

Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln

von

Brigitte Färber
Berthold Färber

Universität der Bundeswehr
Institut für Arbeitswissenschaft
München

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 212

bast

Kurzfassung – Abstract

Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln

Das Forschungsprojekt "Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln" hat zum Ziel, Straßenverkehrstunnel sicherer zu gestalten und Verkehrsteilnehmer bei Störungen schnell und sicher zum richtigen Verhalten anzuleiten. Als Ausgangsbasis diente eine Internetbefragung mit 423 Personen aller Altersgruppen über den Wissensstand der Nutzer (Ausstattung von Tunneln, Verhalten). So würden beispielsweise 16 % der Befragten im Fahrzeug bleiben, wenn im Tunnel nur Feuer und Rauch zu sehen sind, 19 % wissen nicht, was zu tun ist. Die Zeit, die bei einem Brand zur Evakuierung zur Verfügung steht, wird von 42 % der Befragten überschätzt. Wie auch eine Analyse des Verhaltens bei früheren Tunnelbränden zeigt, unterschätzen die Betroffenen die Dramatik der Situation und erleben das Fahrzeug als Schutzraum. Sie bleiben daher bei Feuer und Rauch zu lange im Fahrzeug sitzen.

Eine Umfrage unter Tunnelbetreibern gibt den aktuellen sicherheitstechnischen Stand und Art und Umfang der Notfallpläne wieder. Lärmmessungen in ausgewählten Tunneln zeigen die Möglichkeiten akustischer Informationen auf.

In einer Serie von Experimenten wurden wesentliche Gestaltungsfragen geklärt:

Optische/haptische Möglichkeiten: Um zu prüfen, wie Personen aus einer verrauchten Umgebung schnellstmöglich evakuiert werden können, werden in einer Bunkeranlage (mit Theaterrauch und Lärm-Beschallung, $n = 54$) verschiedene Leitmöglichkeiten experimentell untersucht: Lauflichter, Dioden-Laser-Modul, Handlauf sowie eine Kombination daraus. Wenn zum Auffinden des Notausgangs ein Queren des Tunnels erforderlich ist, eignet sich besonders eine Kombination aus optischen und haptischen Hilfen.

Akustische Möglichkeiten: Im Rahmen der Studie wurden sowohl Sprachdurchsagen per Lautsprecher für herkömmliche (schlecht verständliche) sowie für neuartige Hornlautsprecher (wegen geringeren Echos besser zu verstehen) für Radio-Durchsagen als auch akustische Signale für extreme Störfälle entwickelt. Die Sprachausgaben sind kurz gefasst und entsprechen den Erkenntnissen der Psychoakustik und Linguistik.

Bei Tunnelbränden ist es sinnvoll, die Sprachausgaben durch akustische Signale in Form spezifischer „Sounds“ zu ergänzen oder zu ersetzen, die gut lokalisierbar und in ihrer Wirkung selbsterklärend sind, die Fahrzeuginsassen zum schnellen Verlassen des Fahrzeugs veranlassen und das Auffinden der Notausgänge erleichtern.

In einer Versuchsserie (Bunkeranlage, Verkehrslärm 80 dB A, Geräusche Strahlventilator 78 dB A) mit je 40 Per-

sonen aller Altersgruppen wurden zahlreiche „lockende“ und „treibende Sounds“ verglichen. Als „lockende“ Sounds, die die Probanden zum Ausgang leiten sollen, wurden u. a. verschiedene Vogelstimmen, Musikinstrumente, eine Singstimme („Hier her“), eine Sprechstimme (z. B. „Please, exit here“; „Der Notausgang ist hier“) und weißes Rauschen erprobt.

Die aversiven Signale, die Personen zum Verlassen des Fahrzeugs und des Tunnels veranlassen sollen, wurden mit einer Orgelpfeife mit ca. 7 Hz sowie mit einer Bassbox (Frequenzgang von ca. 25-100 Hz) erzeugt. Außerdem wurden weitere Signale, z. B. eine Feueralarm-Sirene, erprobt.

Um in einer Notfallsituation im Tunnel Menschen dazu zu bewegen, aus ihrem Fahrzeug auszusteigen und zu flüchten, eignet sich entweder der Bass-Sound „Sägezahn“ (Periode 10 auf 50 Hz) oder ein dunkler Ton aus der Orgelpfeife (7 Hz). Die tiefen Frequenzen werden mehr im Bauchraum gefühlt als gehört und als sehr unangenehm empfunden. Bei diesen Sounds sind die meisten richtigen Interpretationen zu verzeichnen und die Emotionen, die geweckt werden, eignen sich dazu, Menschen aus dem Tunnel zu treiben. Um Personen in der Geräuschkulisse eines Tunnels zu einem Notausgang zu locken, ist, entgegen den bisherigen Aussagen in der Literatur, das weiße Rauschen (ohne Zusatz) nicht zu empfehlen. Vielmehr eignet sich der Song „Hier her“ (weibliche Altstimme, getragen, Rufterz), im Wechsel mit dem Lockgesang des Rotkehlchens, das mit weißen Rauschen hinterlegt ist. Ebenfalls empfehlenswert ist die Sequenz „Der Notausgang ist hier“ – „Rotkehlchen mit weißen Rauschen hinterlegt“ – „Please, exit here“. Diese Signalkombinationen sind sehr gut zu orten, werden im richtigen Sinne interpretiert und positiv beurteilt.

Die verschiedenen Systeme müssen hierarchisch aufeinander abgestimmt eingesetzt werden, wobei das entsprechende Stör- bzw. Notfall-Szenario zu beachten ist (siehe Kapitel 13). Die in dieser Studie gefundenen Erkenntnisse sind mit vergleichsweise geringem Aufwand in die Praxis umzusetzen und gut geeignet, die Sicherheit bei Störfällen in Tunnel deutlich zu verbessern.

Der Originalbericht enthält umfangreiche Anhänge. Diese sind Verhaltensempfehlungen verschiedener Institutionen bei Brand im Tunnel (ANH. A), Internetbefragung zur Tunnelsicherheit und Informationsblatt für die Teilnehmer (ANH. B, C), Beispiel eines Alarm- und Gefahrenabwehrplanes (ANH. D), Optisch-haptischer Versuch, Details (ANH. E), Akustischer Versuch, verwendete Signale, Signal-Ortung, Reaktionen und Reaktionszeiten (ANH. F) sowie bereits vorliegende Sprachausgaben aus verschiedenen Tunneln Deutschlands (ANH. G). Auf den Abdruck dieser Anlagen wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf die Anhänge im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten

Motivating correct behaviour in road tunnels during emergency situations

The research project "Motivating correct behaviour in road tunnels during emergency situations" aims to increase the safety of road tunnels and to instruct motorists in safe behavior in the event of emergencies or disturbances. The study was based on an internet survey which assessed motorists' current knowledge base (e.g., regarding tunnel fixtures, behavior) and which was completed by 423 respondents of all ages. Results showed, for example, that 16% of respondents would stay inside their cars if they saw fire and smoke, whilst 19% admitted to not knowing what to do in such a situation. The time available for evacuation in the event of a fire was overestimated by 42%. A behavioral analysis of previous tunnel-fire incidents showed that the individuals involved underestimated the intensity of the situation and perceived the vehicle as a safe harbor. They thus tended to remain inside their cars for too long in the event of fire and smoke.

A survey among tunnel conductors revealed current safety standards as well as the nature and scope of emergency planning. Noise measurements in selected tunnels demonstrated the potential of acoustic information in emergency situations.

In a series of experiments, fundamental design aspects for emergency evacuation were resolved:

Visual/haptic means: In order to ascertain how people can be evacuated from a smoke-filled environment as quickly as possible, different guidance methods were experimentally tested in an underground bunker (using theatric smoke and noise, n=54): guidance lights, diode laser modules, railings, as well as a combination thereof. If it is necessary to cross the tunnel in order to find the emergency exit, combinations of visual and haptic devices are particularly well-suited.

Acoustic means: Speech announcements were developed using traditional loudspeakers (poor transmission quality), as well as modern loudspeakers (enhanced transmission quality due to reduced echo interference). Radio announcements for emergency situations as well as acoustic signals for extreme situations were designed.

The speech announcements were brief and conformed to current psychoacoustic and linguistic principles. In the event of tunnel fires, speech announcements should be complemented or replaced by acoustic signals in the form of specific sounds which can be easily located, are self-explicable, which motivate motorists to immediately leave their vehicles, and which help them find emergency exits.

In a series of experiments (underground bunker, traffic noise 80 dB A, fan noise 78 dB A), each of which was based on a sample of 40 participants of all ages, the effects of numerous "attractive" and "aversive" sounds

were compared. Different bird songs, musical instruments, a singing voice (e.g. "Hier her." – English: Come here.), a speaking voice (e.g. "Please exit here.", "Der Notausgang ist hier." – English: The emergency exit is here.) and white noise were tested as "attractive" sounds designed to lead participants to the exit.

On the other hand, "aversive" sounds designed to motivate people to leave their vehicles and the tunnel were created, e.g. an organ pipe (ca. 7 Hz) as well as a subwoofer speaker (frequency of ca. 25-200 Hz). Further signals, such as e.g. a fire alarm siren, were additionally tested.

The bass sound "saw tooth" (period 10 to 50 Hz) or a low organ pipe sound (7 Hz) prove suitable for encouraging motorists to vacate their cars and flee in an emergency situation in a tunnel. Lower frequencies are felt in the stomach area rather than heard and are perceived to be highly uncomfortable. Most participants correctly interpreted these sounds and the emotions that they evoke help encourage people to leave the tunnel. Contrary to previous literature, pure white noise cannot be recommended for use in leading people to the exits. Better suited for this task is a voice singing "Hier her." (English: Come here. Female alto voice, sostenuto, minor third), alternated with the mating song of a robin and supplemented with white noise. A sequence of signals consisting of the speech announcement "Der Notausgang ist hier." (English: The emergency exit is here.), the robin song supplemented with white noise, and the speech announcement "Please exit here." can also be recommended. These signal combinations can be localized very well, are correctly interpreted and are judged positively.

The different systems must be hierarchically attuned to one another, with the specific nature of the emergency being taken into account (see Chapter 13). The insights gained from this study can be implemented in real-life situations with relatively little effort and are well-suited for significantly improving safety in the event of emergencies in tunnels.

The original report contains numerous appendices. These are the conduct recommendations made by various institutions in the event of a fire in the tunnel (Appendix A), an internet survey on tunnel safety and an information sheet for participants (Appendices B and C), an example of an alarm and hazard-prevention plan (Appendix D), an optic/haptic trial with details (Appendix E), an acoustic trial, the signals used, signal location, responses and response times (Appendix F) and the documentation already available about the various tunnels in Germany in other languages (Appendix G). These appendices have not been included in this publication. They are available from the Federal Highway Research Institute and may be viewed there. References to the appendices in the body of the text have been retained for the information of the reader.

Verhaltensanweisungen bei Notsituationen in Straßentunneln

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 212

bast