gesamtbewertung** eines Tunnels werden Sicherheits- und Risikopotenzial zusammengeführt, wobei man bestimmte Sicherheitsmaßnahmen von vorhandenen Risikoparametern abhängig macht. So ist eine vergleichende Betrachtung der Tunnel untereinander möglich. Es gibt die Noten „sehr gut“, „gut“, „ausreichend“, „bedenklich“ und „mangelhaft“ (Tab. 1); in der Schweiz heißen die beiden letzten Noten „ungenügend“ und „bedenklich“.

Wird ein Tunnel insgesamt positiv bewertet (also „sehr gut“, „gut“ oder „ausreichend“), sollen möglichst alle 8 Katego-



1 Stadt-/Autobahntunnel unter den Start- und Landebahnen des Flughafens Tegel – Blick in eine der beiden Röhren

1 Urban/motorway tunnel below the takeoff and touchdown runways at Tegel Airport (view into 1 of the 2 tubes)

rien des Sicherheitspotenzials positive Bewertungen aufweisen, zumindest aber keine mangelhaften; anderenfalls setzt

gether to arrive at the overall assessment for a tunnel with certain safety measures depending on the existing risk pa-

rameters. In this way it is possible to compare tunnels with one another. The ratings “very good”, “good”, “adequate”, “critical” and “sub-standard” are generally applied (Table 1).

If a tunnel is assessed overall positively (in other words “very good”, “good” or “adequate”) all 8 safety potential categories should be evaluated positively. Otherwise the so-called k.o. criterion is applied so that the total rating cannot exceed “adequate”. This especially relates to escape and rescue paths as well as ventilation.

## 2009 Tunnel Test

During the first 2 months of this year the ADAC tested 13 tunnels in 4 countries [3, 4] together with DMT experts and

das sogenannte K.-o.-Kriterium ein, das zu einer Abwertung der Gesamtnote auf höchstens „ausreichend“ führt. Dies betrifft insbesondere die Flucht- und Rettungswege sowie die Lüftung.

## Tunneltest 2009

In den beiden ersten Monaten dieses Jahres haben der ADAC mit den DMT-Fachleuten und seine Partnerclubs 13 Tunnel in 4 Ländern getestet [3, 4], und zwar je 4 in Deutschland, Spanien und der Schweiz sowie 1 in Kroatien. Die Tunnel haben insgesamt 25,7 km Länge; davon haben 7 (54 %) eine und 6 (46 %) zwei Röhren mit 18 km (71 %) und 8 km (29 %) Länge. Die Einzeltunnellänge beträgt 800 m bis 5,2 km und im Mittel rd. 2 km. Bis auf 5 haben alle nach 2000 in Betrieb genommenen Tunnel zwei Röhren (Tab. 1). Alle untersuchten Tunnel hatten 2008 täglich insgesamt über 310 000 Durchfahrten (max. 109 000 in einem Tunnel), wovon im Mittel 7,2 % (max. 20 %) auf Lkw entfielen. In der Regel steigt die Unfallhäufigkeit mit zunehmendem Fahrzeugaufkommen und größerer Tunnellänge.

## Testergebnisse

Die 13 getesteten Tunnelröhren lieferten in der Gesamtwertung ausschließlich positive Noten. Gleich 9 Tunnel wurden mit „sehr gut“ benotet, 3 schnitten mit „gut“ ab und selbst der schlechteste Tunnel im diesjährigen Test schaffte noch ein „ausreichend“. Damit erzielte dieser ADAC-Tunneltest das bisher beste Ergebnis in seiner 11-jährigen Geschichte [7–16].

Der **Warnowtunnel** (2003) im Nordosten Deutschlands verbindet die beiden Ufer der Warnow in Rostock; er ist der erste privatwirtschaftlich betriebene und daher mautpflicht-



2 Tunnelleitzentrale des Tunnels Flughafen Tegel

2 Tunnel control centre for the Tegel Airport Tunnel

tige Tunnel des Landes. Er kann als Vorbild dienen; die beiden Röhren werden in einer rund um die Uhr mit regelmäßig geschultem Personal besetzten Tunnelwarte mit Video überwacht, bei besonderen Ereignissen schaltet sich automatisch ein Bild auf und für den Notfall stehen alle 150 m Notrufe und Feuerlöscher bereit. Ein automatisches Brandmeldesystem sorgt im Brandfall für die Aktivierung der ausreichend bemessenen Lüftung, die Sperre des Tunnels und die Alarmierung der Feuerwehr. Diese ist ebenso gut ausgebildet wie ausgestattet und arbeitet mit dem Tunnelpersonal eng zusammen, was auch in gemeinsamen Notfallübungen immer wieder erprobt wird. Für eine wirkungsvolle Selbstrettung sorgen die deutlich gekennzeichneten Fluchtwege und die Querschläge zur anderen Röhre bei gut gekennzeichneten Notausgängen.

Der **Tunnel am Flughafen Tegel** in Berlin, der Start- und Landebahnen unterquert, hat sich nach einer Grundsanierung (38 Mio. Euro) zu einem hochmodernen Stadt- und Autobahntunnel entwickelt (Bild 1). trotz hoher Fahrzeugdichte und täglicher Staus erzielte der Tunnel mit seiner ständig besetzten Tunnelleitzentrale

its partner associations – namely 4 each in Germany, Spain and Switzerland as well as 1 in Croatia. The tunnels possess a total length of 25.7 km with 7 of them having a single tube (54 %) and 6 (46 %) two tubes – with lengths of 18 km (71 %) and 8 km (29 %) respectively. The lengths of the individual tunnels ranged from 800 m to 5.2 km averaging around 2 km. With the exception of 5, all tunnels opened after 2000 possess 2 tubes (Table 1). The tunnels investigated were used by a total of more than 310,000 vehicles per day (max. 109,000 for one tunnel) with on average 7.2 (max. 20 %) of them being lorries. Generally speaking the incidence of accidents rises with greater traffic volumes and tunnel lengths.

## Test Results

The 13 tunnel tubes that were tested generally resulted in positive ratings. No less than 9 tunnels were awarded “very good”, 3 “good” and even the poorest in the test was given an “adequate” rating. As a consequence the ADAC Tunnel Test attained the best result of its 11-year history [7–16].

The **Warnow Tunnel** (2003) in the north east of Germany links the 2 banks of the Warnow in Rostock; it is the country’s first

privately run tunnel and thus tolls are the order of the day. It can serve as an example. The 2 tubes are monitored 24/7 via video from a control centre manned with regularly trained personnel with an image automatically displayed in the event of incidents and emergency call facilities and fire extinguishers set up every 150 m. An automatic fire alarm system ensures that properly dimensioned ventilation is switched on, the tunnel closed and the fire brigade informed. This is equally well trained and equipped and works in harmony with the tunnel staff, something that has been shown on a regular basis through joint emergency drills. The well marked escapeways and the cross-passages leading to the other tube together with well distinguished emergency exits ensure effective self-rescue.

The **Tegel Airport Tunnel** in Berlin, which undercrosses the take-off and landing runways, has become an ultra-modern urban and motorway tunnel (Fig. 1) thanks to a thorough renovation scheme. In spite of a high volume of vehicles and daily tailbacks the tunnel achieved a “very good” rating by dint of its permanently manned control centre (Fig. 2) and optimal fire protection [17]. The **Brudermühl Tunnel** in Munich (Fig. 3) received the same rating (with up to 109,000 vehicles per day this is the tunnel with the greatest traffic frequency in the test) – with 2 extremely bright tubes with sufficiently wide lanes and breakdown bays at short intervals in fact set 60 m apart as well as modern video monitoring (Fig. 4).

The **Vue-des-Alpes Tunnel** near La Chaux-de-Fonds in Switzerland awarded an “adequate” rating, is a 2-way facility with a high traffic volume and weak lighting. There are no loudspeakers in the tunnel nor is there a height check at the

(Bild 2) und dem optimalen Brandschutz [17] ein „sehr gutes“ Ergebnis. Ebenso bewertet wurde der **Brudermühltunnel** (Bild 3) in München (mit bis 109000 Fahrzeugen je Tag der Tunnel mit der größten Verkehrsbelastung im Test) mit zwei sehr hellen Röhren mit ausreichend breiten Fahrspuren und Pannenbuchten in kurzem Abstand, Notausgängen sogar alle 60 m und moderner Videoüberwachung (Bild 4).

Beim mit „ausreichend“ bewerteten **Tunnel Vue-des-Alpes** bei La Chaux-de-Fonds in der Schweiz hat der Gegenverkehrstunnel mit hoher Verkehrsbelastung eine schwache Beleuchtung; es fehlen Lautsprecher im Tunnel sowie die Höhenkontrolle an den Portalen; es gibt nur alle 300 m Kameras für die Videoüberwachung sowie Notrufe, Feuerlöscher und Hydranten. Die Fluchtwege sind nicht ausreichend gekennzeichnet und die Abstände der Notausgänge zu groß. Für die schlechtere Bewertung ausschlaggebend war, dass die Fluchtkammern keinen zweiten Ausgang haben; im Brandfall kann ein längerer Aufenthalt darin kritisch werden.

### Nach Aufrüstung „sehr gut“

2 beim früheren Test „mangelhafte“ Tunnel wurden jetzt erneut getestet. Als Lohn für die großen Bemühungen der Betreiber, das Sicherheitsniveau ihrer Tunnel zu verbessern, sind sie jetzt „sehr gut“:

■ Der spanische **Tunnel Vielha** (mit 5,2 km längster Tunnel im Test) erhielt eine neue Tunnelröhre (Juan Carlos I) und ergab nun den ersten Tunneltest in der EuroTAP-Geschichte mit einem hochmodernen stationären Sprühwasser-Löschsystem. Die alte Tunnelröhre



3 Portal des Brudermühltunnels in München mit täglich 109000 Fahrzeugen

3 Brudermühl Tunnel portal in Munich with a daily frequency of 109,000 vehicles

(Photos: ADAC)

(Alfonso XIII) wird als Flucht- und Rettungsstollen genutzt. Durch die Errichtung einer Tunnelzentrale mit modernster Überwachungstechnik wurden die Voraussetzungen für ein zuverlässiges Sicherheitsmanagement geschaffen.

■ Auch beim **Tunnel Tuhobić** bei Rijaka in Kroatien wurde das Sicherheitskonzept mit Inbetriebnahme der zweiten Tunnelröhre deutlich verbessert; damit besteht im Notfall Fluchtmöglichkeit in die andere Röhre. Die Lüftung im Brandfall wurde verbessert, Videoüberwachung und Abschlusschranken installiert sowie eine eigene Tunnelfeuerwehr geschaffen.

### Abwertung nach K.-o.-Kriterium

2 Tunnel wurden nach dem K.-o.-Prinzip wegen einer mangelhaften Kategorie von „sehr gut“ auf „gut“ abgestuft. Das Gesamtergebnis 2009 wäre sonst noch besser ausgefallen.

■ Beim **Schlossbergtunnel** in Heidelberg griff die Kategorie Tunnelsystem wegen seiner nur 2,85 m breiten Fahrspuren und lediglich 50 cm schmalen Notgehwege. Außerdem gibt es weder Pannenbuchten noch durchgehende Standspuren. Die

ry 300 m. The escapeways are not properly marked and the gaps between emergency exits too large. What determined the poorer assessment, however, was the fact that the escape shelters do not possess a second exit, signifying that a lengthy stay in them in the event of fire can become critical.

### “Very good” following Retrofitting

Two of the tunnels which were assessed to be “sub-standard” during an earlier test were checked out once more. They are now rated as “very good” thanks to the efforts on the part of the operators to improve the safety level of their tunnels:

■ The Spanish **Vielha Tunnel** (5.2 km making it the longest in

portals; cameras for video monitoring as well as emergency calls, fire extinguishers and hydrants are only to be found eve-

1862 als Eisenbahntunnel erbaute Röhre wurde 1968 Straßentunnel und in den vergangenen Jahren technisch aufgerüstet.

■ Beim spanischen **Tunnel Piqueras** (2008) bei Soria griff die Kategorie Lüftung, weil der fast 2,5 km lange Tunnel im Gegenverkehr nur eine konventionelle Längslüftung hat, wobei die natürliche Längsströmung im Fall eines Brandes nicht berücksichtigt und nicht ausreichend kontrolliert wird; das kann zu einer Verrauchung des gesamten Tunnels führen.

### Die häufigsten Mängel im Test

Bei knapp  $\frac{1}{3}$  fehlten Lautsprecher, mit deren Hilfe Autofahrer bei ihrer Fahrt durch den Tunnel über besondere Ereignisse informiert und Anweisungen gegeben werden können. Bei ebenso vielen sorgten dunkle Tunnelwände für eine düstere Atmosphäre. Bei knapp  $\frac{1}{4}$  fehlten jeweils Schranken zur Tunnelsperrung und/oder Informationstafeln vor den Portalen, war der Funkverkehr für alle Einsatzkräfte nicht durchgehend möglich oder die Anfahrzeit der Feuerwehr zu lang. In 2 Schweizer Tunneln ist der Abstand der Notausgänge (bis 560 m) zu groß.

### Ausblick

Um die nach der EU-Richtlinie geforderten Nachrüstungen der Tunnel fristgemäß zu erreichen, werden beträchtliche Mittel aufgewendet, z. B. in Deutschland 570 Mio. EUR für die Tunnel der Bundesstraßen (300 Mio. EUR für Betriebs- und Bautechnik und 270 Mio. EUR für Bautechnik wie Fluchtwege, Pannenbuchten usw.) und in der Schweiz bis 2012 über 470 Mio. EUR.

Das Ergebnis auch dieses Tunneltests zeigt den großen

Handlungsbedarf der Tunnelbetreiber. Für sie werden Empfehlungen gegeben und für die Autofahrer Tipps über das Verhalten beim Fahren durch Tunnel und dabei auftretende Unregelmäßigkeiten (Stau, Pannen, Unfälle und Brandfälle). 

#### Literatur

- [1] EuroTAP (European Tunnel Assessment Programm). tunnel 2/2008, S. 46–47.  
 [2] Richtlinie 2004/54/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. 4. 2003 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz (EG-Tunnel-Richtlinie), Brüssel; Abt. L 167 vom 30. 4. 2004, S. 39–91.  
 [3] Tunnel im Test. ADACmotorwelt 5/2009, S. 3 und S. 10.  
 [4] ADAC-(euroTAP-)Tunneltest 2009. ADAC e.V., München (60 S.).  
 [5] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln (70 Seiten); tunnel 7/2006, S. 60.  
 [6] Projektierung Tunnel, Grundlagen. Schweizer Norm SN 505. 197 (SIA 197) und Straßentunnel SN 505.197/2 sowie Untertagebau SN 507.198/531. 198 (SIA 198), 2004; tunnel 4/2005, S. 83–88.  
 [7] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 1999). tunnel 5/1999, S. 2–4.  
 [8] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2000). tunnel 5/2000, S. 55–64.  
 [9] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2001). tunnel 6/2001, S. 52–61.  
 [10] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2002). tunnel 7/2002, S. 48–53.  
 [11] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2003). tunnel 6/2003, S. 43–49.  
 [12] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2004). tunnel 6/2004, S. 40–47.  
 [13] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2005). tunnel 8/2005, S. 34–37.  
 [14] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2006). tunnel 8/2006, S. 48–53.  
 [15] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2007). tunnel 8/2007, S. 38–43.  
 [16] Sicherheit in Straßentunneln (ADAC-Tunneltest 2008). tunnel 4/2008, S. 72–79.  
 [17] Brandschutztechnische Ausrüstung des Tunnels Flughafen Tegel in Berlin/D. tunnel 2/2008, S. 48–50.

the test) was provided with a new tube (Juan Carlos I) and proved to be the first tunnel tested in EuroTAP history to be provided with an ultra-modern stationary sprinkling water extinguishing system. The old tunnel tube (Alfonso XIII) is used as an escape and rescue tunnel. By equipping the tunnel control centre with super-modern monitoring technology the prior conditions for reliable safety management were created.

■ The safety concept for the Tunnel Tuhobić near Rijaka in Croatia was also substantially improved thanks to the second tube being opened so that an escape opportunity into the other tube is available in the event of fire. The ventilation in case of fire was also enhanced, video monitoring and end barriers installed as well as the tunnel's own fire brigade set up.

### Downgrading according to k.o. Criterion

Two tunnels were downgraded in accordance with the k.o. criterion from "very good" to "good" on account of a sub-standard category. Otherwise the overall result for 2009 would have been even better.

■ The **Schlossberg Tunnel** in Heidelberg was affected by the tunnel system category on account of its only 2.85 m wide lanes and its narrow emergency paths of only 50 cm. Furthermore there are neither breakdown bays nor continuous hard shoulders. The tunnel was built as a railway tunnel back in 1862 and was converted to accommodate road traffic in 1968. It has been retrofitted technically in recent years.

■ The ventilation category influenced the Spanish **Piqueras Tunnel** (2008) near Soria because the almost 2.5 km long tunnel with 2-way traffic possesses a conventional longitu-

nal ventilation system, with the natural longitudinal current remaining unconsidered and insufficiently supervised in the event of fire, something that can lead to the whole tunnel filling up with smoke.

### The most frequent Faults in the Test

Loudspeakers were missing in almost 50 % of cases by means of which motorists are informed about particular incidents and provided with instructions while passing through the tunnel. In just as many cases dark tunnel walls gave the impression of a rather subdued atmosphere. Barriers for closing the tunnel were missing in almost  $\frac{1}{4}$ th of them and/or information panels in front of the portals, radio contact was not continuously available for all the emergency services or the fire service required too much time to reach the spot. In 2 Swiss tunnels the distance between emergency exits (up to 560 m) is too excessive.

### Outlook

In order to retrofit tunnels according to schedule in keeping with the European guideline, considerable sums of money are being spent, e.g. 570 mill. euros in Germany for federal highway tunnels (300 mill. for operating technology and 270 mill. euros for construction technology involving escapeways, breakdown bays etc.) and in Switzerland more than 470 mill. euros up until 2012.

The outcome of this tunnel test indicates the great necessity for action on the part of tunnel operators. Recommendations are provided for them and tips on how to conduct oneself while driving through a tunnel given for motorists as well as on how to cope with irregularities (tailbacks, breakdowns, accidents and cases of fire). 