

Sicher durch den Tunnel? – Menschliches Verhalten bei Bränden in Straßentunneln

Der folgende Beitrag ist ein Vortrag des Deutschen tunnel-Forums, das regelmäßig von Ihrer Fachzeitschrift tunnel in Zusammenarbeit mit der STUVA angeboten wird. Die nächsten Foren finden am 6. November 2012 in Stuttgart und 7. November 2012 in München statt.

Bricht ein Feuer in einem Straßentunnel aus, ist schnelles und sicheres Reagieren der Nutzer notwendig. Frühzeitiges Erkennen der Gefahr, schnelles Auslösen eines Feueralarms und zügiges Verlassen des Tunnels können lebensrettend sein. Umso kritischer ist deshalb, dass viele Verkehrsteilnehmer oft nicht angemessen auf Risiken im Tunnel reagieren und sich teilweise durch Fehlverhalten sogar in noch größere Gefahr bringen. Die Analyse der Brandkatastrophe im Tauern-Tunnel vom 29. Mai 1999 zeigte, dass einige Verkehrsteilnehmer ihre Fahrzeuge nicht verließen oder zu diesen zurückkehrten, um Dokumente aus ihren Fahrzeugen zu retten. Dieses Verhalten forderte in diesem Fall 3 Todesopfer [1]. An dieser Stelle setzt psychologische Sicherheitsforschung an mit dem Ziel, das Verhalten der Tunnelnutzer genau zu analysieren und darauf aufbauend Maßnahmen zu entwickeln, die die Reaktionen der Verkehrsteilnehmer während kritischer Situationen verbessern können (Bild 1).

Max Kinateder, Andreas Mühlberger, Paul Pauli
Lehrstuhl für Psychologie I, Universität Würzburg/D

Ein Beispiel für diese Art von angewandter psychologischer Sicherheitsforschung ist die hier beschriebene Felduntersuchung, die die Universität Würzburg gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Ruhr-Universität Bochum realisiert hat [2]. In der Studie wurden die teilnehmenden Probanden mit einer Unfallsituation mit

Safely through the Tunnel? – How People behave in Tunnel Fires

The following report is a paper to be presented at the German tunnel-Forum, which is staged regularly by your tunnel magazine in conjunction with the STUVA. The next forum will be held in Stuttgart on November 6, 2012 and Munich on November 7, 2012.

Should fire break out in a road tunnel it is essential that users react quickly and properly. Early detection of the danger, speedy triggering of a fire alarm and rapid evacuation of the tunnel can save lives. Thus it remains a critical factor that many motorists do not react appropriately to risks within the tunnel and actually place themselves

in even more danger in some case through false behaviour. The analysis of the fire disaster in the Tauern Tunnel on May 29, 1999 revealed that some motorists did not vacate their vehicles or returned to them in order to recover documents. In this particular case this behaviour cost 3 lives [1]. This is where psychological safety research has a role to play by determining exactly how tunnel users behave and then by developing measures,

1

Simulierter Verkehrsunfall im Engelbert-Tunnel Gevelsberg (links) und Untersuchungsaufbau (rechts)

Simulated traffic accident in the Engelbert Tunnel Gevelsberg (left) and investigation set-up (right)



Brand in einem Straßentunnel konfrontiert und ihr Verhalten wurde beobachtet. Neben der systematischen Analyse des Nutzerverhaltens sollten 2 Maßnahmen zur Verbesserung des Verhaltens bei Tunnelbränden evaluiert werden sowie die Validität vergleichbarer Studien in virtueller Realität überprüft werden.

45 Probanden wurden zufällig einer von 3 Untersuchungsbedingungen zugewiesen: Eine naive Kontrollgruppe erhielt vorab keinerlei Informationen über richtiges Sicherheitsverhalten im Tunnel. Eine zweite Gruppe las eine Woche vorher eine Informationsbroschüre der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) über sicheres Verhalten in Straßentunneln (ein link mit download zur Broschüre befindet sich am Ende dieses Beitrags), und eine dritte Untersuchungsgruppe las ebenfalls die Informationsbroschüre und trainierte zudem richtiges Verhalten bei Tunnelbränden in einem virtuellen Fahrsimulator (Bild 2). Eine Woche später

fuhren alle Probanden durch den realen Straßentunnel, der den neuesten Sicherheitsbestimmungen der Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) entspricht [3]. Während der Fahrt war der Tunnel durch einen simulierten Verkehrsunfall mit Brandentwicklung blockiert (Bild 1).

Ein Unfall im Tunnel mit Brand erfordert schnelles und richtiges Reagieren. Das entsprechende Verhalten wurde durch die Informationsbroschüre und das virtuelle Training eine Woche zuvor vermittelt. Als besonders wichtig wird angesehen, in einer Brandsituation das Fahrzeug möglichst schnell zu verlassen, Hilfe zu holen (z.B. über eine Notrufsäule) und dann über den Notausgang sich selbst in Sicherheit zu bringen. Das Verhalten der Probanden, die vorab nicht genau wussten, was sie in dem Tunnel erwartet, wurden in einem ersten Schritt, basierend auf Beobachtungsprotokollen und Videoaufzeichnungen, hinsichtlich dieser erwünschten



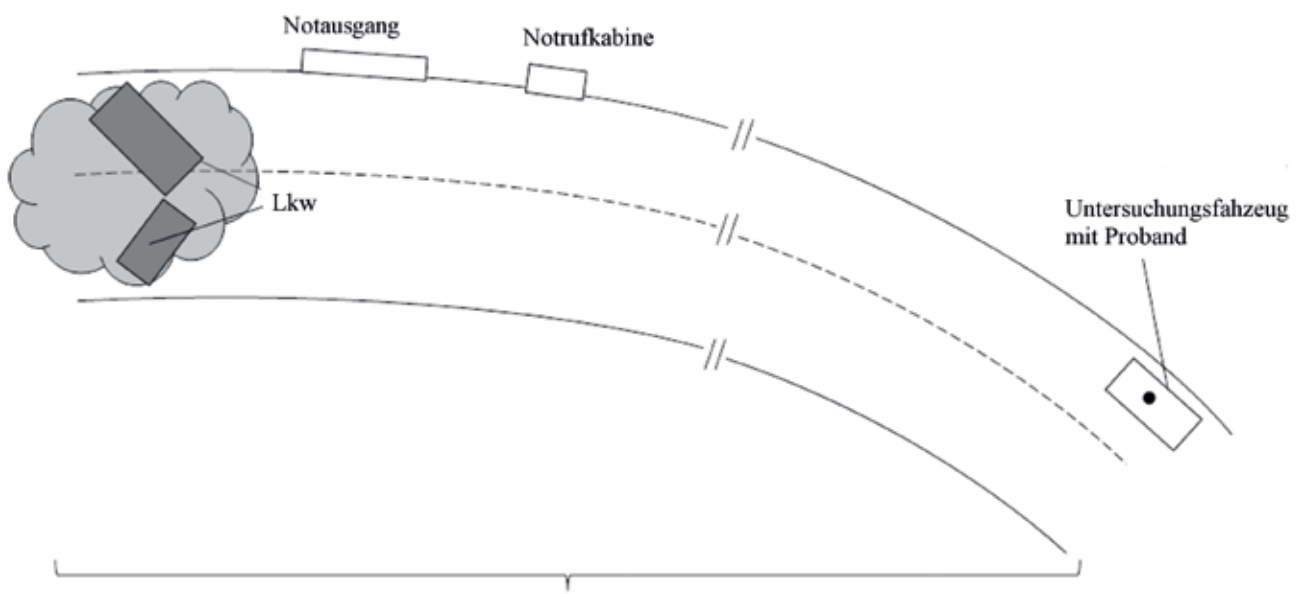
Screenshot des virtuellen Fahrtrainings. Im rechten oberen Bildrand ist ein Proband in einem Fahrsimulator abgebildet. Ein sogenanntes Head Mounted Display versetzt ihn in die virtuelle Welt und er kann mit Steuerelementen in der virtuellen Welt navigieren

Screen shot of the virtual driving training. A participant in a driving simulator is shown in the right upper edge of the picture. A so-called head mounted display places him in the virtual world and he can navigate within the virtual world with control elements

which can improve the reactions of motorists during critical situations (Fig. 1).

The field investigation described here accomplished by the University of Würzburg together with the Federal Highway Research Institute (BASt) and the University of Bochum [2] represents an example for this kind

of applied psychological safety research. In the study the test persons taking part were confronted with an accident scenario involving fire in a road tunnel and their behaviour was observed. In addition to the systematic analysis of user behaviour, 2 measures for improving behaviour in the event of tunnel fires





Beispiel einer Probandin (rechts im Bild), die versucht über die Fluchtwegbeschilderung einen Notruf abzusetzen. Eine Versuchsleiterin mit Warnweste beobachtet die Teilnehmerin. Im Hintergrund befindet sich der simulierte Unfall. Der Bildausschnitt rechts oben zeigt die Situation aus Sicht der Probandin

Example of a female candidate (on the right), who is attempting to transmit an emergency call via an escapeway sign. A test supervisor wearing a safety vest observes the participant. The simulated accident can be seen in the background. The section of the picture above right shows the situation as seen by the candidate

Verhaltensweisen analysiert.

Die Daten zeigten klar, dass unangemessenes und selbstgefährdendes Verhalten vor allem in der nicht informierten, untrainierten Probandengruppe auftrat. So blieb gut 1/5 der Kontrollgruppe im Fahrzeug sitzen, teilweise bis sie vollständig vom Rauch eingeschlossen waren. Insgesamt suchten weniger als die Hälfte der Kontrollgruppe den Notausgang oder die Notrufsäule in der Nähe der Unfallstelle auf. Dies ist nicht zuletzt deswegen bemerkenswert, da die Probanden meist unmittelbar neben der Notrufokabine oder dem Notausgang zum Stehen kamen. Dieses Verhaltensmuster wäre im Ernstfall lebensbedrohlich. Es zeigte sich außerdem eine Reihe von situationsinadäquaten Verhaltensweisen: Einige Probanden näherten sich dem Brand gefährlich nahe an, blieben einfach im Fahrzeug sitzen oder versuchten zu wenden, was bei

einem Tunnel mit Gegenverkehr ein erhebliches Risiko darstellt. Eine Nachbefragung ergab, dass einige der Teilnehmer weißen Rauch bei einem Brand als ungefährlich bewerteten. Besonders unerwartet und daher sehr aufschlussreich war das Fehlverhalten einer Probandin, die versuchte, obwohl dies unmöglich ist, eine an der Tunnelwand angebrachte, selbstleuchtenden Fluchtwegbeschilderung wie ein Touchpad zu benutzen und einen Notruf abzusetzen (Bild 3).

Die eine Woche vor der Feldstudie durchgeführten Maßnahmen hatten eine klar erkennbare positive Auswirkung auf das Sicherheitsverhalten. Knapp 3/4 der informierten und alle der in Verhaltensregeln trainierten Probanden reagierten angemessen auf die Situation und verließen das Untersuchungsfahrzeug an der Unfallstelle und suchten entweder den Notausgang oder die Notrufokabine auf.

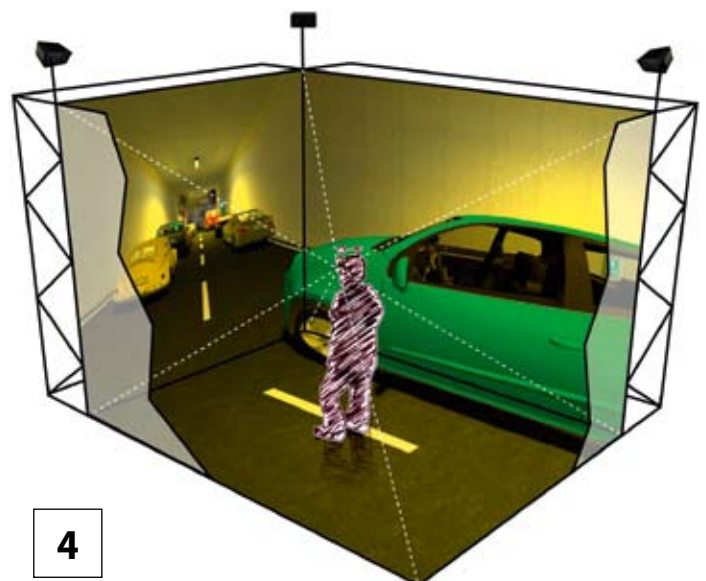
were to be evaluated and the validity of comparable studies examined in virtual reality.

45 test persons were randomly allocated to one of 3 investigation scenarios: a naïve control group received no information at all in advance relating to proper safety behaviour in the tunnel. A second group read an information brochure from the Federal Highway Research Institute (BAST) on safe conduct in road tunnels (a link with download of the brochure is to be found at the end of this article) – and a third group also read the brochure and practised proper behaviour during tunnel fires in a virtual driving simulator (Fig. 2). A week later all the candidates drove through the actual road tunnel, which corresponds to the latest safety regulations contained in the Guidelines for Furnishing and Operating Road Tunnels (RABT) [3]. During the journey the tunnel was blocked by a simulated traffic accident with accompanying fire (Fig. 1).

An accident involving fire in a tunnel requires fast and proper reactions. The appropriate beha-

viour was passed on in the form of the information brochure and the virtual training the previous week. It is regarded as being especially important that the vehicle is vacated as soon as possible, to fetch help (e.g. via an emergency telephone) and then to use an emergency exit to get to safety. The behaviour of the test persons, who were not aware in advance just what awaited them in the tunnel, was analysed in an initial step, based on observation protocols and video recordings with respect to the desired manner of behaviour.

The data clearly revealed that inappropriate and self-endangering behaviour first and foremost occurred in the non-informed, untrained group of candidates. Thus a good 1/5th of this control group remained sitting in their vehicle, in some cases until it was completely enveloped with smoke. All in all less than the half of this control group tried to find the emergency exit or the emergency telephone in the vicinity of the scene of the accident. This is particularly surprising as the test persons usually came to a



4

Schematische Darstellung eines Probanden im 3D-Multisensoriklabor
Schematic presentation of a candidate in the 3D multi-sensoric lab

Ein interessantes Ergebnis der Untersuchung war auch, dass sich Frauen und Männer unterschiedlich verhielten: Alle uninformierten untrainierten Teilnehmer, die den Notausgang oder direkt die Notrufrkabine aufsuchten, waren weiblich. Männliche Probanden blieben dagegen besonders häufig im Fahrzeug sitzen, vermutlich weil sie sich dort sicher fühlten. Ohne präventive Maßnahme verhielten sich die männlichen Probanden also deutlich ungünstiger als die weiblichen Teilnehmerinnen. Bereits die Informationsbroschüre konnte diesen Geschlechtereffekt deutlich abschwächen, und das virtuelle Verhaltenstraining ließ das ungünstige Verhalten der männlichen Untersuchungsteilnehmer vollständig verschwinden. Es lässt sich also festhalten, dass Informationsmaßnahmen und insbesondere Verhaltenstraining in der virtuellen Welt das Sicherheitsverhalten von Tunnelnutzern, insbesondere von Männern, deutlich verbessern kann.

Neben der Art des Verhaltens ist auch die Zeit bis zur Selbstrettung eine überlebenswichtige Variable. Jede Sekunde, die ein Nutzer weniger zur Selbstrettung benötigt, kann entscheidend sein. In dieser Feldstudie zeigte sich, dass trainierte Probanden ihr Fahrzeug nicht nur häufiger, sondern auch im Schnitt fast 20 Sekunden schneller als Probanden der anderen beiden Untersuchungsgruppen verlassen. Hier scheint sich das virtuelle Verhaltenstraining besonders auszuzahlen, da „nur“ informierte und naive Probanden etwa gleich lang benötigten, um ihr Fahrzeug zu verlassen. Eine mögliche Erklärung ist,

dass sich das Verhaltenstraining im sogenannten prozeduralen Gedächtnis niederschlägt. Die dort abgespeicherten Handlungsabläufe können besonders leicht und schneller als reines Faktenwissen abgerufen werden. Die Ergebnisse bestätigen also die Annahme, dass Verhaltensübungen eine deutlich höhere Handlungsrelevanz besitzen als rein theoretisch vermittelte Information. Verhalten, das in der virtuellen Welt geübt wurde, kann wahrscheinlich besonders gut in korrektes Verhalten in einem realen Setting übertragen werden. Dies belegt die ökologische Validität des virtuellen Trainings und bestätigt die Wirksamkeit und Nützlichkeit von Trainingssimulationen. Bedenkt man, dass reale Verhaltensübungen für Gefahrensituationen in Straßentunneln aus verschiedensten Gründen nur äußerst schwer und sicherlich nicht flächendeckend für alle Verkehrsteilnehmer umzusetzen sind, könnten virtuelle Trainingswelten (Stichwort „Serious Games“) eine vielversprechende Möglichkeit sein, große Teile der Bevölkerung für ein Verhaltenstraining zu erreichen. Zwar sind weitere empirische Studien notwendig, um diese Ergebnisse zu untermauern, es lässt sich jedoch festhalten, dass virtuelle Trainings zu einer Verbesserung und einem schnelleren Ablauf des Nutzerverhaltens im Ereignisfall und damit zur Sicherheit in Straßentunneln beitragen könnten.

Die Ergebnisse dieser Feldstudie verdeutlichen die Wichtigkeit präventiver Maßnahmen. Unabhängig von statistischer Signifikanz bedeutet jede Person, die ihr Fahrzeug bei einem Großbrand im Tunnel schnell

halt directly alongside the SOS-telephone or the emergency exit. This pattern of behaviour would be life-threatening in an emergency. Furthermore a series of inappropriate approaches were revealed: some of the candidates moved too close to the fire, simply remained seated in their vehicle or attempted to turn, something that represents a considerable risk in a 2-way tunnel. A subsequent survey indicated that some of the participants evaluated white smoke during a fire as less dangerous. Especially unexpected and thus extremely indicative was the erroneous behaviour of one female candidate, who tried to use an illuminated escapeway sign attached to the wall as a touchpad – although

entirely impossible – to send an emergency call (Fig. 3).

The measures undertaken a week prior to the field study had a clearly identifiable positive effect on the safety behaviour. Almost 3/4s of the test persons, who had been briefed and all those trained in how to react tackled the situation adequately and vacated their vehicle at the accident scene either heading for the emergency exit or the SOS-telephone.

Another interesting result obtained from the investigation was that men and women acted differently: all uninformed participants without training, who headed directly to the SOS-telephone or the emergency exit, were female. Male candidates

Immer im Einsatz

**Front-Ausleger
DUA 700/800**

Heute:
Tunnel-Reinigung

Eine nicht alltägliche Aufgabe für einen DUA. Ausgestattet mit Reinigungsbürste und Hochdruck-Reinigungsanlage schafft er bis zu 2000 m² pro Stunde.



Diese Front-Ausleger werden mit entsprechenden Vorsätzen zu Reinigungs-Profis für Wände, Verkehrsschilder und Leitpfosten...
Sie können damit aber auch Mähen, Mulchen, Heckenschneiden, Pflasterputzen, Kehren und was Ihnen darüber hinaus einfällt.

Technik für Landschaftspflege und Landwirtschaft

MASCHINENFABRIK
dücker

Gerhard Dücker GmbH & Co. KG
48703 Stadtlohn • Wendfeld 9
Tel. (0 25 63) 93 92-0 • Fax 93 92 90
info@duecker.de • www.duecker.de

verlässt und sich dann adäquat verhält, mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Todesopfer weniger. Angesichts der Tatsache, dass viele der Opfer bei bisherigen Brandkatastrophen in ihren Fahrzeugen erstickt sind, ist es entscheidend, Nutzer dazu zu bewegen, ihre Fahrzeuge im Ereignisfall zu verlassen und sich zu retten. Auch die Analyse der großen Tunnelbrände in den Alpen unterstreicht, dass das Nutzerverhalten in der Phase der Erstrettung (Selbstrettung, bevor Rettungskräfte vor Ort sind) entscheidend ist. Bei der Montblanc-Katastrophe im Jahr 1999 starben 39 Menschen. 27 von ihnen hatten während des Ereignisses nicht ihr Fahrzeug verlassen und 2 Personen hatten in anderen Fahrzeugen Zuflucht gesucht. In der Folge wurden diese Personen vom Rauch eingeschlossen und erstickten in den Fahrzeugen [1]. Auch ein Weiteres, zum Glück glimpfliches Beispiel verdeutlicht, dass auch modernste Sicherheitseinrichtungen kein optimales Verhalten der Nutzer garantieren können: Im April 2010 wurde in einem Autobahntunnel, in dem sich der Verkehr staute, Feueralarm ausgelöst. Per Lautsprecherdurchsage wurden die sich im Tunnel befindlichen Personen dazu aufgefordert, ihre Fahrzeuge und den Tunnel über die Notausgänge zu verlassen. Augenzeugen berichteten, dass nur sehr wenige Personen dieser Aufforderung folgten. Glücklicherweise handelte es sich um einen Fehlalarm, so dass niemand zu Schaden kam.

Menschliches Fehlverhalten führte also bereits wiederholt zu teilweise schwerwiegenden Konsequenzen. Die Tunnelnutzer verlassen bei Gefahr oft nicht unmittelbar ihre Autos

und gehen nicht geordnet zum nächstgelegenen Notausgang, um sich in Sicherheit zu bringen. Die beiden zuvor beschriebenen Beispiele und auch die Analyse weiterer Tunnelbrände zeigen 2 wichtige Punkte auf: Erstens haben sich die Sicherheitsbedingungen zwar erheblich verbessert, aber die sehr guten Rahmenbedingungen werden von den Verkehrsteilnehmern nicht immer optimal genutzt. Zweitens finden sich neben zahlreichen funktionalen Verhaltensweisen, wie etwa Erste Hilfe leisten, Notruf absetzen, oder einen Notausgang aufsuchen, auch typische, dysfunktionale Verhaltensweisen wie zum Beispiel das Verbleiben im Auto bei einem Brand, die Zuflucht in nicht-feuerfeste Rettungsnischen oder die Rückkehr zum Auto. Interessant ist, dass nur wenige Personen während der beschriebenen Ereignisse in Panik reagieren. Vielmehr ist zu beobachten, dass die meisten Menschen auch in Extremsituationen überlegt handeln, aber oftmals falsche Entscheidungen treffen [4].

Das optimale Sicherheitsverhalten im Ereignisfall ist allerdings für verschiedene Ereignisse nicht immer gleich: Beispielsweise kostete die Erste-Hilfe-Leistung beim Brand im Viamala-Tunnel (2006) 2 Helfern das Leben, im Vösendorf-Tunnel (2008) dagegen konnten 2 Menschenleben durch den beherrzten Einsatz anderer gerettet werden [1]. Ein Problem bei der Optimierung menschlichen Verhaltens im Ereignisfall im Tunnel ist, dass viele Faktoren berücksichtigt werden müssen und es keine allgemein gültigen Regeln gibt, die auf alle Gefahrensituationen zutreffen.

Durch die Umsetzung von Si-

on the other hand tended to remain sitting in their vehicle presumably as they felt they were safe there. In other words without a preventive measure the male participants behaved in a far more inappropriate manner than their female counterparts. The information brochure on its own sufficed to reduce this difference between the sexes substantially and the virtual behavioural training saw the unfavourable behaviour of the male participants in the investigation disappear altogether. It can be concluded that informative measures and behavioural training in the virtual world in particular can considerably improve the safety behaviour of tunnel users, especially the men.

Apart from the type of behaviour the time that elapses till self-rescue also remains an essential variable. Every second that a tunnel user requires for evacuation purposes, can be decisive. The field study demonstrated that trained candidates vacated their vehicle more frequently as well as on average almost 20 seconds faster than participants belonging to the other groups involved in the study. In this case virtual behavioural training in particular appears to pay dividends as naive participants only provided with information required roughly the same time to vacate their vehicle. A possible explanation is that the behavioural training is registered in the so-called procedural memory. The sequence of actions stored there can be recalled with particular ease and speedily as pure factual knowledge. In other words the results confirm the assumption that behavioural exercises express a further fortunately mild example that modern safety installations are also unable to

guarantee optimal behaviour on the part of users: in April 2010 the fire alarm was sounded in a motorway tunnel, in which there was a traffic tailback. The loud-speaker announcement called on the persons located within the tunnel to vacate their vehicle and the tunnel via the emergency exits. Eye-witnesses reported that only very few persons actually responded. Fortunately the alarm was sounded by error so that no one was hurt.

Human error has thus repeatedly led to in some cases serious consequences. Tunnel users frequently do not vacate their vehicle in the event of danger and do not seek out the nearest emergency exit in an orderly fashion to get to safety. The 2 above-mentioned examples as well as the analysis of further tunnel fires indicate 2 important points: firstly although safety conditions have improved substantially the extremely good general conditions are not always exploited optimally by motorists. Secondly apart from numerous functional behaviour patterns such as e.g. providing First Aid, initiating an emergency call or looking for an emergency exit there are typical, dysfunctional patterns such as remaining in the car during a fire, evacuating to non-fireproof rescue rooms or returning to the car. It is interesting to observe that only few persons react in panic to the described events. Rather it is observed that most people act in a considered manner even during extreme situations but frequently take false decisions [4].

However the optimal way to behave in the event of something happening is not always the same for different events: for instance 2 helpers lost their lives providing First Aid during

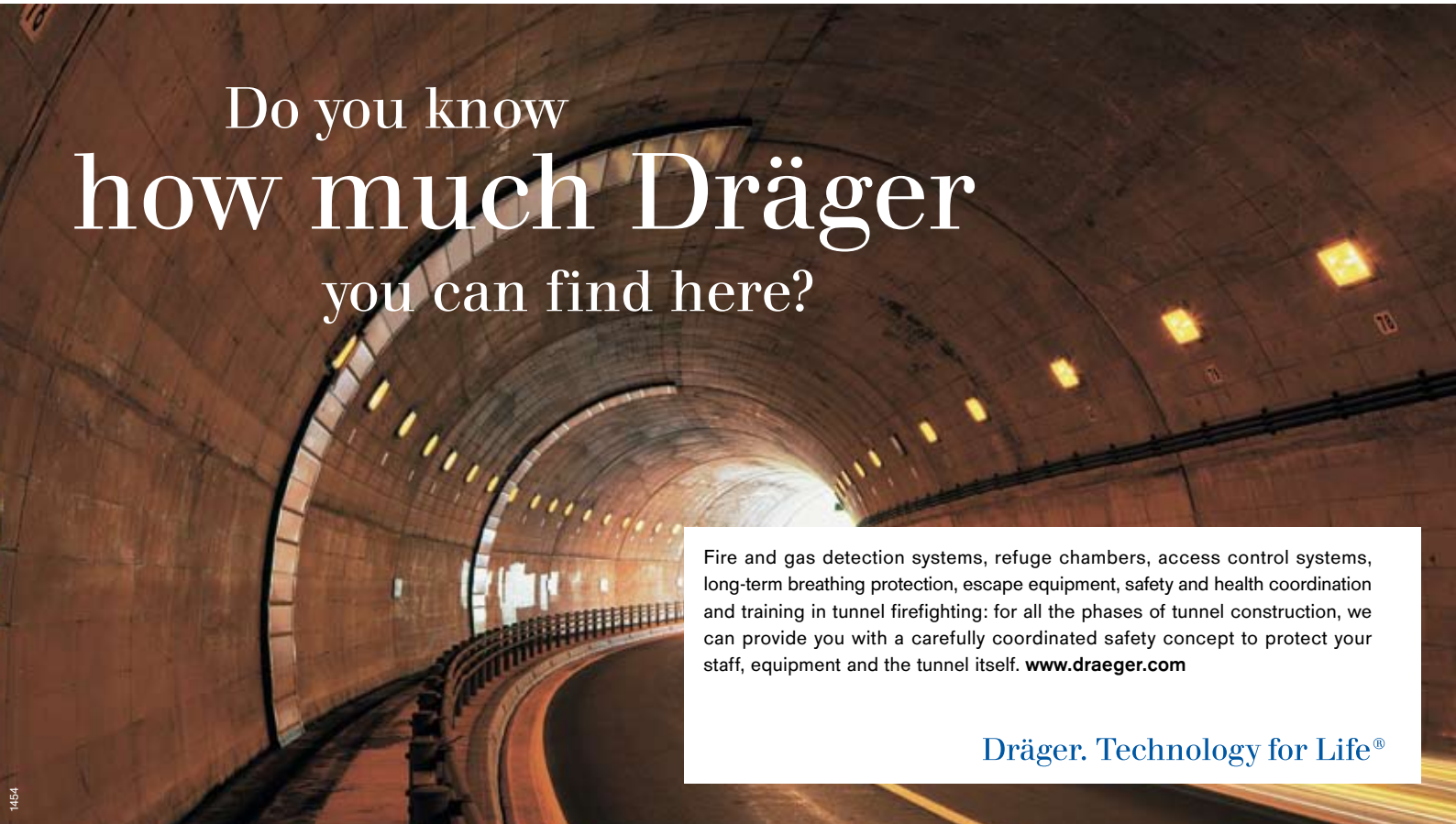
cherheitsstandards wurde das Sicherheitsniveau in europäischen Straßentunneln erheblich verbessert. Psychologische Sicherheitsforschung hat dabei stets das Ziel, die Sicherheit der Nutzer durch empirische Forschung noch weiter zu verbessern. Durch Maßnahmen sollen zum einen die Eintrittswahrscheinlichkeit (primäre Prävention) von Unfällen oder anderen kritischen Ereignissen gesenkt werden. Zum anderen, falls es doch zu einem gefährlichen Ereignis kommt, soll das Ausmaß des Schadens (sekundäre Prävention) für die Nutzer minimiert werden. Beispiele für primäre Prävention sind Müdigkeitswarnsysteme, die Fahrer bei Symptomen von Müdigkeit

warnen, welche besonders in monotonen Umwelten, wie sie Tunnel darstellen, vermehrt auftreten können. Die Schulung von Tunnelnutzern ist sowohl dem Bereich der primären als auch der sekundären Prävention zuzuordnen. Weitere wichtige Aspekte der psychologischen Sicherheitsforschung ist die Untersuchung von sozialem Einfluss, also wie beeinflussen Menschen sich gegenseitig in Krisensituationen, oder die Entwicklung von komplexen Verhaltensmodellen zur Vorhersage von Verhalten mit dem Ziel, Sicherheitsmaßnahmen zu optimieren [5, 6, 7]. Diese Ziele können durch Feldstudien, wie der hier geschilderte, nur ansatzweise gerecht werden.

the fire in the Viamala Tunnel (2006) whereas 2 lives were saved thanks to the unstinting efforts of others in the Vösendorf Tunnel (2008) [1]. A problem in optimising human behaviour should an incident occur in a tunnel is that many factors must be taken into consideration and that there are no generally valid rules, which apply to all hazardous situations.

The safety level in European road tunnels has been enhanced substantially by applying safety standards. Psychological safety research has in this connection always pursued the aim of further improving the safety of users thanks to empirical research. On the one hand the notion is to diminish the probability of ac-

cidents or other critical events occurring (primary prevention). Secondly the extent of damage (secondary prevention) has to be minimised for users should a dangerous incident take place. Examples for primary prevention are fatigue warning systems, which alert the driver to signs of drowsiness, which can occur increasingly in monotonous environments such as presented by tunnels. Training tunnel users can be classified as both primary and secondary prevention. Further important aspects of psychological safety research is the investigation of social influences in other words how people mutually influence one another in critical situations or the development of complex

Do you know
how much Dräger
you can find here?


Fire and gas detection systems, refuge chambers, access control systems, long-term breathing protection, escape equipment, safety and health coordination and training in tunnel firefighting: for all the phases of tunnel construction, we can provide you with a carefully coordinated safety concept to protect your staff, equipment and the tunnel itself. www.draeger.com

Dräger. Technology for Life®

Valide und vielseitig veränderbare Untersuchungsbedingungen, mit denen sich der Faktor Mensch bei Bränden in Straßentunneln sinnvoll ohne Gefährdung von Personen untersuchen lassen kann, wären hier sehr sinnvoll. Die Entwicklung virtueller Welten erlaubt seit einiger Zeit, solche Situationen ökologisch valide zu simulieren. Dieser Ansatz stellt daher eine hervorragende Ergänzung zu den aufwändigen Feldstudien dar.

Virtuelle Welten erlauben zum einen das wiederholte Durchführen von Versuchen in standardisierten Bedingungen, zum anderen lassen sich Situationen simulieren, die in der Realität nur schwer zu untersuchen sind (zu gefährliche, zu aufwändige, nicht kontrollierbare Situationen). Der Lehrstuhl für Psychologie I der Universität Würzburg nutzt für die psychologische Sicherheitsforschung im Rahmen des Forschungsprojektes SKRIBTPlus (Schutz kritischer Brücken und Tunnel; ein Link zur Projekthomepage findet sich am Ende des Beitrags) ein 3D-Multisensoriklabor, mit dem Probanden vollständig in einen virtuellen Raum versetzt

werden können und Verhalten realitätsnah analysiert werden kann (Bild 4). Es handelt sich hierbei um ein so genanntes Cave System. Hierzu werden visuelle Simulationen auf 5 Wände projiziert und zudem akustische und olfaktorische Simulationen dargeboten. Gleichzeitig können das Verhalten sowie physiologische Parameter und verbale Angaben der Probanden kontrolliert erfasst werden.


Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Folgen von menschlichem Fehlverhalten bei Tunnelbränden fatal sein können. Auch neueste Sicherheitsstandards können keine absolute Sicherheit garantieren, insbesondere wenn sich die Nutzer nicht wie erwartet „rational“ verhalten. Die hier diskutierte Feldstudie zeigt vielversprechende Ansätze auf, um das Verhalten der Tunnelnutzer zu verbessern. Besonders die Möglichkeiten von Verhaltenstrainings in virtueller Realität sind hier hervorzuheben. Allerdings ist die Forschung in diesem Bereich erst am Anfang, und es bedarf noch weiterer Anstrengungen, um den Faktor Mensch im Tunnel genauer beschreiben und verstehen zu können. 

behavioural models to predict behaviour with the aim of optimising safety measures [5, 6, 7]. These goals could only be accomplished to a limited extent by field studies of the type described here.

Valid and multi-changeable investigation conditions, by means of which the factor of man can be purposefully scrutinised during road tunnel fires without persons being endangered, would be advisable here. The development of virtual worlds has made it possible to simulate such situations in an ecologically valid manner for some time now. This approach thus represents an excellent augmentation of extensive field studies.

Virtual worlds first of all enable tests to be executed repeatedly using standardised conditions; secondly situations can be simulated, which are hard to quantify in reality (too dangerous, too complex, uncontrollable situations). The Chair for Psychology I at the University of Würzburg makes use of a 3D multi-sensoric lab by means of which guinea pigs can be placed in a virtual room and their behaviour analysed realistically (Fig. 4) for psychological safety research within the

scope of the SKRIBTPlus (protection of critical bridges and tunnels; a link to the project home page is provided as the end of this report). What is known as a cave system is used here. Towards this end visual simulations are projected on to 5 walls and in addition acoustic and olfactorial simulations presented. At the same time the behaviour as well as the physiological parameters and verbal remarks of the candidates can be assessed in a controlled manner.

In summing up it can be maintained that the consequences of human error in the event of tunnel fires can be fatal. Even the latest safety standards cannot provide any absolute safety especially should the users fail to act “rationally” as expected. The field study discussed here displays promising approaches for improving the behaviour of tunnel users. The possibilities of behavioural training in virtual reality must be emphasised in this respect. It must be said however that research in this field is just starting and further efforts will be needed so that the factor of man in tunnels can be more accurately described and comprehended. 

Weiterführende Literatur und Links

- [1] Broschüre der Bundesanstalt für Straßenwesen „Sicherheit geht vor – Straßentunnel in Deutschland“: http://www.bast.de/nn_42242/DE/Publikationen/Broschueren/broschueren__node.html?__nnn=true
- [2] YouTube Kanal der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Filmmaterial: <http://www.youtube.com/user/BAST20111?blend=1&ob=0>
- [3] Die beschriebene Feldstudie zum Nutzerverhalten wurde im Rahmen des Programms für zivile Sicherheit der Bundesregierung und des Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Forschungsprojektes „Schutz kritischer Brücken und Tunnel im Zuge von Straßen“ (SKRIBT, www.skribt.org) in enger interdisziplinärer Kooperation mit den Partnern des Lehrstuhls für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb der Ruhr-Universität Bochum und der BAST unter Leitung des Lehrstuhls für Psychologie I der Universität Würzburg geplant und durchgeführt. Unterstützt wurde die Arbeit durch den Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW), der Stadt Gevelsberg sowie der freiwilligen Feuerwehr Gevelsberg und der Firma OSMO Anlagenbau.

Literatur / References

- [1] Beard, A. and Carvel, R., The handbook of tunnel fire safety 2005, London: Thomas Telford.
- [2] Kinatader, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönau, I., Bergerhausen, U., Vollmann, G., Vogt, P., and Mühlberger, A., Human Behaviour in Severe Tunnel Accidents: Effects of Information and Behavioral Training, 2012.
- [3] European Parliament and European Council, Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network. L167/39, 2004. 2004/54/EC.
- [4] Clarke, L., Panic: Myth or Reality? Contexts, 2002. 1(3): p. 21-26.
- [5] Nilsson, D. and Johansson, A., Social influence during the initial phase of a fire evacuation-Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre. Fire Safety Journal, 2009. 44(1): pp. 71-79
- [6] Nilsson, D., Johansson, M., and Frantzich, H., Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. Fire Safety Journal, 2009. 44(4): p. 458-468.
- [7] Kuligowski, E., Predicting Human Behavior During Fires. Fire Technology: pp 1-20