

## Klare Ansagen für Verkehrsteilnehmer: Neue Chancen zur sicheren Sprachalarmierung in Tunneln

Hilfestellung für den Tunnelnutzer zum richtigen Verhalten im Gefahrenfall liefern Lautsprecherdurchsagen, deren Wirksamkeit jedoch entscheidend von ihrer Verständlichkeit abhängen. Wege, die die Verständlichkeit weiter zu erhöhen zeigt der folgende Beitrag auf.

### Ausgangslage

Lautsprecherdurchsagen gehören zu den Sicherheitseinrichtungen, die in Brand- und Katastrophenfällen in Straßentunneln einen ganz beträchtlichen Stellenwert für die Selbstrettung der Tunnelnutzer besitzen. In verrauchter Umgebung werden akustische Informationen nicht beeinträchtigt, und Menschen reagieren auf verbale Ansprache rascher und präziser als auf allgemeine Gefahrensignale oder optische Symbole. Die Vorteile einer schnellen und gezielten Information des Tunnelnutzers mittels Lautsprecherdurchsagen wurden bereits durch die Vorgabe von Lautsprechern in den 1985 erstmalig veröffentlichten „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (RABT) [1] gesehen und seitdem beibehalten.

Voraussetzung für die Wirksamkeit von Sprachalarmierung ist jedoch die ausreichend gute Verständlichkeit der übermittelten Sprachinformation. Die Akustik eines Straßentunnels

**Rolf Mayer**, IFB Consulting; **Oliver Reimann**, Sprech-Fabrik Engineering  
**Christof Sistenich**, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

mit immensem Nachhall und Verkehrslärm stellt der Verständlichkeit jedoch hohe Hürden entgegen. Gerade die für die Tunnelbetriebspraxis wichtigste Beschallungsart des sogenannten Sammelrufs, also eines gleichzeitigen Rufs in eine Röhre über deren vollständige Länge, musste in der Mehrzahl aller Tunnel in die Kategorie „unverständlich“ eingeordnet werden. Da aber die RABT [1] nicht allein den Einbau der Anlagen, sondern eine Verständlichkeit der Lautsprecherdurchsagen fordert, gilt es, den bisherigen Widerspruch zwischen definiertem Anspruch und realer Beschallungspraxis durch ergänzende Untersuchungen aufzulösen. Mit der Durchführung dieser Untersuchungen hat die Bundesanstalt für Straßenwesen in Vertretung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) das Ingenieurbüro IFB Consulting beauftragt.

## Clear Announcements for Motorists: New Chances for safe Voice Alarms in Tunnels

Loudspeaker announcements, whose efficacy largely depends on their comprehensibility, provide assistance for tunnel users on how to act properly during dangerous situations. The following report provides indications of how to more effectively improve comprehensibility.

Loudspeaker announcements are numbered among the safety facilities, which are essential for the evacuation of tunnel users in the event of a fire or other incident. Acoustic information is not distorted in the smoky environment and people react faster and more precisely to verbal communication than to general warnings of danger or optical symbols. The advantages of rapid and targeted information for the tunnel user via speaker announcements was recognised in the "Guidelines for Furnishing and Operating Road Tunnels" (RABT) first published in 1985 and have been adhered to since.

However it is imperative that the information passed on can be well understood to ensure the efficacy of communication. The acoustics within a road tunnel with immense resonance and the noise caused by traffic set high obstacles for comprehensibility. The all-call system, which is the most important form of communication for tunnels in operation,

in other words a constant call over the entire length of one bore, fell into the "incomprehensible" category as far as the majority of tunnels were concerned. As however RABT [1] does not simply advocate the installation of the system but also the comprehensibility of loudspeaker announcements, it is essential that the existing contradiction between what is justifiably demanded and actual acoustical practice is rectified through more extensive investigations. The Federal Highway Research Institute on behalf of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) commissioned the Ingenieurbüro IFB Consulting to tackle these investigations.

The investigations are aimed at arriving at more extensive demands on electro-acoustic systems in road tunnels taking technical and economic applicability into consideration. Initially it has to be clarified whether obvious potentials for improving existing acoustic results are available. Consequently it has to be determined whether acoustic systems on the basis of defined types of

Ziel der Untersuchungen ist die Erarbeitung weitergehender Anforderungen an elektroakustische Anlagen in Straßentunneln unter Beachtung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit. Hierbei ist zunächst zu klären, ob sich eindeutige Potenziale zur Verbesserung der bisherigen Beschallungsergebnisse aufzeigen lassen. Darauf aufbauend ist zu ermitteln, ob Beschallungsanlagen auf der Basis definierter Tunneltypen mit jeweils voneinander differierenden akustischen Eigenschaften ohne aufwändige Einzelfalluntersuchungen geplant werden können bzw. eine Verringerung des Planungs-

aufwandes erreichbar ist. Die Ergebnisse sollen in konkrete Empfehlungen zur Fortschreibung des für Straßentunnel geltenden betriebstechnischen Regelwerkes münden.

### Untersuchungsansatz

Akustisch-theoretische Grundlagen, neuartige beschallungstechnische Konzepte sowie weitere Ergebnisse aus Forschungsprojekten und Untersuchungen zum Thema Tunnelbeschallung waren zu analysieren und den Erkenntnissen aus einer Anzahl schalltechnischer Einzeluntersuchungen zu Straßentunneln, die vom Forschungsnehmer unabhängig vom Forschungsvorhaben

tunnel possessing different acoustic properties can be designed without complicated tests being executed for each individual case or by reducing the scope of the planning process. The results are intended to provide concrete recommendations to be integrated in the technical code of practice for road tunnels.

### Starting Point for Investigations

Acoustic-theoretical principles, novel acoustic-technical concepts as well as further results from research projects and investigations on tunnel acoustics had to be analysed and compared to the findings from a number of sound-technical in-

dividual investigations on road tunnels, which were established by the researcher quite independent of the research project. It was intended to determine acoustic parameters relevant for sound systems given different tunnel geometries with the appropriate technical measurements. These were to be accompanied by the definition of precise basic requirements on the electro-acoustic functional parameters of sound systems. A follow-up market analysis was intended to show the available market potential for electro-acoustic equipment not used on the tunnel sector relating to improving comprehensibility of voice information in tunnels.



## We understand our business

Our many years of experience in the planning and production of simple to complex conveyor systems have made us into a reliable partner worldwide. Conveyor systems and transport systems are individually adapted to your needs.

Marti Technics Ltd. produces tailor-made, practical solutions based on its own construction site experience.

Talk to us. We will provide you with professional and correct consultation and know all the possibilities that can be used for a qualified realisation of your projects.

We also offer gravel plants, formwork systems, electrical engineering and special constructions.

**Marti Technics Ltd.** Lochackerweg 2 CH-3302 Moosseedorf  
Fon. +41 31 858 33 88 Fax +41 31 858 33 89 info@martitechnik.ch www.martitechnik.ch

aufgestellt worden waren, gegenüberzustellen. Als Ergebnis sollten die für die Auslegung von Beschallungsanlagen relevanten akustischen Einflussgrößen bei unterschiedlichen Tunnelgeometrien zusammengestellt und messtechnisch bestimmt werden. Dies sollte einhergehen mit der Definition präziser Grundanforderungen an die elektroakustischen Funktionsparameter von Beschallungsanlagen. Eine ergänzende Marktanalyse sollte das Potenzial am Markt vorhandener aber im Tunnelbereich nicht eingesetzter elektroakustischer Ausrüstung im Hinblick auf die Verbesserung der Verständlichkeit von Sprachinformationen im Tunnel aufzeigen.

Nach der Festlegung geeigneter Anforderungen waren die jeweiligen Tunnelbeschallungskonzepte auf die jeweils erzielbaren elektroakustischen objektiven Sprachverständlichkeits-Parameter zu untersuchen. In diesem experimentell geprägten Teil des Vorhabens waren in einem Straßentunnel vergleichende Untersuchungen zwischen unterschiedlichen Beschallungskonzepten in Form von prinzipiellen Messaufbauten vorgesehen. Die aus diesen Versuchsanordnungen gewonnenen ersten vorläufigen Ergebnisse hatten eine starke Fokussierung des Untersuchungsansatzes hin zu einem als „synchronisierte Längsbeschallung“ bezeichneten Konzept zur Folge, verbunden mit der Fragestellung, wie sich das Konzept unter den Realbedingungen einer vollständigen Tunnelbeschallung darstellen würde. Ein in der Nachrüstung befindlicher Tunnel wurde kurzfristig mit Lautsprechersystemen, die auf die akustischen Gegebenheiten

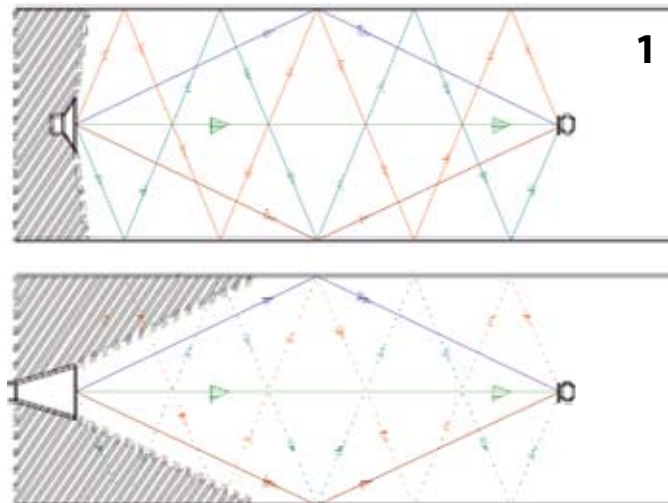
eines Straßentunnels hin optimiert worden waren, ausgestattet und ermöglichte somit die weitere vertiefende Untersuchung dieses Konzepts unter realen Tunnelbedingungen, die Ableitung von Zielvorgaben für die Beurteilung entsprechender Beschallungsanlagen, sowie die Formulierung allgemeiner Regeln für deren Errichtung.

### Ergebnisse und Umsetzung

Vom Forschungsnehmer, der in seiner Funktion eines beratenden Ingenieurbüros bereits 19 Verkehrstunnelprojekte schalltechnisch betreute, wurden gutachterlich ermittelte akustische und beschallungstechnische Tunnelparameter systematisch ausgewertet. In Verbindung mit den anschließenden Einzeluntersuchungen in einem Straßentunnel wurden vorhandene Erkenntnisse präzisiert oder richtiggestellt, sowohl bezüglich der Akustik von Tunneln als auch der Eigenschaften verschiedener Tunnel-Beschallungskonzepte. Als Kriterium

Vielzahl von Reflektionspfaden beim breit abstrahlenden Lautsprecher (oben) und Reduktion auf Direktschall und frühe Reflexionen beim engbündelnden Lautsprecher (unten)

Large number of reflection paths in the case of broadly emitted loudspeakers (above) and reduction to direct sound and early reflections in the case of closely focused speakers (below)



After determining suitable requirements the various tunnel acoustic concepts had to be examined relating to the electroacoustic objective voice comprehensibility parameters that could be attained in each case. In this basically experimental part of the project comparative investigations were carried out in a road tunnel involving different acoustic concepts in the form of fundamental measurement set-ups. The initial preliminary results obtained from these test set-ups resulted in the investigative approach strongly focused on a concept described as a "synchronised longitudinal acoustics system", in conjunction with the issue as to how the concept would present itself under the real conditions of a complete tunnel sound system. A tunnel being refurbished was equipped at short notice with loudspeaker systems, which were optimised to comply with the acoustic conditions prevalent in a road tunnel and thus enabling this concept to be examined even further under real tunnel conditions, derivation of

objectives for the assessment of corresponding sound systems as well as formulating general rules for setting them up.

### Results and Application

The researcher, which had already been involved with acoustic studies in 19 transport tunnel projects in its function as a consulting engineer, systematically evaluated acoustic and sound tunnel parameters. In conjunction with the subsequent individual investigations in a road tunnel existing results were clarified and rectified both with respect to tunnel acoustics as well as the characteristics of various tunnel sound concepts. The Speech Transmission Index (STI) was taken as the basis for the criterion to assess the determined acoustic information.

The path from the speech comprehensibility dilemma in tunnel acoustics led via 2 parameters, which had to be influenced or used:

1. The sound reflections on the tunnel walls responsible for the resonance had to be reduced.
2. The special sound propagation within the tunnel geometry can be applied as a useful parameter.

The sound reflections on the tunnel walls responsible for the resonance result from a large number of possible reflection paths. Fig. 1 presents a possibility for reduction by varying the type of loudspeaker.

A road tunnel that was close to completion was used for experimental investigations in order to obtain precise details of tunnel acoustic parameters by scientific means, especially the sound conducting properties of these

zur Güte der übermittelten akustischen Informationen wurde der Sprachübertragungsindex (speech transmission index (STI)) zugrundegelegt.

Der Weg aus dem Sprachverständlichkeitsdilemma in der Tunnelbeschallung führte über 2 Parameter, die beeinflusst bzw. genutzt werden mussten:

1. Die für den Nachhall verantwortlichen Schallreflexionen an den Tunnelwänden müssen reduziert werden.
2. Die besondere Schallausbreitung innerhalb der Röhrengometrie kann als nutzbringende Größe verwertet werden.

Die für den Nachhall verantwortlichen Schallreflexionen an den Tunnelwänden werden durch eine Vielzahl von möglichen Reflektionspfaden verursacht. In Bild 1 wird eine lautsprecherseitige Reduktionsmöglichkeit durch Variation der Bauart dargestellt.

Ein kurz vor der Fertigstellung stehender Straßentunnel konnte für experimentelle Untersuchungen genutzt werden, um Details von Tunnelakustik-Parametern wissenschaftlich detaillierter zu erforschen, insbesondere die Schalleitungseigenschaften dieser speziellen Röhrensysteme. Es wurden 3 Beschallungskonzepte in experimentellen Modellaufbauten verglichen:

- Die konventionelle verteilte Lautsprecheranordnung mittels Hornlautsprechern in kurzen Montagerastern im Wand- oder Deckenbereich. Es erfolgt die Übertragung über alle installierten Lautsprecher.

- Die sogenannte sequentielle Beschallung, die seit 2005 bereits mehrfach praktisch umgesetzt wurde. Hierbei wird zunächst nur in einem begrenzten Abschnitt der Tunnelröhre über nur wenige Lautsprecher übertragen (deren Schallfelder zudem über Signal-Verzögerungen noch miteinander synchronisiert werden). Alle entfernteren Lautsprecher bleiben (bis auf Weiteres) „stumm“. Nach Abschluss der Übertragung im ersten Abschnitt erfolgt die Übertragung zeitverzögert im nächsten Abschnitt.

- Das noch unerprobte Konzept der synchronisierten Längsbeschallung (im Folgenden als „SLASS-Konzept“ benannt, SLASS = synchronized longitudinal announcement speaker system). Dieses Konzept beschreibt eine gerichtete Schalleinstrahlung in Tunnelängsrichtung in Verbindung mit einem elektronischen Laufzeitgleich (Delay), das die nachfolgenden Lautsprecher in Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit mit dem Schallfeld des ersten Lautsprechers synchronisiert. Das Prinzip zeigt Bild 2.

Bereits die Ergebnisse der gutachterlichen Einzeluntersuchungen zeigten, dass sich mit einer herkömmlichen Lautsprecheranordnung und deren elektrischen Ansteuerung eine ausreichende Verständlichkeit nicht erzielen lässt. Dies wurde im Tunnel erneut bestätigt.

Die sequentielle Beschallung nutzte lediglich den Einflussparameter Nachhall zur Verbesserung der Verständlichkeit: Durch eine nur segmentweise Beschal-

lung special tunnel systems. Three sound systems were compared as experimental model set-ups:

- The conventionally distributed loudspeaker set-up using horn loudspeakers assembled at short intervals in the wall or ceiling. Information was transmitted simultaneously via all installed loudspeakers.
- So-called sequential communication, which has been used in practice on a number of occasions since 2005. In this case transmitting is firstly undertaken using only a few loudspeakers in a restricted section of the tunnel (whose sound fields are furthermore synchronised with one another). All loudspeakers that are situated some distance

away remain “silent” (for the time being). Once the transmission in the first section is completed, transmission in the next section follows with a time delay.

- The still untested concept of synchronised longitudinal transmission (subsequently known as the “SLASS concept” – SLASS = synchronised longitudinal announcement speaker system). This concept entails transmission directed in the tunnel’s longitudinal direction in conjunction with an electronic delay, which synchronises the subsequent speakers with the sound field of the first speakers dependent on the sound speed. Fig. 2 displays the principle.



ALBATROS ENGINEERING GMBH


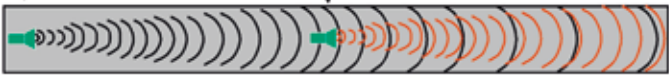
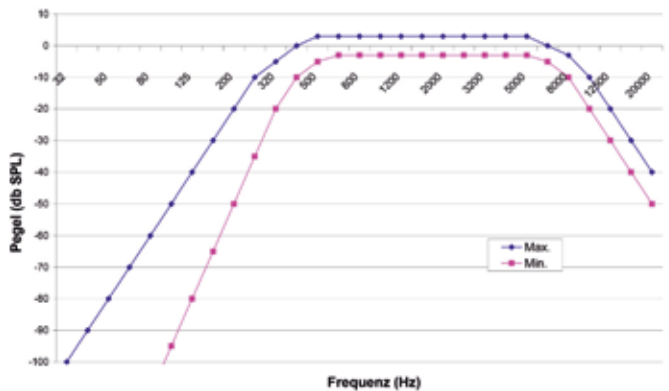
A-4175 Herzogsdorf · Rohrbacherstrasse 6  
Tel.: +43-7232 / 345520  
Fax: +43-7232 / 34552-213  
E-Mail: stw@alba.at · Internet: www.alba.at

SONDERMASCHINENBAU – BAUMASCHINENHANDEL

FOR SALE:

- 1 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L3C, 2002
- 1 pc. Jumbo, ATLAS COPCO, Rocket Boomer L2C, 2005
- 1 pc. Jumbo, DEILMANN-HANIEL, BTRL2, 2003
- 1 pc. Shotcrete Mobile, ALIVA, AL 500, 2003
- 1 pc. Tunnelling excavator, LIEBHEER, R944T, 2009
- 1 pc. Tunnel Loader, SANDVIK, TORO 1250E, 2003
- 2 pc. Rock drill, ATLAS COPCO, COP 1432, 2002
- Compressors, Ventilation,.....



<p><b>Geeignete Lautsprechersysteme</b> Weniger Tunnelwandreflexionen und Nachhall durch eng schallbündelnde Hochleistungslautsprecher</p>	<p><b>Suitable speaker systems</b> Fewer tunnel wall reflections and resonance thanks to sound-focusing high-performance speakers</p>	<p>Beginn von Schallreflexionen an der Tunnelwand Start of sound reflections on the tunnel wall</p> 
<p><b>Delaytechnik/Signalverzögerung</b> Kompensation der Schallgeschwindigkeit und Synchronisation aller Einzellautsprecher mit der Wellenfront des Start-Lautsprechers</p>	<p><b>Delay technique/signal delay</b> Compensation of the sound speed and synchronisation of all individual speakers with the wave front of the starting speaker</p>	<p><math>t_0</math> Sprachsignal unverzögert <math>t_0</math> speech signal undelayed</p> <p><math>t_1</math> Sprachsignal verzögert <math>t_1</math> speech signal delayed</p> 
<p><b>Breitbandig lineare Übertragung</b> Übertragung des kompletten Sprachfrequenzbereiches linear im Bereich von 250 bis 8.000 Hz</p>	<p><b>Broadband linear transmission</b> Transmission of the complete speech frequency range linearly in the 250 to 8,000 Hz range</p>	<p>Soll-Frequenzgang</p> 

2

Prinzip der synchronisierten Längsbeschallung  
Principle of synchronised longitudinal transmission

lung und zeitlich nacheinander folgende Einsprechsequenzen wurde Nachhall aus den anderen Tunnelsegmenten unterbunden, und dadurch stieg die Sprachverständlichkeit innerhalb des beschallten Segments signifikant an. Die Beschallung erfolgte mit herkömmlichen Lautsprechern. Die Forschungsergebnisse zu diesem Konzept bestätigten die aus der Praxis bekannte Tatsache, dass auf diese Weise ausreichende Sprachverständlichkeit erreicht werden kann. Da das sequentielle Konzept aber keine gleichzeitige Beschallung aller Tunnelsegmente (echter Sammelruf) erlaubt, müssen alle Rufe mehrfach wiederholt werden - was die Übertragung der Informationen an alle Stellen des Tunnels in Abhängigkeit von seiner Länge ungünstig vervielfacht.

Das bisher nur theoretisch beschriebene (SLASS-)Konzept soll hingegen beide Einflussgrößen Nachhall und Schallausbreitung in Verbindung mit einer auf diesen Einsatzzweck zu optimierenden Lautsprecherbauart nutzen. Mittels sehr großer, stark schallbündelnder

The results of the individual investigations contained in the report revealed that sufficient comprehensibility cannot be attained with a conventional loudspeaker arrangement and its activation. This was once again confirmed in the tunnel.

Sequential transmission merely used the resonance parameter to improve comprehensibility: by means of only segment-by-segment transmission and sequences following each other chronologically resonance from the other tunnel segments was eliminated so that speech comprehensibility within the affected segments was significantly increased. Transmission took place via conventional speakers. The research results on this concept confirmed the fact known from practice that sufficient speech comprehensibility can be attained in this manner. As however the sequential concept does not permit transmission to all tunnel segments at the same time (genuine all-call) all calls have to be repeated several times – something which unfavourably multiplies the transmis-

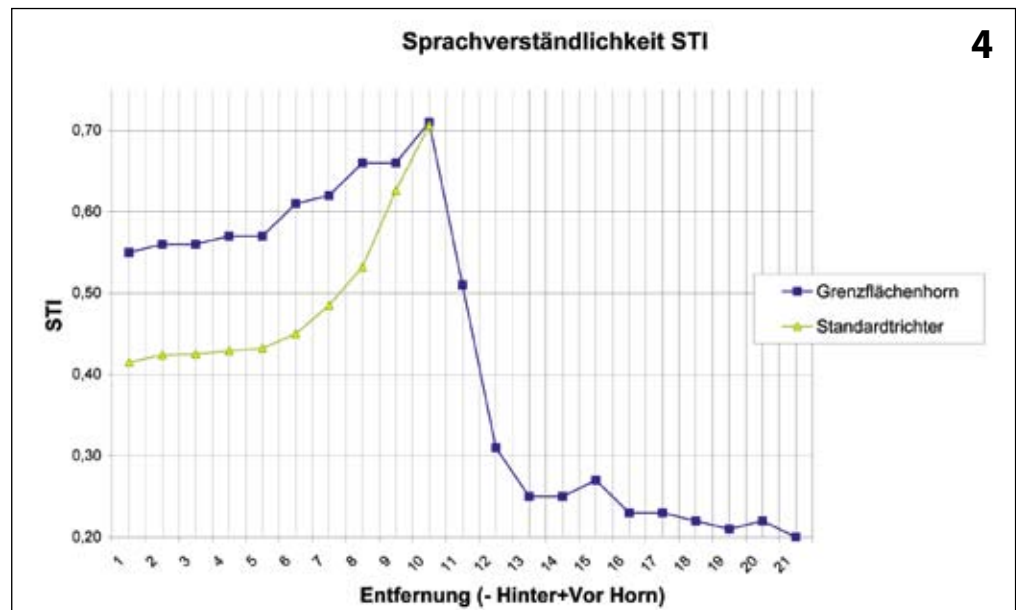


Grenzflächenhorn für Tunnelanwendungen im Versuchsaufbau  
Pressure zone horn for tunnel applications in the test set-up

Lautsprecher, Bild 3 zeigt ein inzwischen ausgeführtes Modell, die den Schall längs der Tunnelröhre abstrahlen ohne aber nennenswerte Schallenergieanteile gegen die naheliegenden Tunnelwände zu strahlen, wird wenig Schall von diesen Wandbereichen reflektiert und der Nachhall auf diese Weise reduziert. Zugleich werden Schallwellen in weitem Abstand vom Lautsprecher in spitzen Winkeln an den Röhrenwänden reflektiert. Dieser so nur in Tunnelröhren nutzbare Effekt soll den effektiven Direktschallanteil über eine lange Distanz erhöhen, so dass mit relativ wenigen Lautsprechern viel verständlichkeitsrelevanter Schall über eine große Distanz übertragen werden kann.

Die praktische Umsetzbarkeit dieser theoretischen Überlegungen wurde im Rahmen der Voruntersuchungen erfolgreich nachgewiesen. Auch zeigte sich der starke Einfluss der Bauart auf den erreichbaren Sprachverständlichkeitsindex (Bild 4).

Um eine vollständige Tunnelröhre zu beschallen, sind zur Vermeidung destruktiver Echoeffekte und der Aussendung zusätzlicher Nachhallenergie, die einzelnen Schallfelder entsprechend der prinzipiellen Darstellung nach Bild 2, in Abhängigkeit von der Schallausbreitungsgeschwindigkeit zu synchronisieren, also jeden Lautsprecher mit einem separaten elektronisch verzögerten Signal anzusteuern. Neben Lautsprecher-Abstrahlparametern wurden weitere Vorgaben hinsichtlich der Laufzeit-Synchronisierung, des beim Empfänger zu erreichenden Schalldrucks und des zu übertragenen Frequenzbereichs festgelegt, um mit dem



Sprachverständlichkeitsverlauf für verschiedene Lautsprecher (Einzelmessung)

Speech comprehensibility sequence for various loudspeakers (individual measurement)

Konzept in der Praxis die erforderliche hohe Verständlichkeit zu erzielen.

Noch während der Laufzeit des Forschungsvorhabens wurde in einem nachzurüstenden rund 800 m langen Tunnel erstmals ein vollständiges SLASS-System installiert. Messtechnisch ist das vorher berechnete, jedoch im Tunnel für Sammelruf nicht für realisierbar gehaltene Ergebnis eines Sprachübertragungsindex (STI) von größer als  $> 0,50$  bestätigt worden. Der erzielte hohe Sprachverständlichkeitsindex hat sich auch in subjektiver Überprüfung mit Sprachdurchsagen bei Tests unter Praxisbedingungen mit Störlärmeinfluss durch Strahlventilatoren und Fahrzeuge als außerordentlich gut verständlich erwiesen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Gewährleistung und (ständige) Verbesserung der Sicherheit von Straßentunneln ist in Deutschland ein wichtiges und allgemein anerkanntes Ziel. Ver-

tion of information to all parts of the tunnel depending on its length.

On the other hand the (SLASS) concept, which so far has only been described theoretically, is intended to use both parameters resonance and sound propagation in conjunction with a type of speaker optimised for this purpose. Thanks to very large, sound-focusing speakers, Fig. 3 displays a model already available, which emits sound along the tunnel without however emitting any perceptible quantities of sound energy against the nearby tunnel walls, little sound is reflected from these wall areas and consequently the resonance is reduced. At the same time sound waves are reflected on the tunnel walls at acute angles at a considerable distance from the loudspeaker. This effect that can only be exploited in tunnels is intended to increase the effective direct sound proportion over a long distance so that a great deal of sound relevant for comprehension can be transmitted over

a major distance with relatively few speakers.

The practical applicability of these theoretical deliberations was proved successfully within the scope of the prior investigations. The pronounced influence of the model on the attainable speech comprehensibility index was also shown (Fig. 4).

In order to communicate properly within an entire tunnel the individual sound fields must be synchronised in keeping with the set-up presented in Fig. 2, in order to avoid destructive echo effects and the emission of additional resonance energy, depending on the sound propagation speed i.e. each speaker has to be activated by a separate electronically delayed signal. In addition to loudspeaker emission parameters further specifications relating to the tolerance of running time synchronisation, the sound pressure to be attained by the receiver and the transmitted frequency range were determined thus attaining the high comprehensibility required in practice.



Erste deutsche SLASS-Installation in einem Autobahntunnel im Rahmen des Forschungsprojekts


First German SLASS installation in a motorway tunnel within the scope of the research project

ständige Lautsprecherdurchsagen tragen mit zum richtigen Verhalten der Tunnelnutzer sowohl im Brandfall als auch bei sonstigen Störfällen bei. Während im Brandfall durch entsprechende Verhaltenshinweise insbesondere die Selbstrettung betroffener Personen verbessern helfen, sollen bei sonstigen Störfällen (Unfall, Panne) die rasche Information mit zu einer geordneten Abwicklung des Tunnelbetriebes beitragen.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts stellen einen erheblichen Fortschritt in der Sprachverständlichkeit von Lautsprecherdurchsagen in Tunnelröhren bei Anwendung des Konzeptes der synchronisierten Längsbeschallung dar. Mit diesem Ergebnis erweist sich das erforschte Konzept als allen bisherigen Beschallungsvarianten überlegen, und wird für zukünftige Installationen in Verkehrstunneln in typischer Bauweise die Installation der Wahl sein. Seit Bekanntwerden der Ergebnisse sind in Deutschland bereits über 10 Tunnel mit der neuen Technik ausgestattet, so dass sich das Forschungsergebnis vom ersten Moment an

unmittelbar in der Praxis niedergeschlagen hat.

Um das Potenzial der elektroakustischen Ausstattung im Tunnel noch besser nutzen zu können, ist die Klärung offengebliebener Fragen wie zum Beispiel die effiziente Anpassung der Beschallungslautstärken an die wechselnden Lärmpegel, die systematische Einbeziehung der Fluchtwege und der Portalbereiche, die Ausführung von Sprachansagetexten und eine vereinheitlichte Bedien-Ergonomie für Sprachdurchsagen anzustreben.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind in einem ausführlichen und anschaulichen Bericht zusammengefasst. Dieser Forschungsbericht ist als Bericht B 80 in der Schriftenreihe der BASt unter dem Titel „Lautsprecheranlagen und akustische Signalisierung in Straßentunneln“ [2] veröffentlicht. Zurzeit werden bereits die maßgebenden Regelwerke Straßentunnelbetrieb mit dem Ziel fortgeschrieben, eine weitere Erhöhung der Tunnelsicherheit zu erreichen. Die zügige Umsetzung wesentlicher Forschungsergebnisse im Regelwerk ist somit gewährleistet. 

During the duration of the research project for the first time a complete SLASS system was installed in a roughly 800 m long tunnel that was being refurbished. The outcome was that a speech transmission index of more than  $> 0.50$  was confirmed as had been predicted although it was not actually believed attainable in a tunnel for an all-call system. The high speech transmission index that was arrived at turned out to be highly comprehensible when tried out with speech announcements in tests under field conditions influenced by noise produced by jet fans and vehicles.


### Summary and Outlook

The guarantee and (constant) improvement of safety in road tunnels is an important and generally recognised target in Germany. Comprehensible loudspeaker announcements contribute towards proper behaviour on the part of motorists both in the event of fire as well as during other incidents. Whereas in the event of fire self-rescue of affected persons in particular is improved by means of appropriate measures, quick information is intended to contribute to tunnel operation flowing smoothly in the case of other incidents (accident, breakdown).

The results of the research project represent considerable progress in speech comprehension for speaker announcements in tunnels using the synchronised longitudinal sound concept. On this basis the concept

has emerged as being superior to previous sound alternatives and will be the type of installation chosen for use in tunnels in future. Since the results were announced more than 10 tunnels in Germany have been equipped with this new technology so that the outcome of this research has been reflected in practice from the very outset.

In order to exploit electroacoustic installations in tunnels to an even greater extent some still unanswered questions have to be clarified as for instance efficient adaptation of sound volumes to changing noise levels, the systematic inclusion of the escapeways and the portal zones, the delivery of speech announcement texts and standardised operation ergonomics for speech announcements.

The results of the research project are contained in an extensive and lucid report. This report is available as Report B 80 bearing the title “Loudspeaker Systems and acoustic Signalling in Road Tunnels” in the BASt series of publications [2]. At present the corresponding codes of practice on operating road tunnels are being revised to further increase tunnel safety. As a result it is assured that important research results are quickly included in the appropriate standards. 

#### Literatur / References

- [1] „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (RABT), Ausgabe 2006, FGSV, Köln, 2006
- [2] Mayer, Rolf; Reimann, Oliver; Löwer, Volker; Brettschneider, Verena; Los, Isolde: Lautsprecheranlagen und akustische Signalisierung in Straßentunneln“ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 80, Bergisch Gladbach, 2011

## Neue Broschüre

**AlpTransit Gotthard**

**Neue Verkehrswege durch das Herz der Schweiz 12/2011:** 48 Seiten (DIN A4) mit 90 Abb. und Tab. Bezug: AlpTransit Gotthard AG, Luzern – [www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch)

Seit Ende der Vortriebsarbeiten im Gotthard-Basistunnel liegt der Arbeitsschwerpunkt in der Fertigstellung der Innengewölbe der beiden eingleisigen Tunnelröhren und beim Einbau der Rohbau-Ausrüstung, sowie der bahntechnischen Anlagen. Die kommerzielle Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels ist Ende 2016 vorgesehen. Inzwischen sind 40 % des fast 40 km langen Ceneri-Basistunnels ausgebrochen; seine Inbetriebnahme ist Ende 2019 geplant.

Die Eröffnung der neuen Basistunnel rückt also immer näher und damit das Interesse am Einbau der Bahntechnik. Deshalb wurde von der AlpTransit Gotthard AG eine neue Broschüre in zahlreichen Darstellungen über das Projekt verfasst; darin wird zunächst eingegangen auf die Schweizer Verkehrspolitik, die Neue Eisenbahn-AlpenTransversale (NEAT) am Gotthard, die Flachbahn mit mehr Produktivität durch Innovation und die Auswirkungen auf den Güterverkehr (von der Straße auf die Schiene) und den Personenverkehr (gute Anschlüsse und kürzere Reisezeiten), aber auch auf die Planung und die Finanzierung der Kosten (FinöV-Fonds; 13,2 Mrd. CHF, 11 Mrd. EUR) für dieses Großprojekt.

Danach folgen Einzelheiten über den längsten Eisenbahntunnel der Welt und den Ceneri-Basistunnel, wie Vermessung (millimetergenau durch das Gebirge), die Geologie als Risi-

kofaktor bis zum Durchschlag, die Vortriebsmethoden (maschinell und konventionell), der Innenausbau (haltbar für mindestens 100 Jahre), alles unter Berücksichtigung des Umweltschutzes, und schließlich die Materialbewirtschaftung (Recycling beim Ausbruchmaterial usw.). Bei der Rohbau-Ausrüstung wird auf die Querschläge, die Multifunktionsstelle, die Belüftung und Entwässerung eingegangen sowie bei der Bahntechnik auf die Fahrbahn (Feste Fahrbahn) für hohe Geschwindigkeiten (250 km/h), Energie für technische Anlagen, Bahnstrom und Fahrleitungen sowie Anlagen für den sicheren Betrieb. Abschließend wird über die Inbetriebsetzung mit Testen, Prüfen und Schulen berichtet und über den Bahnbetrieb selbst mit Kontrolle, Steuerung und Priorität für Sicherheit, sowie Unterhaltungsarbeiten und Reparaturen. Insgesamt also ein sehr anschaulicher Überblick über die AlpTransit Gotthard-Achse als erste Flachbahn durch die Schweizer Alpen von Altdorf nach Lugano von der Planung bis zur Betriebsführung nach Inbetriebnahme.

G.B.



## New Brochure

**AlpTransit Gotthard**

**New Transport Routes through the Heart of Switzerland 12/2011:** 48 pp. (DIN A4) with 90 Ills. + Tables. Available from: AlpTransit Gotthard AG, Lucerne – [www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch)

Since driving operations were completed in the Gotthard Base



Tunnel emphasis has been placed on finishing off the inner vault of the 2 single-track tunnel bores and installing the roughwork equipment as well as the rail technological systems. It is intended to open the Gotthard Base Tunnel for commercial services at the end of 2016. In the meantime 40 % of the almost 40 km long Ceneri Tunnel has been excavated; it is scheduled to be opened in late 2019.

In other words the commissioning of the new Base Tunnels is coming ever closer and in turn emphasis is being placed on installing the rail technology. As a result the AlpTransit Gotthard AG has released a new brochure containing numerous data relating to the project. It deals for instance with Swiss transport policy, the new rail route crossing the Alps (NEAT) at the Gotthard, the flat trajectory railway with more productivity thanks to innovation and the effects on goods transportation (from road to rail) and passenger transportation (good connections and shorter travel times) as well as with planning and financing the costs (FinöV-

Fonds; 13.2b CHF, 11b euros) for this major project.

This is followed by details relating to the world's longest rail tunnel and the Ceneri Base Tunnel such as surveying (accurate to the mm through the rock), geology as a risk factor up to the breakthrough, the driving methods (mechanical and conventional), the inner lining (sustainable for at least 100 years), everything accomplished under the aegis of environmental protection and finally material management (recycling of the excavated material etc.). In conjunction with the roughwork furnishing, the cross-passages, the multi-function station, the ventilation and the drainage are dealt with as well as the rail technology on the track (solid slab track) for high speeds (250 km/h), energy for technical systems, traction power and contact lines as well as systems for operating safely. Then starting up services by means of tests, checks and training is dealt with as well as train operations themselves involving inspections, controls and priority on safety as well as maintenance activities and repairs. All in all an extremely lucid account of the AlpTransit Gotthard axis as the first flat trajectory railway through the Swiss Alps from Altdorf to Lugano from the planning right up to operating services after commissioning.

G.B.

