

## Zukünftige Kommunikationstechniken und Integration von Straßentunneln im Bereich der TLS

FA 3.385

Forschungsstellen: Momatec GmbH, Aachen / Heusch/Boesefeldt GmbH, Aachen / FH Aachen, Fachgebiet Straßenentwurf und -betrieb

Bearbeiter: Poschmann, M. / Feldges, M. / Kochs, A. / Aretz, C. / Pögel, E. / Baltzer, W. / Zumbroich, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Juli 2006

den Stand der Technik seitens der Tunneltechnik einerseits und der Verkehrsleittechnik andererseits im Hinblick auf die Erweiterung der Technischen Lieferbedingungen Streckenstationen [BMVBW, 2002] zur TLS NEU um eine Integration Tunnelsteuerung – Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA). Zudem werden neue verkehrstechnische Applikationen und Entwicklungen hinsichtlich ihrer Anforderungen und möglicher Migrationskonzepte für eine TLS NEU diskutiert.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt unter dem Titel "Zukünftige Kommunikationstechniken und Integration von Straßentunneln im Bereich der TLS".

### 1. Aufgabenstellung

Das Forschungsprojekt FA 3.385 (Originaltitel "Zusammenwirken von betriebs- und verkehrstechnischen Tunnelausstattungs-elementen im Bereich von Straßentunneln") dokumentiert

Die Vielzahl neuer Datenarten und Applikationen in der Verkehrsleittechnik stellt immer größere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Kommunikationsnetze. Dies betrifft die verfügbaren Bandbreiten, die Übertragungsgeschwindigkeiten und die Verfügbarkeit der Netze. Neben Einzelfahrzeugdaten,

z. B. aus der Rampenzufussteuerung, Floating Car Data (FCD) oder Betriebsdaten, z. B. aus der Tunnelsteuerung, müssen immer häufiger auch Videodaten zur Verkehrsdaten-Erhebung und Störfallentdeckung und komplette Anzeigehalte für die frei programmierbaren dynamischen Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) übertragen werden.

Im Zuge des Um- und Ausbaus von Bundesautobahnen (BAB) werden zudem mehr und mehr moderne Kommunikationsleitungen wie Lichtwellenleiter (LWL) verlegt; die viel größere Datenübertragungsraten als die bisherigen analogen Autobahn-Fernmeldenetze ermöglichen. In einigen Bereichen werden aus Kostengründen auch andere Übertragungsmedien, insbesondere Funkstrecken, immer wichtiger. Die einseitige Ausrichtung der TLS auf die IEC 60870 als Übertragungsprotokoll und die analogen Autobahn-Fernmeldenetze als Übertragungsmedium orientierten sich aus damaliger Sicht am technisch Erreichbaren. Der technische Fortschritt hat aber diese Entscheidung dringend überholungsbedürftig gemacht.

Vor diesem Hintergrund wird die TLS mit der Einführung der genannten aktuellen Netzwerk-Technologien wieder auf den Stand der Zeit gebracht. Dies geschieht unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen aus der Tunnelsteuerung und der dort vorhandenen Tendenz, zukünftig Verkehrsdatenerhebung und Störfallentdeckung ausschließlich video-basiert durchzuführen.

Ziel dieses Vorhabens war es, die Zukunftsfähigkeit der TLS zu erhalten. Durch die neuen technischen Möglichkeiten der Datenübertragung hinsichtlich der Medien und Protokolle und der erweiterten Anwendungsfelder der TLS, vor allem einer Integration der Tunnelsteuerung, erfolgte eine Überarbeitung der TLS. Die Aktualisierung erhält und sichert die Kompatibilität beim Aufbau bzw. der Erweiterung oder Modernisierung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen. Dabei kann u. a. auf Erfahrungen bei der Nutzung neuer Übertragungsmedien und -protokolle aus Österreich zurückgegriffen werden. In Verbindung mit der "Neuen MARZ" bzw. den Ergebnissen des AK "Verkehrsrechnerzentralen" stellt dieses Projekt die Weichen für eine moderne Verkehrsbeeinflussungsinfrastruktur in Deutschland.

## 2. Untersuchungsmethodik

Das Vorgehen gliederte sich in zwei Bearbeitungsphasen. In Phase 1 erfolgte die Untersuchung der einschlägigen Literatur zum Thema Richtlinien die Verkehrstechnik und der Tunnelbetrieb, die Datenkommunikation in der Verkehrstechnik und im Internet" sowie die sich abzeichnenden neuen Anwendungsfelder der TLS (Verkehrsleittechnik Tunnel, Zuflussregelung, dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta), Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF), Road Vehicle Communication (RVC)). Zur Analyse der technischen und betrieblichen Eigenschaften der vorhandenen Medien und Protokolle zur Datenübertragung im Bereich der Verkehrstechnik wurden die relevanten Richtlinien und Planungsgrundlagen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz gesichtet. Dabei wurden alle für die Verkehrsbeeinflussung, Datenübertragung und den Tunnelbetrieb relevanten Dokumente recherchiert. Besonders berücksichtigt wurden neuere technische Entwicklungen hinsichtlich aktueller Kommunikationsmedien und -protokolle. Die grundsätzlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz vorhandener und möglicher neuer Kommunikationsmedien und -protokolle wurden zusammengestellt und die Anforderungen an die TLS NEU herausgearbeitet.

Anschließend wurden auf der Basis dieser Ergebnisse geeignete Migrations- und Anpassungsstrategien für die TLS NEU entworfen und auf Konzeptebene beschrieben.

In der Projektphase 1 wurden somit die Vorarbeiten für die spätere Detailbeschreibung der Anpassung und Integration TLS NEU geleistet.

Phase 2 beinhaltete ein Arbeitspaket, in dem ausgehend von den Beschreibungen aus Phase 1 die TCP/IP- sowie PROFIBUS-basierten Kommunikationsprotokolle, Schnittstellen und Datenformate für die TLS NEU auf dem Level von Anwenderanforderungen, z. T. ergänzt durch Technische Anforderungen, spezifiziert wurden. Ein weiterer Untersuchungsschritt diente der Harmonisierung der TLS NEU-Beschreibungen mit den Ergebnissen des AK VRZ/ "MARZ neu" sowie den Betriebs- und Steuerungsdaten für die in Phase 1 identifizierten neuen Anwendungen.

Die Themen "Datenkommunikation gemäß TLS 2002", d. h. im verkehrstechnischen Umfeld, sowie alternative Möglichkeiten der Datenkommunikation – insbesondere aus dem Umfeld des Internets – wurden zusammengefasst. Darauf aufbauend wurden Lösungsansätze für die sich abzeichnenden neuen Anwendungsfelder der TLS (VLT Tunnel, Zuflussregelung, dWiSta, TSF, RVC) aufgezeigt und deren Anforderungen an die TLS NEU herausgearbeitet.

Während der gesamten Projektlaufzeit fand eine intensive Abstimmung mit der ASFINAG statt, um den aktuellen Stand von Forschung und Anwendung auf diesem Gebiet in Österreich für das Vorhaben auszuwerten.

Die Arbeitsergebnisse wurden im Zwischen- und Schlussbericht dokumentiert und inhaltlich mit der BAST und dem Betreuungskreis abgestimmt.

## 3. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

### 3.1 Neue Anwendungsfelder für die TLS NEU

In den letzten Jahren sind einige neue Anwendungsfelder in der Verkehrsbeeinflussung entstanden, für die die heutige TLS keine oder nur unzureichende Definitionen hinsichtlich der Anwendungsschicht enthält.

Als wichtige neue Anwendungsfelder für die TLS NEU werden die Integration der VLT Tunnel, die Zuflussregelung, die Dynamischen Wechselwegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta), die Temporäre Seitenstreifenfreigabe (TSF) sowie – allerdings nur für die spätere Zukunft – die Road Vehicle Communication (RVC) betrachtet und die relevanten Anforderungen und Problemstellungen aus diesen Anwendungsfeldern formuliert.

Wichtige Änderungen stellen z. B. die gesicherte Übernahme von Schaltanforderungen aus der ZLT Tunnel und der Abgleich derselben innerhalb von wenigen Sekunden oder die flexible Übertragung und Ansteuerung richtlinienkonformer Bitmaps und Piktogramme bei dWiSta dar.

### 3.2 Berücksichtigung von neuen Datenkommunikationstechnologien in der TLS NEU

Die TLS 2002 beschränkt die Verwendung von Schnittstellen sehr stark; so ist z. B. die busfähige Schnittstelle 'Steuermodul – Inselbus' auf eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1 200 Bit/s beschränkt. Auch hinsichtlich der Lokalbus-Schnittstelle werden genaue Vorgaben gemacht, sodass in der "TLS 2002-Welt" generell nur Verbindungen mit geringer Datenübertragungsraten möglich sind. Die Übertragung von größeren Datenmengen, z. B. Einzelfahrzeugdaten von vielen Streckenstationen (SSt), sowie Echtzeitkommunikation sind jedoch auch aufgrund der in der TLS 2002 definierten Datenübertragung zwischen UZ und SSt nur sehr eingeschränkt möglich.

Es gibt in Österreich bereits in Betrieb befindliche Verkehrstelematiksysteme, bei denen TLS-Datenkommunikation auf Basis von TLS-over-IP über leistungsfähige LAN/WAN-Strukturen erfolgt. Die Schnittstelle ist dort in der Art konzipiert, dass die Datenübertragung in einer TLS-Netzstruktur beliebige Verbindungswege sowohl über TCP/IP als auch der in der TLS definierten Übertragungsmedien voll transparent unterstützt.

Im Rahmen einer Literaturrecherche konnten auf dem Gebiet der Kommunikations- und Informationstechnik eine Reihe von Entwicklungen identifiziert werden, die eine starke Relevanz für den Einsatz in verkehrstechnischen Anwendungen aufweisen. Hierzu zählen insbesondere die Entwicklungen im Bereich der TCP/IP-basierten Kommunikation. Die diesbezüglichen Konzepte sind auf verschiedenen Netzwerken und Übertragungsmedien anwendbar, sie sind flexibel bezüglich des Routings zwischen den Komponenten, ermöglichen die Ausnutzung großer Bandbreiten und somit hohe Übertragungsgeschwindigkeiten. Damit ergibt sich eine hochverfügbare und sichere Datenübertragung mittels entsprechender Protokolle und Mechanismen. Für diese Datenkommunikations-Konzepte sind zudem zahlreiche preiswerte Komponenten auf dem Markt verfügbar.

Die Einführung der TCP/IP-basierten Datenübertragungstechnik in die TLS ist unumgänglich, da hierdurch der Einsatz standardisierter bzw. marktgängiger Produkte sowohl in der Kommunikationshardware als auch in Hinblick auf die Anwendungssoftware möglich wird. Konkret wird empfohlen, zunächst IPv4 und TCP einzusetzen.

Für die Übertragung von TLS-Nutzdaten wird TCP als zuverlässiges Protokoll für die Transportschicht empfohlen. Es ist durchaus gewünscht, dass das Übertragungsprotokoll sicherstellt, dass Daten wie z. B. Stellbefehle sicher ankommen. Darüber hinaus fordert eine Reihe von Protokollen der höheren OSI-Schichten, z. B. HTTP, ein zuverlässiges Protokoll für die Transportschicht.

Mit der Einführung TCP/IP-basierter Kommunikation in der TLS NEU könnten bei Einführung von PROFINET im Bereich der Tunnelbetriebstechnik Betriebsleit- und Verkehrstechnik dieselbe Kommunikationsinfrastruktur nutzen.

Zudem wird es dadurch möglich sein, die Längenbegrenzung der TLS-Telegramme aufzuheben. Auf dieser Grundlage sind dann in Zukunft Anwendungen definierbar, bei denen z. B. für Vollmatrixanzeigen komplette Grafiken von der Unterzentrale zur Streckenstation übertragen werden könnten.

### 3.3 Migrationsstrategien

Der Übergang von TLS 2002 zu einer TLS NEU erfordert Migrationsstrategien, die im Forschungsvorhaben erarbeitet wurden. Hinsichtlich des Einsatzes von VRZ und UZ nach MARZ 99 bzw. "Neuem MARZ" (bzw. Datenverteiler (DaV)) und Komponenten nach TLS 2002 bzw. TLS NEU (KRI oder SSt nach TLS NEU) wurden dabei die folgenden fünf Fälle unterschieden:

- Fall 1: VRZ und UZ basieren auf dem Datenverteiler (Standardfall),
- Fall 2: VRZ basiert auf dem Datenverteiler und UZ nach MARZ 99,
- Fall 3: VRZ und UZ nach MARZ 99, SSt nach TLS 2002 und TLS NEU angeschlossen,
- Fall 4: VRZ nach MARZ 99, UZ mit DaV, Inselbusse TLS NEU am KRI neu angeschlossen,
- Fall 5: UZ-basierte Lösung mit Gateway auf Application-Level basierend auf UML-Modellierung.

### 3.4 Integrationsansätze Tunnelsteuerung

Als Fazit für die Integration von Tunnelsteuerungen ist festzuhalten, dass letztlich eine enge Integration der beiden "Welten"

ZLT Tunnel und VBA notwendig ist. Diese muss sowohl die Anforderungen aus der ZLT hinsichtlich Zeitverhalten und Sicherheit erfüllen als auch einen Abgleich bzw. eine einstellbare Priorisierung mit der VBA ermöglichen. Gleichzeitig müssen vorhandene Systeme sowohl der ZLT Tunnel als auch aus dem VBA-Bereich weiter nutzbar sein.

Es stellt sich als sinnvoll dar, eine Kopplung mittels IP-basierter Kommunikation im LAN und Gateways auf Ebene der ZLT/VBA-UZ (oder später mittels WAN auf der Ebene Tunnelwarte/VBA-VRZ) zu konzipieren. Die in Tunnelbereichen heute verwendeten LWL-Kommunikationskanäle sind bereits entsprechend leistungsfähig im Hinblick auf Echtzeitanforderungen und kommunikationstechnisch sicher bezüglich IP-Sicherungsschicht und Verschlüsselung. Eine entsprechend hohe Sicherheit im Hinblick auf den Betrieb kann heute durch Schaffung redundanter Systeme erzielt werden, wie dies bei der UZ VBA A71 Kammquerung Thüringer Wald gezeigt wurde. Eine darüber hinausgehende Vereinheitlichung auch der Software ist nicht angeraten.

### 3.5 Kommunikationsrechner Inselbus

Ein Kommunikationsrechner Inselbus (KRI) sollte Bestandteil für die zukünftige TLS sein. Mit der Einführung von TCP/IP als Transportprotokoll muss dieser zukünftige KRI die wesentliche weitere Eigenschaft als Gateway zwischen alter und neuer TLS erhalten. Alternativ hat dies die Applikation KEX-TLS in einer UZ nach DaV zu erfüllen. Damit wird ein OSI 3-Routing nach alter TLS überflüssig.

### 3.6 Netzwerk- und Transaktionsmanagement

Für das Netzwerkmanagement wird angestrebt, Standardprodukte aus der Kommunikationswelt wie z. B. SNMP (Simple Network Management Protokoll) einzusetzen. Dies bedingt jedoch – wenn es kostengünstig umgesetzt werden soll – eine Umstellung der unteren TLS-Schichten auf TCP/IP.

Beim Transaktionsmanagement wird der entscheidende Schritt mit der Einführung von TCP/IP-Kommunikation bis zum EAK erfolgen. Durch die Verwendung dieser Technologie wird die gesicherte Übertragung von Daten über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung hergestellt. Auf der OSI-Schicht 7 kann die Einführung von Internettechnologien wie Remote Procedure Calls (RPC) bzw. Remote Message Invocation (RMI) basierte Lösungsansätze bieten.

### 3.7 Versions- und Featuremanagement

Damit die TLS als technisches Dokument zukünftig den ständig wachsenden Anforderungen genügen kann, ist es für eine gezielte und vor allen Dingen performante Versionierung erforderlich, dass eine noch stärkere Modularisierung der TLS vorgenommen wird. Auf dieser Basis ist es möglich, dass die Aktualisierung und Freigabe nur von einzelnen Kapiteln vorgenommen werden kann, ohne dass der Nutzerkreis einen größeren Zyklus bis zur Herausgabe einer kompletten Gesamtausgabe abwarten muss.

## 4. Folgerung für die Praxis

Es ist festzustellen, dass sich die TLS kommunikationstechnisch seit weit über 10 Jahren von der Entwicklung in Richtung "TCP/IP" und zugehöriger Technologien abgekoppelt hat. Die TLS muss ihren Fokus auf die verkehrstechnische Anwendung legen. Hinsichtlich der Nutzung der zugrundeliegenden Kommunikation sollten im Rahmen der TLS bei Bedarf lediglich Empfehlungen ausgesprochen werden. Die TLS NEU sollte zukünftig bezüglich ihrer Kommunikationsmethoden so offen sein, dass neue Entwicklungen der IT- und Nachrichtentechnik nicht von vorne herein blockiert werden. Es wird empfohlen im jeweiligen Einzelfall projektspezifisch die jeweilige Gestaltung

des Kommunikationskonzepts in einer Leistungsbeschreibung zu präzisieren.

Bezüglich IPv4 ist anzumerken, dass die Entwicklung stabiler Produkte unter IPv6 noch nicht abgeschlossen ist. Infolgedessen kann es noch zu Inkompatibilitäten unterschiedlicher Implementierungen kommen. Dies kann sich aber bei zunehmender Verbreitung des Protokolls in den nächsten Jahren durchaus auch schnell ändern.

Bereits jetzt sind kabelgebundene Kommunikationsdienstleistungen unter dem Stichwort "DSL" sehr kostengünstig verfügbar. Vergleichbares ist für den aufkommenden Markt funkbasierter Dienstleistungen zu erwarten. Bei Anbindungen mit geringem Datenaufkommen gilt dies für GPRS bereits heute. Mit

WLAN im Nahbereich sowie UMTS und insbesondere WIMAX für Weitverkehrsnetze sind entsprechende Entwicklungen absehbar. Nahezu sämtliche Dienstleistungen basieren auf TCP/IP. Somit besteht die Möglichkeit, dass bei einer grundsätzlich TCP/IP-gebundenen Kommunikation im Wirkungsbereich der TLS diese Kommunikationsdienstleistungen zugekauft werden können. Dadurch kann die Neuerrichtung eines kostenintensiven Kommunikationsnetzes für VT-Anwendungen obsolet werden. Vielmehr gewinnt der Aspekt an Gewicht, die Qualität der Kommunikation durch entsprechende Service Level Agreements (SLA) mit den Diensteanbietern sicherzustellen. Hier wird es einen Wettbewerb zwischen "öffentlichen" und privaten Providern unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten bei definierter Qualität geben. □