

Tunnelvorbereiche auf Autobahnen

Die Projektierung von Vorbereichen von Tunneln von Hochleistungsstrassen mit Richtungstrennung berührt zahlreiche Fachbereiche und den Betrieb. Neben den Interessen der Tunnelbenutzer und der Betreiber sind primär diejenigen der Feuerwehr, der Polizei und der Rettungsdienste zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich vielfältige Betriebszustände mit massgebenden Auswirkungen auf das Projekt.

Von Peter Bürkel und Daniel Schuler *

Tunnelvorbereiche haben in allen Betriebszuständen die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Dies bedingt spezielle Sicherheitsmassnahmen, welche die Interessen des Betriebs sowie der Ereignisdienste tangieren (Abb. 1). Die Verkehrssicherheit bedingt auch eine möglichst homogene, die Strassenbenutzer wenig ablenkende Gestaltung des Strassenraumes vor den Tunnelportalen. Diese leistet auch einen Beitrag zu einem gleichmässigen Verkehrsfluss und damit zu einer hohen Verkehrsleistung. Die Tunnelvorbereiche dienen neben dem Verkehr auch als Bereitstellungsraum der Feuerwehr, der Polizei und der Rettungsdienste bei einem Grossereignis in einer der Tunnelröhren. Im Gegensatz zu offenen Strecken können Unterhaltsarbeiten in einer Tunnelröhre meist nur bei gänzlich gesperrten Fahrbahnen durchgeführt werden. Bei einem Unfall oder einem Brand im Tunnel ist der Zugang zum Schadenplatz erheblich erschwert. Tunnelvorbereiche haben neben der Verkehrssicherheit vielfältige Anforderungen zu erfüllen.



1: Tunnelvorbereich mit vielfältigem Verkehr.

1: Zone d'accès à un tunnel avec trafic variable.

Alle Bilder: BBS



* Peter Bürkel, Dipl. Ing. ETH, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur



* Daniel Schuler, Dipl. Ing. FH, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur

Zones d'accès aux tunnels autoroutiers

L'étude de projets des zones d'accès aux tunnels de routes à haut débit et chaussées séparées touche de nombreux domaines techniques et l'exploitation. A côté des préoccupations des usagers et de l'exploitant, il faut d'abord tenir compte de celles des pompiers, de la police et des services de sauvetage. Il en découle de nombreux états d'exploitation ayant des effets déterminants sur le projet.

Gestaltung der Tunnelvorbereiche

Anordnung und Geometrie von Mittelstreifenüberfahrten

Die Mittelstreifenüberfahrten sind in der Vergangenheit generell zu nahe bei den Tunnelportalen angeordnet worden. Dies ist insofern ungünstig, als die Mittelstreifenüberfahrt eine Inhomogenität im Blickfeld des Fahrzeuglenkers darstellt und diesen irritiert. Ungünstig ist auch ein kurzer Abstand bei einer Verkehrsführung über den Mittelstreifen. Fälschlicherweise geradeaus fahrende Fahrzeuglenker haben bei einem grossen Abstand zum Portal die Möglichkeit anzuhalten.

Angaben zur Geometrie finden sich in der Norm SN 640 135 [1]. In Anbetracht der jeweils kurzen Dauer der Verkehrsüberleitung und des erheblichen Aufwandes für die Massnahmen der aktiven und der passiven Sicherheit beträgt die Projektierungsgeschwindigkeit 60 km/h.



2: Auffahrt in einer über das Portal geführten Wendeschlaufe.

2: Rampe avec une boucle de rebroussement par-dessus l'entrée du tunnel.

Wendeschlaufen

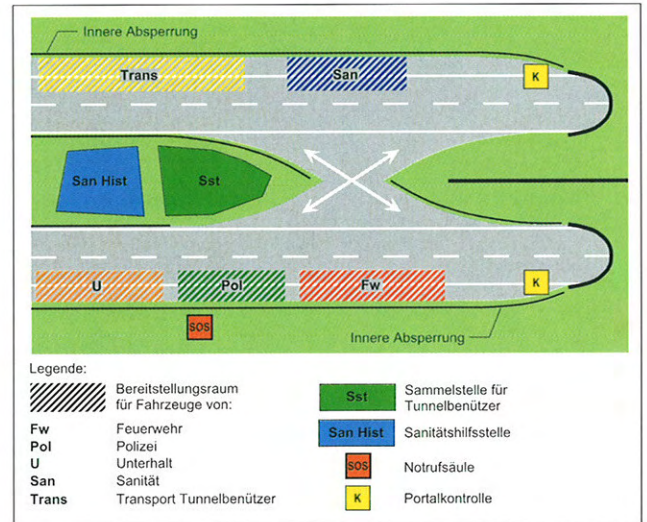
Wendeschlaufen ermöglichen einen Wechsel der Fahrtrichtung vor dem Tunnel. Sie sind als Überführung über die Portale trassiert (Abb. 2) oder in seltenen Fällen als Unterführung ausgebildet. Bei der Beurteilung der Notwendigkeit einer Wendeschlaufe sind primär die Bedürfnisse des Betreibers insbesondere im Hinblick auf den Winterdienst massgebend. Notwendig sind Wendeschlaufen, wenn in der Nähe des Tunnelportals kein Anschluss vorhanden ist, vor langen Tunneln und bei mehreren Tunneln in Folge. Der Wechsel der Fahrtrichtung hat in jedem Fall eine massgebende Verkürzung der Fahrzeit zu bewirken.

Für die Anschlüsse der Wendeschlaufen an den Fahrbahnen sind als Verzögerungs- oder Beschleunigungsstreifen benutzbare Standstreifen mit einer Breite von 3,00 m notwendig. Die horizontale und die vertikale Linienführung sowie das Lichtraumprofil sind auf die massgebenden Fahrzeuge des Betreibers sowie der Feuerwehr auszurichten.

Schadenplatzorganisation vor Tunnelportalen

Dispositiv

Die Platzverhältnisse für die Elemente der aufgebauten Dienste bei einem Grossereignis sind bei Tunnelvorbereichen eng. Ein Beispiel eines Dispositivs findet sich in der Abbildung 3. Die Schadenplatzorganisation hat einen ungestörten Betrieb vor dem Tunnelportal zu gewährleis-



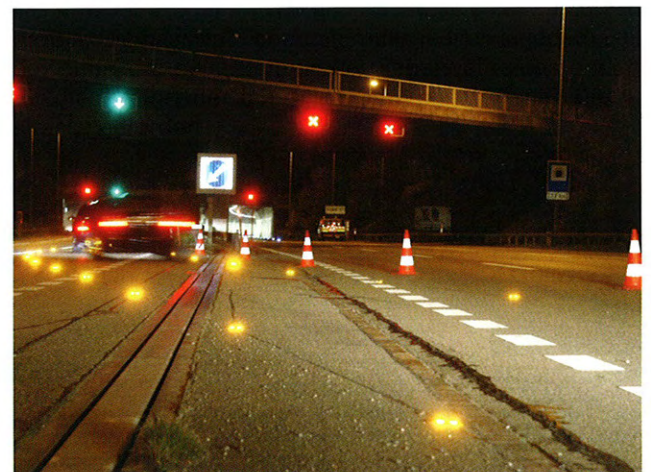
3: Beispiel einer Schadenplatzorganisation in einem Tunnelvorbereich nahe beim Tunnelportal.

3: Exemple de l'organisation d'une place de sauvetage dans une zone d'accès à un tunnel à proximité de son entrée.

ten. Bei der Interventionsplanung sind die Standorte der einzelnen Dienste festzulegen.

Feuerwehruzufahrt

Feuerwehruzufahrten zu den Tunnelvorbereichen sind vielfach ein konfliktbelastetes Thema. Sie sind im Hinblick auf die passive Sicherheit möglichst zu vermeiden. Wenn die Anfahrtzeit der Feuerwehr über eine Feuerwehruzufahrt massgeblich verkürzt werden kann, sind die sicherheitsbezogenen Vor- und Nachteile einer Zufahrt zu prüfen. Die passive Sicherheit muss jedoch in jedem Fall gewährleistet sein. Seitens der Feuerwehrdienste wird für die Zufahrt der hohe Ausbaustandard einer Werkstrasse gefordert.



4: Unterflurleuchten im Bereich einer Mittelstreifenüberfahrt.

4: Lampes dans la chaussée à l'endroit du passage du terre-plein central.

Landung von Helikoptern

Landungen von Helikoptern unmittelbar im Tunnelvorbereich sind im Zusammenhang mit der Bereitstellung und dem Einsatz der Polizei und der Rettungsdienste nicht erwünscht. Es sind deshalb keine Vorkehrungen zu treffen. Die Möglichkeit einer Landung im näheren Umkreis ist jedoch zu gewährleisten. Angaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt zu Hindernisbegrenzungsflächen für Helikopterlandungen im Perimeter von Tunnelvorbereichen stehen nicht zur Verfügung.

Mittelstreifenüberfahrten

Verkehrsführung, Verkehrssicherheit, Signalisation

Die Verkehrsführung auf der Zufahrtseite erfolgt mit einem Fahrstreifenabbau vom Überhol- zum Normalfahrstreifen und anschliessend einem Fahrstreifenwechsel des Gesamtverkehrs zum Überholstreifen. Wenn ein Fahrstreifen-Lichtsignal-System vorhanden ist, erfolgen der Fahrstreifenabbau und die Führung auf die Überfahrt gemäss der Norm SN 640 802 [3]. Fehlt ein solches Sys-

System	Funktion	Umstell-dauer	Aufwand für die Erhaltung	Kosten der Anschaffung	Bemerkungen
Temporär ausgelegte Leitschiene am Fahrstreifenrand	+	-	+	+	Wegen der vergleichsweise grossen Zeitdauer für das Auslegen der Leitschiene unter Verkehr besteht ein erhöhtes Unfallrisiko.
Temporär aufgestellte Leitkegel am Fahrstreifenrand	o	+	+	+	Die Kegel werden häufig umgefahren und führen dann zu Unsicherheiten über den Verlauf der Ränder.
Temporär aufgestellte Leitbaken am Fahrstreifenrand	+	o	+	+	Es sind wenig hohe Leitbaken aufzustellen.
Temporäre Beleuchtung der Fahrstreifenränder	+	o	+	+	Das System besteht aus einzelnen Leuchten, die auf markierte Positionen verlegt werden.
Unterflurbeleuchtung der Fahrstreifenränder	+	+	-	-	Der Einbau in Belägen verursacht Belagsschäden. Der Einbau auf Kunstbauten kann Abdichtungsprobleme ergeben.

Legende: + günstig o mittel - ungünstig

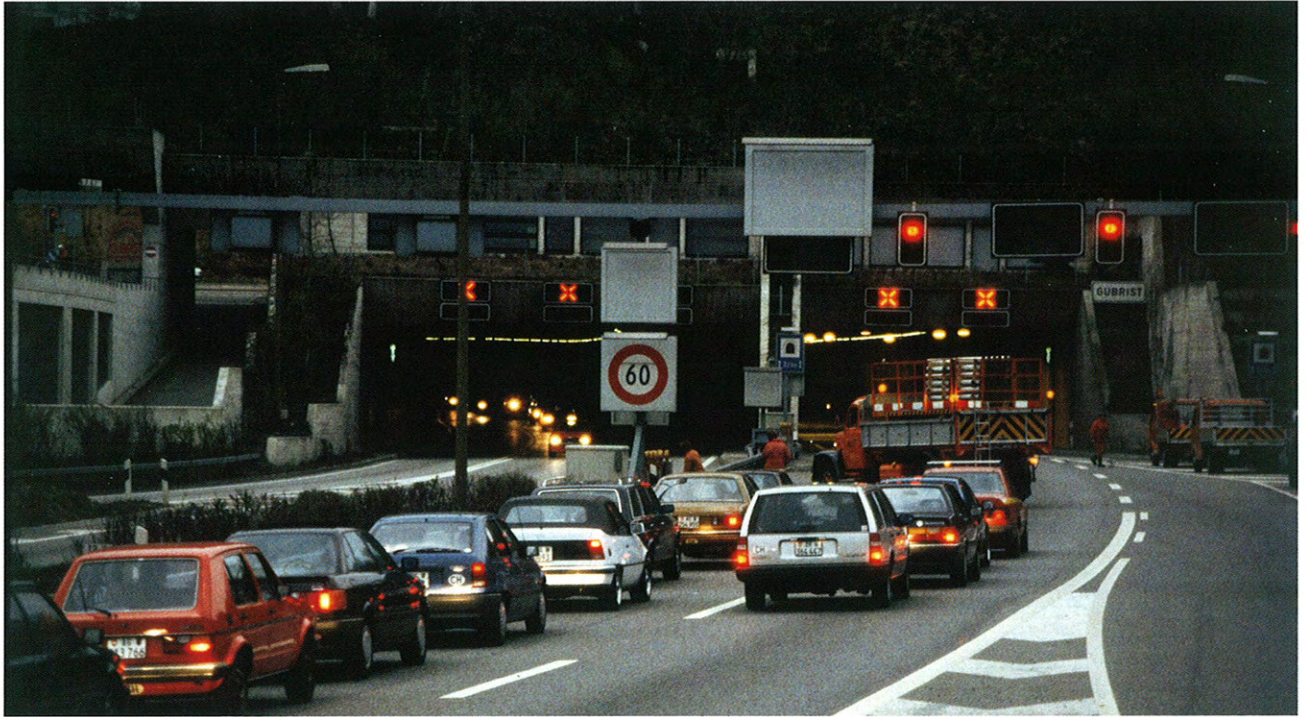
5: Beurteilung von Leiteinrichtungen und Markierungen für Fahrstreifenüberleitungen.

5: Evaluation des dispositifs de balisage et des marquages pour un changement de voie.

Art der Schutzeinrichtung	Einsatzkriterien	Bemerkungen
Auf den Belag gestellte Stahlleitmauern	- Wenige Einsätze pro Jahr für Unterhaltsarbeiten im Tunnel	- Günstig bei breiten Mittelstreifen (keine Sperrung des angrenzenden Fahrstreifens bei Demontage und Montage) - Sehr geringer Unterhaltsaufwand
Leitschranke mit schnell demonstrierbaren Verbindungen der Längselemente und in Hülsen gesteckten Pfosten gemäss [10]		
Schwenkbare Schutzeinrichtung ohne motorischen Antrieb	- Wenige Einsätze pro Jahr für Unterhaltsarbeiten im Tunnel - Bei Normalbetrieb geringe Wahrscheinlichkeit von Stau	- Günstig bei breiten Mittelstreifen - Rasche Umstellung - Geringer Unterhaltsaufwand
Motorisch schwenkbare Schutz-einrichtung mit Steuerung über Fernwirksystem	- Häufige Einsätze für Unterhaltsarbeiten im Tunnel - Bei Normalbetrieb erhebliche Wahrscheinlichkeit von Stau	- Rasche Umstellung - Hoher Unterhaltsaufwand für den angrenzenden Fahrstreifen - Komplexes Regel- und Steuersystem
Motorisch absenkbare Schutz-einrichtung mit Steuerung über Fernwirksystem	- Häufige Einsätze für Unterhaltsarbeiten im Tunnel - Bei Normalbetrieb grosse Wahrscheinlichkeit von Stau	- Rasche Umstellung - Erheblicher Unterhaltsaufwand - Einfaches Regel- und Steuersystem

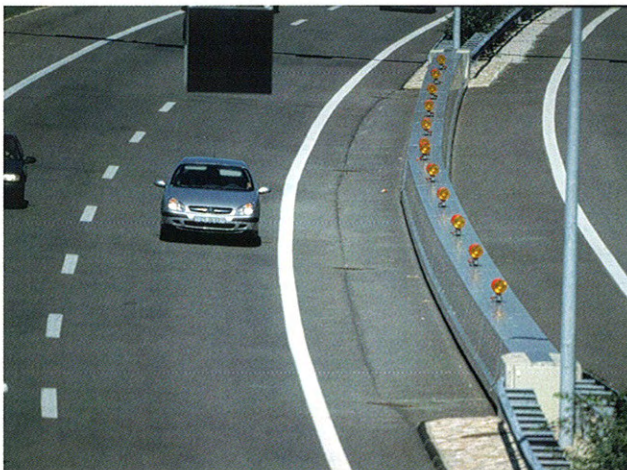
6: Übersicht und Kriterien zur Wahl der Schutz-einrichtungen für Mittelstreifenüberfahrten.

6: Vue d'ensemble et critères pour le choix des dispositifs de retenue pour les passages du terre-plein central.



7: Stau vor Tunnelportal vor der Inbetriebnahme der Mittelstreifenüberfahrt.

7: Bouchon devant l'entrée d'un tunnel avant la mise en service du passage du terre-plein central.



8: Ausschwenkbare Schutzeinrichtung mit motorisch angetriebenem Fahrwerk.

8: Dispositif de retenue pivotant avec châssis motorisé.



9: Motorisch absenkbarer Schutzeinrichtung im abgesenkten Zustand.

9: Dispositif motorisé de retenue encastrable à l'état abaissé.

tem, ist eine Signalisation wie bei Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen gemäss der Norm SN 640 885 [5] notwendig. Angaben zur Führung und optischen Gestaltung von Mittelstreifenüberfahrten vor Tunneln finden sich in einer Studie der Kantonspolizei Zürich [8].

Markierungen und Leiteinrichtungen

Um das Abirren von Fahrzeugen in Richtung des Tunnelportals zu verhindern, müssen Markierungen und Leiteinrichtungen die optische Führung gewährleisten. Der Verlauf des Fahrstreifens über den Mittelstreifen muss gut erkennbar sein. Eine Übersicht über die temporären Leiteinrichtungssysteme sowie die Unterflurbeleuchtung an den Fahrstreifenrändern findet sich in der Abbildung 5. Angaben zum Einsatz und zur geometriebezogenen Anordnung der Leuchten finden sich in der Norm SN 640 853 [4].

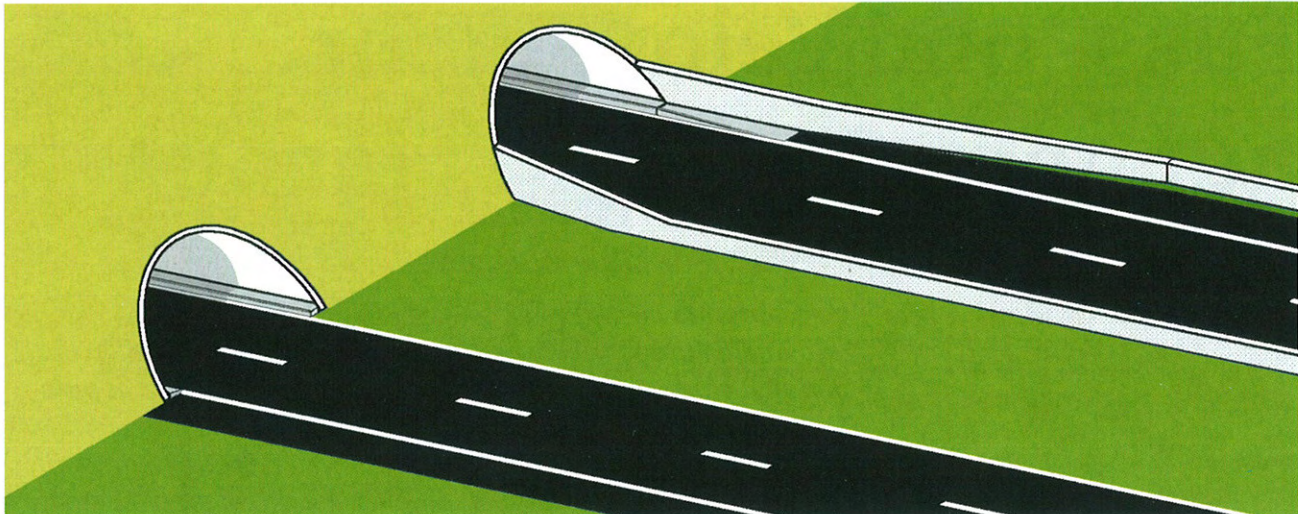
Schutzeinrichtungen für Mittelstreifenüberfahrten

Übersicht und Kriterien zur Wahl

Die Wahl der Schutzeinrichtungen für Mittelstreifenüberfahrten richtet sich nach der Häufigkeit von Verkehrsführungen über den Mittelstreifen und nach dem Verkehr (Abb. 7). Kriterien sind in der Abbildung 6 zusammengestellt. In Mittelstreifen mit einer Breite von $\geq 10,0$ m kann allgemein auf die Anordnung einer Schutzeinrichtung verzichtet werden. Das Wenden von Fahrzeugen ist in solchen Fällen mit einfachen Mitteln zu verhindern.

Stahlleitmauern

Ausser im Fall von schmalen Tunnelvorbereichen können Stahlleitmauern vergleichsweise problemlos verschoben werden. In Anbetracht der geringen Kosten für die An-



10: Schematische Darstellung der Schutzvorrichtungen vor den Tunnelportalen.

10: Représentation schématique des dispositifs de retenue avant les entrées de tunnels.

schaffung und des nicht relevanten Aufwandes für den Unterhalt sind auf dem Belag aufgestellte Leitmauern allgemein die günstigste Variante.

Schnell demontierbare Schutzvorrichtungen

Schnell demontierbare Schutzvorrichtungen weisen Verbindungen ihrer Elemente auf, die mit einem geringen Zeitaufwand und allgemein ohne Spezialwerkzeug demontiert und wieder montiert werden können. Es handelt sich dabei um spezielle Leitschranken mit in Hülsen gesteckten Pfosten gemäss der Richtlinie [6] sowie um auf den Belag gestellte Schutzvorrichtungen aus Stahl- oder Betonelementen.

Ausschwenkbare Schutzvorrichtungen

Ausschwenkbare Schutzvorrichtungen bestehen allgemein aus auf den Belag aufgestellten Stahlleitwänden, die am Ende ein Gelenk aufweisen und um dieses bewegt werden können (Abbildung 8). Bei ausschwenkbaren Schutzvorrichtungen muss während der Umstellung der Verkehr aufgehalten werden. Es können manuell oder motorisch angetriebene Systeme eingesetzt werden. Manuell angetriebene Schutzvorrichtungen sind hinsichtlich des Betriebes den motorisch angetriebenen kaum unterlegen. Bezüglich des Unterhalts weisen sie Vorteile auf.

Absenkbare Schutzvorrichtungen

Motorisch absenkbare Schutzvorrichtungen bestehen aus Leitschranken, die beim Öffnen der Mittelstreifenüberfahrt in eine Rinne abgesenkt werden (Abb. 9). Ein wesentlicher Vorteil dieses Systems ist der Umstand, dass das Öffnen und Schliessen ohne ein Anhalten des Verkehrs möglich ist.

Ausrüstung der Tunnelvorbereiche

Beleuchtung

Im Interesse eines flüssigen Verkehrs muss die Mittelstreifenüberfahrt während der Überleitung des Verkehrs konzentriert beleuchtet werden. Die Beleuchtung des Tunnelvorbereichs muss dabei abgeschaltet oder auf das

notwendige Minimum herabgesetzt werden. Die Regelungseinrichtung ist entsprechend zu konzipieren. Eine konzentrierte Beleuchtung der Mittelstreifenüberfahrt erübrigt sich, wenn eine Unterflurbeleuchtung vorhanden ist.

SOS-Nischen mit Feuerlöschposten

Die kombinierten SOS-Nischen mit Feuerlöschposten sind bei allen Portalen nahe beim Tunnelportal zu platzieren. Die Ausrüstung ist in der Richtlinie [7] beschrieben.

Schutzvorrichtungen vor Tunnelportalen

Die Übergänge Strasse-Portal sind generell Unfallschwerpunkte. Ein wichtiges Element zur Verkehrssicherheit ist die Gestaltung des strassennahen Raumes. Inhomogenitäten, welche die optische Linienführung stören oder sonstige die Fahrer ablenkende Ausrüstungselemente bewirken Irritationen und vermindern die Verkehrssicherheit. Schutzvorrichtungen sind deshalb so anzuordnen, dass der Übergang auf das Portal fließend ist. Anfangskonstruktionen und Systemübergänge sind weit vom Portal entfernt anzuordnen. Die Anforderungen an einen homogenen Übergang Strasse-Tunnel bei den Portalen kann am ehesten mit einer Betonleitmauer gemäss Abbildung 10 erreicht werden. ■

Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 135, Linienführung, Mittelstreifenüberfahrten
- [2] SN 640 561, Passive Sicherheit im Strassenraum, Fahrzeug-Rückhaltesysteme
- [3] SN 640 802, Verkehrsbeeinflussung, Fahrstreifen-Lichtsignal-System (FLS)
- [4] SN 640 853, Markierungen, Unterflurleuchten
- [5] SN 640 885, Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen
- [6] Richtlinie für Fahrzeugrückhaltesysteme, Bundesamt für Strassen, Bern, 2005
- [7] Richtlinien Tunnel und Elektromechanik, Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in den Tunnels, Bundesamt für Strassen
- [8] Weber R., Weissert M., Autobahnen, Ausnahmebetrieb, Optische Gestaltung von Überfahrten, Kantonspolizei Zürich, Zürich, 1998