

Juli 2005

Tunnel-Brandnotleuchte und Fluchtwegkennzeichnung

Tunnelunfälle der letzten Jahre, besonders die Unfälle 1999 im Mont-Blanc- und im Tauern-Tunnel und 2002 im St. Gotthard haben dazu geführt, dass europaweit die Tunnelsicherheit in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt ist. Ein Ergebnis dieses geschärften Sicherheitsbewusstseins ist die Europäische Richtlinie 2004/54/EG über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz /2/.

	Tunnel	Anzahl getöteter Menschen
1999	Mont-Blanc (France-Italy), 11.6 km single tube road tunnel	39 deaths and 25 firemen sent to hospital
1999	Tauern (Austria), 6 km single-tube road tunnel	12 fatalities (7 deaths due to car crash)
2000	Kaprun , Kitzsteinhornbahn	155 fatalities
2001	Gleinalm (Austria), 8.8 km single-tube road	5 deaths due to car crash
2002	St. Gotthard (Switzerland), 12.6 km bi-directional road tunnel	11 deaths due to HGV collision with fire

Quelle: The World's longest Tunnel Page

Bild 1: Auszug aus einer Tunnel-Unfallstatistik

Konsequent müssen nun die Vorgaben der Richtlinie in nationale Vorschriften übernommen werden und bei Neubauvorhaben und Tunnelüberholungen umgesetzt werden.

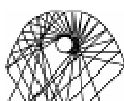
Bei den seit geraumer Zeit stattfindenden jährlichen Untersuchungen des ADAC kann man durchaus einen Trend erkennen, dass immer mehr Tunnel von den kritischen Prüfern des ADAC mit einigermaßen zufrieden stellenden Noten bedacht werden (Bild 2). Bedenkt man, dass allein in Deutschland 53 Tunnel mit einer Länge von mehr als 1500 m – vorhandene Tunnel, im Bau oder in Planung befindlich (Quelle: The World's longest Tunnel Page) – und eine weitere Vielzahl kleinerer Straßentunnel berücksichtigt werden müssen, kann man erkennen, welcher finanzielle Aufwand dahinter steht.

49 europäische tunnel im test													
ADAC	Daten					Bewertung							
	Länge in km	Eröffnung	Fahrzeuge pro Tag/ Anzahl Lkw in %	Pannen 2004/ Unfälle 2004	Röhren gesamt	Tunnelsystem	Beleuchtung/Energieversorgung	Verkehr/Vorkehrungsüberwachung	Kommunikation	Flucht-/Rettungsweg	Brandschutz	Lüftung	Notfallmanagement
A ÖSTERREICH													
Ottsdorf	1,9	2004	15 195/14	k. A./k. A. 3)	2	++	++	++	++	++	++	++	++
Gräbern	2,2	1986/2003	20 060/20	10/3	2	++	++	++	++	++	++	++	++
Plabutsch	10,0	1987/2003	23 300/18	250/15	2	++	++	++	++	++	++	++	++
Semmering	3,5	2004	14 000/16	24/8 1)	2	++	++	++	++	++	++	++	++
Spring	2,9	2003	12 100/30	22/4	1	o	++	++	++	++	++	++	++
Ganzstein	2,1	1980	9919/17	4/2	1	-	++	-	+	-	-	o	o
B BELGIEN													
Beliard	2,1	1994	46 000/0 4)	17/22	1 1)	+	++	++	+	o	+	++	o
C SCHWEIZ													
Arrissoules	3,0	2001	18 000/11	45/3	2	++	++	+	++	++	++	+	++
Baregg	1,1	1970/2003	107 000/9	27/45	3	+	++	o	++	++	++	++	++
Habsburg	1,5	1996	29 740/10	25/0	2	o	++	+	++	++	++	++	+
Sierre	2,5	1999	20 000/10	12/0	2	++	++	o	++	++	++	++	++
Saint-Maurice	1,2	1988	31 000/10	8/2	2	++	++	-	+	+	+	+	-
Monte Ceneri	1,4	1981/1984	36 747/20	15/10	2	++	++	---	+	-	+	o	o
D Deutschland													
Kappler	1,2	2002	33 600/8	k. A. 1)	2	++	++	o	++	++	++	++	++
Emstunnel	0,9	1989	25 462/14	14/4	2	++	++	o	++	o	+	++	++
Ursulaberg	1,2	2003	25 000/10	5/2	1	o	++	o	+	+	+	+	++
Grenztunnel Füssen	1,3	1999	8821/5	5/1	1	+	++	-	++	++	++	+	o

Quelle: ADAC motorwelt

Bild 2: Auszug aus der ADAC Tunnelbewertung 2005

In Deutschland ist im Zusammenhang mit dem Bau von Straßentunneln die RABT 2003 *Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln* /1/ anzuführen, die als Grundlage für die Umsetzung einzelner Aspekte der europäischen Richtlinie /2/ heranzuziehen ist.



Dr. Ing. Willing GmbH

Columba-Schonath-Str. 4
D-96110 Schesslitz-Burgellern

Tel.: ++49 (0) 9542/9225-0
Fax: ++49 (0) 9542/9225-28

eMail: info@willing-online.com
www.willing-online.com

RABT 2003 - Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln /1/

Bei der Auswertung eines Tunnelbrandes zeigt sich immer wieder, dass für die in dem Tunnel befindlichen Personen von der Verrauchung des Tunnels große Gefahren ausgehen – toxische Wirkung des Rauches, Orientierungslosigkeit durch Sichttrübung, etc. Die RABT 2003 /1/ sieht daher für unterschiedliche Tunnelarten unterschiedliche Belüftungskonzepte sowie weitere bauliche Maßnahmen vor, die auch lichttechnische Maßnahmen betreffen. Darüber hinaus werden aber auch Konzepte zur Beeinflussung des richtigen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer über Lautsprecher- oder Radiodurchsagen thematisiert.

Eine der ‚lichttechnischen‘ Sicherheitsmaßnahmen ist die so genannte ‚Brandnotleuchte‘ und die Fluchwegkennzeichnung (siehe Bild 3). Die Brandnotleuchte und die Kennzeichnung kann nach RABT einzeln oder in Kombination eingesetzt werden, wobei die Brandnotleuchte die Funktion eines Strahlers hat, der im Fall einer verrauchten Tunnelröhre den Rauch so lang als möglich durchdringen soll und dadurch Orientierung bietet.



Quelle: RABT

Bild 3: Prinzipdarstellung Brandnotleuchte und Fluchwegkennzeichnung aus RABT 2003

Die in der RABT beschriebenen Anforderungen für diese Leuchten entsprechen grundsätzlich den Vorgaben der Europäischen Richtlinie /2/. Diese Grundlagen werden in der RABT /1/ aber näher ausgeführt:

- Mindestabstand der Leuchten: ≥ 25 m
- Größe des Rettungszeichens: 300 mm x 300 mm
- Lampe für das Rettungszeichen: PLL-Lampe 15 W
- Brandnotleuchte: „...z.B. Halogenlampe unter einer Abdeckung aus Sicherheitsglas, nach außen gewölbt, elektrische Leistungsaufnahme ca. 150 W, 230 V Netzspannung.“
- Montagehöhe: ≥ 1 m

Dass nur elektrotechnische Verbrauchswerte aber keine lichttechnischen Parameter für die Leuchten angegeben werden, ist ein Manko. So ist bei Einhaltung dieser Werte nichts über die lichttechnische Güte der Leuchten ausgesagt, geschweige denn über ihre Effektivität im Gefahrenfall, der Verrauchung.

DIN 67524-1 Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Teil 1: Allgemeine Güte-merkmale und Richtwerte /4/

Es ist vorgesehen DIN 67524-1, die seit 2000 zur Überarbeitung ansteht, auch um die Rettungswegkennzeichnung und die Brandnotleuchte zu ergänzen. Die ‚vagen‘ Leuchtenbeschreibungen der RABT sollen durch konkrete lichttechnische Vorgaben ergänzt werden.

In der aktuellen Vorlage für den Normentwurf werden die Leuchtdichte des Rettungszeichens, die erforderlichen Gleichmäßigkeiten und Kontraste sowie eine zu erzielende Lichtstärke des Strahlers über einen festgelegten Winkelbereich wie folgt diskutiert:

- Ausleuchtung der Fluchwegkennzeichnung entsprechend DIN 4844-1 /5/ mit einer mittleren Leuchtdichte der weißen Kontrastfarbe ≥ 500 cd/m², einer Gleichmäßigkeit der weißen Kontrastfarbe und der grünen Sicherheitsfarbe $\geq 1:5$ und einem Leuchtdichtekontrast von grün zu weiß zwischen 1:5 und 1:15.

- Lichtstärke der Brandnotleuchte ≥ 25 cd bezogen auf eine aus allen Richtungen sichtbare Fläche von ≤ 5 cm² in einem zur Blendungsbegrenzung eingeschränkten Bereich von horizontal -87° bis $+87^\circ$ und vertikal von -60° bis $+20^\circ$.

Die Notwendigkeit der Blendungsbegrenzung der Brandnotleuchte, die bei den RABT-Vorgaben keine Berücksichtigung findet, zeigt sich deutlich bei dem Vergleich von Leuchten. Besonders in verrauchter Umgebung kann es durch Lichtstreuung des Rauches zu einer Überstrahlung des Rettungszeichens durch den Strahler kommen, so dass die Information des Rettungszeichens nicht mehr erkannt werden kann (Bild 4).



Bild 4: Vergleich zweier Leuchten in verrauchter Umgebung, rechte Leuchte lichttechnisch optimiert

Ein Forschungsbericht zur Überprüfung von lichttechnischen Anforderungen an Brandnotleuchten und an die Rettungswegkennzeichnung ist aktuell durch das BmV BW in Auftrag gegeben. Es zeichnet sich ab, dass die Angaben zum Rettungszeichen ausreichend sind, dass aber die Angaben für die Beschreibung der Brandnotleuchte über die Angaben der Normvorlage hinaus noch weiter konkretisiert werden müssen.



Bild 5: Bilderserie eines Brandversuchs zur Überprüfung der Branderdetektion und der Tunnelentlüftung

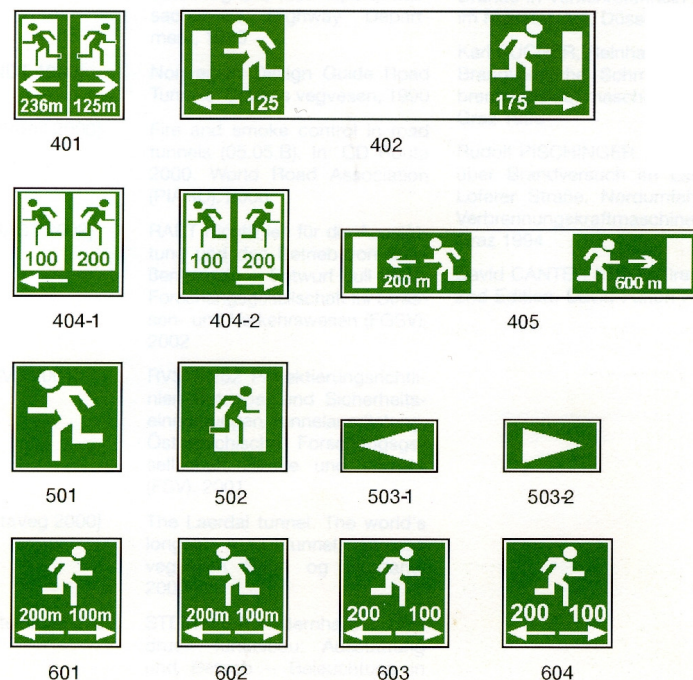
In der Vorlage für den Normentwurf zu DIN 67524-1 wurde als zusätzliche Komponente eine definierte Beleuchtung des Rettungsweges parallel zur Tunnelwand eingeführt. Dies beruht auf der Überlegung, dass, wenn eine Verrauchung der Tunnelröhre eingetreten ist, das Licht der Deckenleuchten für eine ausreichende Fluchtwegausleuchtung nicht mehr zur Verfügung steht. Die diskutierten Werte für diese

„Wegebeleuchtung“ gehen von einer vertikalen Beleuchtungsstärke auf dem Notgehweg von 1 lx aus. Über die Wirksamkeit dieser Wegebeleuchtung ist aber noch einmal kritisch nachzudenken. In der Bilderserie eines Tunnelbrandversuchs (Bild 5) kann man erkennen, dass dieses Beleuchtungskonzept für die Wegebeleuchtung wahrscheinlich nicht ausreichend sein wird, um irgendeine Hilfe für die von einer typischen Tunnel-Verrauchung betroffenen Personen zu sein.

Fluchtwegkennzeichnung

Die Fluchtwegkennzeichnung der RABT sieht abweichend zu der Kennzeichnung nach DIN 4844-1 /5/ die Ausweisung von zwei Fluchtrichtungen zusammen mit der Entfernungsangabe in Metern zum Notausgang vor. Nach RABT sind bei Tunneln über 400 m Länge alle 300 m ein Notausgang einzuplanen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die flüchtenden Personen grundsätzlich den kürzeren Fluchtweg wählen werden, wenn dieser nicht verraucht ist.

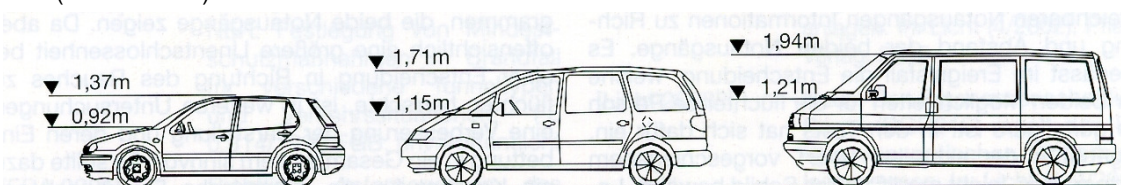
Zu der Frage, ob die bei der Tunnel-Fluchtwegkennzeichnung genutzten graphischen Elemente von Personen schnell und eindeutig erkannt werden können, wurde 2003 eine Untersuchung /3/ durchgeführt, die das RABT-Symbol ohne die Maßeinheit „m“ bestätigt hat – siehe in Bild 6 das mit 603 und 604 gekennzeichnete Symbol.



Quelle: BmVBW

Bild 6: Beispiele untersuchter Rettungszeichen

Als sinnvolle Montaghöhe der Rettungswegkennzeichnung wird in diesem Untersuchungsbericht der Bereich zwischen 1,2 m und 1,4 m angegeben. Diese Höhenvorgabe wurde aus den unterschiedlichen Fahrzeuggrößen bzw. Höhen der Fahrzeugscheibenunterkanten verschiedener Fahrzeuge abgeleitet (siehe Bild 7).



Quelle: BmVBW

Bild 7: Scheibenhöhe unterschiedlicher Fahrzeuge

Aktuelle Entwicklungen

Aufgrund der inzwischen gewonnenen Erfahrungen mit dem Konzept „Brandnotleuchte Rettungswegkennzeichnung“ wird vom BmVBW voraussichtlich ein Rundschreiben verteilt werden, das ergänzen den bzw. korrigierenden Charakter zur RABT haben wird.

Für die Rettungswegkennzeichnung und für die Brandnotleuchte werden die Werte entsprechend der Normvorlage zu DIN 65724-1 eingeführt. Zusätzlich werden grün leuchtende Seitenflächen für die Rettungswegkennzeichnung mit einer Leuchtdichte von $\geq 75 \text{ cd/m}^2$ gefordert. Diese grün leuchtenden Flächen sollen die Auffälligkeit des grünen Rettungszeichens unter einem flachen Blickwinkel – Person läuft parallel zur Tunnelwand – erhöhen.

Weiterhin werden selbstleuchtende Elemente für die visuelle Führung vorgesehen. Sie sind als Ersatz für die bisher gebräuchlichen passiven retro-reflektierenden Elemente gedacht, die durch Verschmutzung schnell unwirksam werden. Die neuen aktiven Elemente sollen jeweils zwischen die Lichtpunkte der Brandnotleuchte und Fluchtwegkennzeichnung gesetzt werden, um bei Verrauchung den betroffenen Personen weitere Orientierungspunkte zu geben. Im Normalbetrieb dienen diese Elemente der visuellen Führung des fließenden Verkehrs. Im Gefahrenfall soll der Abstrahlwinkel steiler sein, um laufenden Personen die notwendigen Lichtpunkte zur Identifikation der Fluchtrichtung zu bieten. Über eine Dynamisierung dieses Leitsystems wird nachgedacht, so dass z.B. mit Lauflichtfunktionen auf den nächstgelegenen Notausgang hingewiesen werden kann.

Auch im Bezug auf die Rettungswegkennzeichnung ist die Dynamisierung wünschenswert. Unter Dynamisierung ist hier gemeint, dass immer nur die unverrauchte Fluchtrichtung ausgewiesen wird. Die bisherigen Leuchtenkonzepte mit nur einem Leuchtmittel für das Rettungszeichen ermöglichen dies nicht. Leuchten, die satteldachartig aus der Tunnelwand herausragen und zwei Rettungszeichendisplays aufweisen, kommen nach den Erkenntnissen einer Untersuchung des BmVBW /3/ auch nicht in Frage. So heißt es dort: „... . Um gleiche Voraussetzungen bei der Betrachtung der Fluchtwegpiktogramme aus beiden Richtungen zu gewährleisten, ist das Piktogramm parallel zur Wandebene einzubauen. ...“. Das bedeutet, das Display, das der betroffenen Person abgewandt ist, liefert keine Information – schlimmer noch, bei einer Dynamisierung würde ggf. das inaktive Display der Person zugewandt sein und sie würde im wahrsten Sinne des Wortes im Dunkeln stehen.

Optimiertes Leuchtenkonzept für Rettungswegkennzeichnung und Brandnotleuchte

Auf Grundlage der lichttechnischen Parameter der Normvorlage zu DIN 67524-1 hat die Dr. Ing. Willing GmbH eine Leuchte entwickelt, die die Brandnotleuchte, die Rettungswegkennzeichnung und die Wegebeleuchtung kombiniert. Sie ist modular aufgebaut, so dass jedes dieser drei Elemente in unterschiedlicher Kombination eingesetzt werden kann (Bild 8).



Bild 8: optimierte Leuchte für die Rettungswegkennzeichnung, Brandnotbeleuchtung und Wegebeleuchtung

Das besondere der Leuchte ist, sie benötigt für die Brandnotleuchte nur ca. ein 15tel der elektrischen Leistung der RABT Variante mit 150 W. Das Rettungszeichen, das eine Ausleuchtung nach DIN 4844-1 /5/ aufweist, benötigt 8 W elektrische Leistung im Gegensatz zu den 15 W der RABT. Die als separates Modul vorgesehene Wegebeleuchtung würde weitere 8 W elektrische Lampenleistung benötigen. Dieser weitaus geringere Energiebedarf ermöglicht es, die Notstromkapazität der notwendigen USV-Anlage entsprechend gering auszulegen.

Möglich wird der geringe Energieeinsatz im Fall der Brandnotleuchte durch den Einsatz von zwei ca. 5W LED-Modulen, die im Leuchtengehäuse ausgerichtet werden müssen, um den erforderlichen Ausstrahlungsbereich mit den erforderlichen Lichtstärken abzudecken.

Bei der Ausleuchtung des Rettungszeichens wird auf die Lichtleitscheibentechnik zurückgegriffen, die eine sehr ausgewogene Ausleuchtung des Displays ermöglicht im Gegensatz zur einfachen Hinterleuchtung eines Displays. Gleichzeitig macht die Lichtleitscheibentechnik, die bei dieser Leuchte auch für die Wegebeleuchtung genutzt wird, eine sehr flache Leuchte von nur ca. 90 mm Leuchtentiefe möglich, so dass der Fluchtweg nicht eingengt wird. Besonders im Falle von Tunnel-Nachrüstungen, die aufgrund der europäischen Richtlinie /2/ in kommender Zeit durchgeführt werden müssen, ist dies von besonderer Relevanz. Aufgrund des hohen Aufwands für Einbauleuchten die erforderlichen Wandnischen in den Betonbewehrungen der Tunnelwände zu erstellen, bieten sich hier möglichst flache Wandanbau-Leuchten an, die einfach auf die vorhandene Wand gesetzt werden können.

Die weiter bereits im Abschnitt *Aktuelle Entwicklung* beschriebenen grün leuchtenden Seitenflächen für eine Erhöhung der Auffälligkeit des Rettungszeichens auch unter flachen Blickwinkeln können mit diesem Leuchtentyp leicht realisiert werden.

Ausblick

Alle Betrachtungen zur „technischen Tunnelsicherheit“ zeigen, wie komplex dieses Thema ist. Kommt dann die für Verkehrsteilnehmer ungewohnte reale Tunnelsituation hinzu, wird vieles nicht einfacher. Das betrifft die Wahrnehmung der räumlich beengten Tunnelgeometrie aber ganz besonders auch die meist nicht optimalen Sehbedingungen. Es geht weiter mit den eingeschränkten Möglichkeiten der Hilfeleistung bei Pannen oder den Besonderheiten, den die professionellen Rettungsmaßnahmen unterliegen.

Technische Maßnahmen für die Tunnelsicherheit werden in naher Zukunft viele (europäische) Tunnel sicherer machen. Trotzdem wird zusätzlich das richtige und schnelle Handeln der Verkehrsteilnehmer in Gefahrensituationen von ganz besonderer Bedeutung bleiben.

Literatur

- /1/ *Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT)* – Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Strasse- und Verkehrswesen
- /2/ *Europäischen Richtlinie 2004/54/EG über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz*
- /3/ *Ausgestaltung von Brand-Notbeleuchtung und Leitsystemen zur Fluchtwegkennzeichnung in Straßentunneln – Systematik der Leitsysteme* – Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
- /4/ *DIN 67524-1 Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Teil 1: Allgemeine Güte-merkmale und Richtwerte* – Ausgabe 1987
- /5/ *DIN 4844-1:2005-05 Graphische Symbole - Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen - Teil 1: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitszeichen zur Anwendung in Arbeitsstätten und in öffentlichen Bereichen (ISO 3864-1:2002 modifiziert)*