

Projekt-Bezeichnung: FE 15.433/ERB/2006 Akustische Signalisierung in Straßenverkehrstunneln

Sonderteil:

Generalisierte Muster-Ausschreibungs-Module für ein SLASS-  
Beschallungssystem

Erläuterungsbericht /Technische Vorbemerkungen, Leistungs-Positionstexte

Stand:

05.03.2012

Auftraggeber:

BASt

Bergisch-Gladbach

Ansprechpartner:

Herr Christof Sistenich

Tel. 02204 - 43837

sistenich@bast.de

Erstellt durch:



IFB consulting - Ingenieurbüro für Beschallungs- und Medientechnik

Volker Löwer, Rolf Mayer und Frank Sokat G.b.R.

Eleonorenstraße 11

D-65474 Bischofsheim

Telefon: (06144) 4 12 05

Telefax: (06144) 83 01

Email: [info@ifbcon.de](mailto:info@ifbcon.de)

Web : [www.ifbcon.de](http://www.ifbcon.de)



Sprech-Fabrik Engineering

Beratendes Ingenieurbüro für Raum- und Elektroakustik

Oliver Reimann

Alter Postweg 41

D-21614 Buxtehude

Telefon +49 -(0)4161 – 54 0 55 56

Telefax +49 -(0)4161 – 54 0 55 57

Email [oliver.reimann@sprech-fabrik.de](mailto:oliver.reimann@sprech-fabrik.de)

Web [www.sprech-fabrik.de](http://www.sprech-fabrik.de)

## Inhaltsverzeichnis

1	Technische Vorbemerkungen .....	3
1.1	Allgemeines zur Beschallungstechnik im Tunnel.....	3
1.2	Beschallungskonzeption .....	4
2	Positions-Ausschreibungstexte .....	6
2.1	Tunnellautsprecher .....	6
2.2	Lautsprecher für Rettungsstollen .....	8
2.3	Lautsprecher für Portalbereiche .....	9
2.4	Leistungs-Endverstärker in 100-Volt-Technik.....	10
2.5	Lautsprecher-Leitungsnetz.....	11
2.6	Mehrkanal-Audio-Steuerungs-, -Processing und -Signalverteilungssystem.....	12
2.7	Alarmierungs-/Evakuierungs-Sprachansagen .....	14
2.8	Systemprogrammierung und elektroakustische Parametrierungen .....	15
3	Anlagen .....	17

## 1 Technische Vorbemerkungen

### 1.1 Allgemeines zur Beschallungstechnik im Tunnel

Der Qualität und Ausführung der Beschallungsanlage zur Übermittlung sprachlicher Anweisungen kommt ein hoher Stellenwert im Rahmen des Sicherheitskonzepts zu.

Sprachdurchsagen müssen sowohl im fließenden als auch bei stehendem Verkehr von allen Personen im Tunnel deutlich verstanden werden können, um in Gefahrensituationen klar verständliche Anweisungen übermitteln zu können. Diese Anforderungen müssen trotz der zeitweilig extrem hohen Lärmpegel und der sehr kritischen akustischen Nachhall-Situation realisiert werden.

Lautsprechersysteme müssen dafür mindestens erreichen:

- Sprachverständlichkeits-Indizes von  $STI \geq 0,45$  (noch ausreichend), anzustreben sind  $STI > 0,50$  (ausreichend) , sowie
- Beschallungs-Lautstärkepegel von  $L_p \approx 105$  dB(A) (Toleranz  $-2 / + 3$  dB).

Vergleiche auch Anforderungen der RABT 2006.

Zur Realisierung von Lautsprecheranlagen in Tunneln gibt es außer der RABT keine Regelwerke oder Normen, die in Tunneln zum heutigen Zeitpunkt vorgeschrieben wäre. Grundsätzlich sind die anerkannten Regeln der Technik zu berücksichtigen, die unter anderem durch vorhandene Normen definiert sind.

Zu den essentiellen Normen für Lautsprecher-Evakuierungsanlagen zählen:

- A) DIN EN 60849 Elektroakustische Notfallwarnanlagen
- B) DIN VDE 0833-4 Festlegungen für Anlagen zur Sprachalarmierung im Brandfall
- C) DIN EN 60268-16 (2003) Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex.

## 1.2 Beschallungskonzeption

Die Beschallung soll als synchronisierte Längsbeschallung erfolgen. Diese steht für eine longitudinale Beschallung von einem Portal zum anderen und ermöglicht die Erzielung anforderungsgerechter Sprachverständlichkeit unter den gegebenen kritischen akustischen Bedingungen von Tunnelanlagen. Dieses Prinzip ist auch als SLASS-Konzept (synchronised longitudinal announcement speaker system bzw. synchronisierte Längsbeschallung) bekannt.

Das Konzept erfordert eine Ausstattung mit eng schallbündelnden Hochleistungs-Hornlautsprechern, die in größeren Abständen an der Tunneldecke montiert werden und eine gerichtete Schallabstrahlung in einer Richtung - längs durch die Tunnelröhre - realisieren. Diese in der Tunnelröhre montierten Lautsprecher werden nachfolgend als Tunnellautsprecher bezeichnet.

Ausgehend von einem Tunnelportal zum anderen wird der Schall entgegen der Fahrtrichtung in den Tunnel abgestrahlt. Die jeweils folgenden Lautsprecher werden zeitlich verzögert angesteuert, so dass entsprechend der Schalllaufzeit durch den Tunnel alle Lautsprecher synchron zum ankommenden Schallanteil des jeweils hinter ihm liegenden Lautsprechers abstrahlen.

So entsteht eine sich mit zunehmender Ausbreitung aufbauende Wellenfront, die durch den Tunnel läuft. Das Konzept erfordert eine laufzeit-verzögerte Einzelansteuerung jedes Lautsprechers durch digitale Delays in Audio-Signalprozessoren. Jeder einzelne Tunnellautsprecher erhält einen eigenen Audiokanal mit separater Signalverzögerung (Delay) und Endverstärker und wird entsprechend separat verkabelt.

Die Tunnellautsprecher müssen als Hochleistungssysteme die notwendigen hohen Schalldruckpegel von flächendeckend 105 dB(A) in ihren Versorgungsbereichen erzielen können, und sie müssen zu einer linearen Frequenzübertragung im gesamten Sprachfrequenzbereich 300 Hz – 8.000 Hz in der Lage sein.

Portalbereiche sind in das Konzept mit einzubeziehen, entweder durch herkömmliche Hornlautsprecher an Masten oder alternativ durch Tunnellautsprecher an der Decke der Tunnellein- und -ausfahrten, ohne Schalleinstrahlung in die Röhren. Zusätzlich sind alle Fluchttunnel mit herkömmlicher Lautsprechertechnik auszustatten.

Die Audiosignale werden für jeden Tunnellautsprecher einzeln aufbereitet mit jeweils zuzuordnendem Signaldelay, eigener Frequenzgang-Equalisierung und Signallimitierung zum Lautsprecher-schutz. Auch Beschallungssignale in die Rettungstollen und Portalbereich-Lautsprechergruppen sind zur Echoverhinderung und separaten Frequenzgang- und Pegeloptimierung separat zu synchronisieren und aufzubereiten.

Leitungswege zwischen Lautsprechern und Endverstärkern sollten aus ökonomischen Gründen gering gehalten werden, so dass bei größeren Tunnellängen einem Technikzentralensystem mit verteilten Unterzentralenstandorten der Vorzug gegeben werden sollte.

Die betriebliche Steuerung erfolgt von den Sprechstellenplätzen der ZLT aus, alternativ von Bedienplätzen in der Tunnelbetriebszentrale. Live-Einsprachen über Sprechstellenmikrofon wie auch vorgefertigte Ansagetexte werden von hier abgesetzt, im Regelfall als Sammelruf in eine Röhre inklusive Rettungstollen und Portalbereichen. Bei Bedarf sollen auch einzelne zonale Abschnitte diskret angewählt werden können.

Die Bedienung soll eine Anpassung der Beschallungspegel an die aktuelle Störlärm-Situation zulassen. Hierfür ist zumindest eine Unterscheidung zwischen „Verkehr fließend“ und „Verkehr stehend“ vorzusehen.

Die zugehörigen Beschallungspegel sind zwischen maximalem Signalpegel (105 dB(A)) und abgesenktem Signalpegel von etwa 90 – 95 dB(A) umschaltbar auszulegen. Eine Anpassung an die im jeweiligen Tunnel herrschenden Bedingungen ist sinnvoll

In der ZLT sind alle eingehenden Fehlermeldungen des vollständig funktionsüberwachten Beschallungssystems anzuzeigen.

Die gleichzeitige Einsprache über Tunnellautsprecher und Rundfunk in zeitlich synchronisierte Beschallungen ist nicht möglich, diese müssen daher im Wechsel erfolgen. Das System muss dafür eine automatische Verwaltung von Ansagetexten und Live-Einsprachen ermöglichen.

## 2 Positions-Ausschreibungstexte

### 2.1 Tunnellautsprecher

#### **Hinweistext Tunnellautsprecher**

Es ergeben sich für alle Röhren eines Tunnels eine Anzahl Tunnellautsprecher nach

$$N_{TLsp} \approx (L_{Röhre} * N_{Röhre}) / \Delta r_{TLsp}.$$

$N_{TLsp}$  : Anzahl der Tunnellautsprecher

$L_{Röhre}$  : Länge einer Tunnelröhre

$N_{Röhre}$  : Anzahl Tunnelröhren

$\Delta r_{TLsp}$  : durchschnittlicher Abstand Tunnellautsprecher

Die geeigneten Lautsprecherabstände sind in der Planung unter dem Aspekt der Schallabdeckung festzulegen.

Für Tunnellautsprecher, die nach dem akustischen Grenzflächenprinzip arbeiten, erfolgt die Montage bündig an der Tunneldecke auf der Mittenachse, ggf. ist ein Versatz in Richtung Seitenwand möglich. Der Untergrund muss für die Funktion des akustischen Grenzflächenprinzips schallhart und glatt sein (z.B. Beton, Brandschutzplatten, Stein) – eine Montage auf schallabsorbierenden Untergründen wie zum Beispiel Akustikdecken oder Lochblech ist nicht zulässig.

Auf Tunnellautsprecher, die nach dem klassischen Schallausbreitungsprinzip arbeiten, finden diese Montagevorgaben keine Anwendung.

Alle Lautsprecher einer Röhre müssen in der gleichen Richtung entlang der Tunnel-Längsachse ausgerichtet werden. Die Beschallungsrichtung ist unter dem Aspekt der maximalen Vermeidung von Reflektionen zu beurteilen. Sind beide möglichen Richtungen gleichwertig, erfolgt die Beschallung vorzugsweise entgegen der Fahrtrichtung. In Röhren mit Gegenverkehr ist ausschließlich die Vermeidung von Schallreflektionen bei der Richtungsfestlegung ausschlaggebend.

Der geeignete Abstand zwischen den einzelnen Tunnellautsprechern ist rechtzeitig in der Planungsphase durch Computer-Simulation der zu erwartenden Direktschallversorgungen inklusive früher Reflexionen oder auch durch Versuchsaufbauten zu ermitteln. Er ist abhängig von der Tunnelgeometrie und der Oberflächenstrukturen und kann in der Regel im Bereich  $\Delta r_{TLsp} \approx 40 \text{ m} \dots 65 \text{ m}$  erwartet werden. Eine Direktschallpegelgleichmäßigkeit inkl. früher Reflexionen von  $\pm 2 \text{ dB}$  ist anzustreben.

Die Tunnellautsprecher sollen in Abstrahlrichtung einen Abstand von mindestens 10 m zu reflektierenden Bauteilen oder größeren Installationsgeräten im Bereich des Tunnels einhalten. Dazu können die Abstände der Tunnellautsprecher ggf. in Toleranzen von etwa  $\pm 5 \text{ m}$  variiert werden. Diese Toleranzen dürfen nicht wesentlich überschritten werden, da dann zu starke Pegelabfälle auftreten. Eine deutliche Abstandsunterschreitung ist ebenfalls zu vermeiden, da in diesem Fall zu viel Schallenergie eingebracht würde, was Verständlichkeitsminderungen durch erhöhte Nachhallpegel bewirkt.

Sofern die mittige Montage nicht realisierbar sein sollte, ist ein Versetzen aus der Mittenachse möglich, mit entsprechender Winkelkorrektur der horizontalen Ausrichtung. In diesem Fall kann eine in Fahrtrichtung betrachtete linksseitige Montage zur Vermeidung der Montage im LKW-Fahrbereich bevorzugt werden.

Werden der ausschreibenden Stelle Lautsprecherfabrikate und –Typen angeboten, über deren Anwendung ihr noch keine eigenen Erfahrungen vorliegen, so hat der Bieter die Eignung für die ausgeschriebene Tunnelanwendung und die Richtigkeit der von ihm vorgelegten technischen Daten durch einen vollständigen Prüfbericht eines unabhängigen qualifizierten akustischen Messlabors nachzuweisen, sowie ggf. eine ausreichende Anzahl Lautsprecher für eine durchzuführende vergleichende Probebeschallung zur Verfügung zu stellen.

**Positionstext Tunnellautsprecher:**

Engabstrahlender Hochleistungslautsprecher in 100-V-Technik zur bündigen Deckenmontage.

Für geringe Deckenhöhen angepasstes Design durch minimierte Lautsprecherbauhöhe Druckkammertreiber mit Hornvorsatz aus schlagfestem Material. Korrosionsbeständig nach den Anforderungen der ZTV-ING spritzwassergeschützt durch rostfreies Maschengitter in Hornmundöffnung, Leitungszuführung feuchtegeschützt. Mit integriertem 100 Volt-Übertrager.

Hohes akustisches Bündelungsmaß und hohe Rückwärtsdämpfung im gesamten Sprachfrequenzbereich, Schallabstrahleigenschaften angepasst an Tunnelgeometrien. Breitbandige unverzerrte Sprach- und Alarmerungssignalübertragung auch bei maximalem Schalldruckpegel.

Elektroakustische Kenndaten:

Schalldruckpegel maximal  $L_{p-max}(P_{elektr. max}/1m/500 Hz...4 kHz) \geq 134 dB(SPL)$

Übertragungsbereich (+/- 4dB):  $\leq 250Hz$  bis  $\geq 8000 Hz$

Rückwärtsdämpfung  $A_R(f \geq 500 Hz) \geq 30 dB$

Abstrahlwinkel horizontal (-6 dB /  $f \geq 500 Hz$ ):  $\leq 30^\circ$  symmetrisch

Abstrahlwinkel vertikal (-6 dB,  $f \geq 500 Hz$ ): ca.  $30^\circ$  asymmetrisch

Mechanische Kenndaten:

Maximalhöhe: 350 mm

Liefern und betriebsbereit an der Tunneldecke montieren.

Wie Hersteller: ..... Typ: ..... oder gleichwertig.

Anzahl:

Einzelpreis:

Gesamtpreis:

## 2.2 Lautsprecher für Rettungstollen

### **Hinweistext Rettungstollen-Lautsprecher:**

*Bauart und Montageart angepasst an Fluchtstollengeometrie und –akustik, geeignete Ausführung und Schallabdeckung in der Planung festzulegen!*

*Schalldruckpegelkapazität auszulegen auf eine Erzielung eines maximalen Schalldruckpegels von  $L_{pmax} \geq 100 \text{ dB(SPL)}$  auf Hörebene!*

### **Positionstext Rettungstollen-Lautsprecher** **(zu ergänzen um in der Planung festzulegende Details):**

Übertragungsbereich (+/- 4dB):  $\leq 300 \text{ Hz}$  bis  $\geq 8000 \text{ Hz}$   
Schalldruckpegel maximal  $L_{p-max}(P_{elektr. max}/1m/500 \text{ Hz} \dots 4 \text{ kHz}) \geq 125 \text{ dB(SPL)}$   
Liefern und betriebsbereit montieren.

Wie Hersteller: ..... Typ: ....., oder gleichwertig.

Anzahl:

Einzelpreis:

Gesamtpreis:



## 2.3 Lautsprecher für Portalbereiche

### **Hinweistext Portalbereichslautsprecher:**

*Bauart und Montageart angepasst an Abmessungen und Randbedingungen des zu versorgenden Portalbereichs, geeignete Ausführung und Schallabdeckung in der Planung festzulegen! Es ist zu prüfen, ob ggf. die Montage weiterer Tunnellautsprecher an der Decke der Tunnelleinfahrt/-ausfahrt die Anforderungen erfüllen kann.*

*Schalldruckpegelkapazität typisch auszulegen auf eine Erzielung eines maximalen Schalldruckpegels von  $L_{pmax} \geq 100 \text{ dB(SPL)}$  auf Hörebene!*

### **Positionstext Portalbereichslautsprecher**

**(zu ergänzen um in der Planung festzulegende Details):**

Schalldruckpegel maximal  $L_{p-max}(P_{\text{elektr. max}}/1\text{m}/500 \text{ Hz} \dots 4 \text{ kHz}) \geq 125 \text{ dB(SPL)}$   
Übertragungsbereich (+/- 4dB):  $\leq 300 \text{ Hz}$  bis  $\geq 8000 \text{ Hz}$

Liefern und betriebsbereit montieren.

Wie Hersteller: ..... Typ: ....., oder gleichwertig.

Anzahl:

Einzelpreis:

Gesamtpreis:

## 2.4 Leistungs-Endverstärker in 100-Volt-Technik

### **Hinweistext Endverstärker:**

*Pro Tunnellautsprecher wird je 1 Stück Leistungs-Endstufenkanal benötigt. Weitere Kanäle sind für die Fluchtstollen, die Portal-Lautsprechergruppen und ggf. weitere Lautsprecherbereiche vorzusehen. Darüber hinausgehend ist eine in der Planung festzulegende Ausbaureserve vorzuhalten (ca. 25 %). Das System aller Endverstärker ist durch eine anforderungsgerechte unterbrechungsfreie Stromversorgung auch bei Netzstromausfall betriebsfähig zu halten. Lautsprecher sind im A/B-Wechsel zwischen Verstärkereinheiten anzuschließen, um bei Ausfall einzelner Verstärker die Versorgung benachbarter Röhrenabschnitte aktiv zu halten.*

*Die Endverstärker können in Multikanal-Technik, z.B. als 8-Kanal-Endstufen ausgeführt werden. Für erhöhte Betriebssicherheit sollten aber max. 4 Kanäle pro Geräte-Netzteil gespeist werden.*

### **Positionstext Leistungs-Endverstärker:**

**(zu ergänzen um in der Planung festzulegende Details):**

Leistungsmerkmale:

- potentialfreie 100-V-Ausgänge mit Ringkernübertrager
- (x Watt\*) nach IEC 268-3/19.4 pro Kanal
  - \*)  $x \geq P_{max}$  des angeschlossenen Lautsprechers/Lautsprecherkreises  
(typischer Wert bei Tunnellautsprecher 50 Watt .... 100 Watt)
- Ferneinschaltung für Netz- und Notstrombetrieb mit Einschaltstrombegrenzung
- verschleißfreie digitale Pegelsteller
- Einschaltgeräusch-Unterdrückung
- Status -Anzeigen für Betrieb, Standby, Erdschluss und Test
- LED-Aussteuerungsanzeige für Signal präsent und Übersteuerung
- integrierte Schutzschaltung gegen thermische Überlastung, DC-Signale, subfrequente Signale, Kurzschluß, offene Ausgänge und HF-Einstrahlung.
- leerlaufsicher
- Störmelde-Ausgabe nach EN 60849 / VDE 0828
- Erdschlussüberwachung nach DIN / VDE 0800 und Pilottonüberwachung
- Lautsprecher-Linien-Überwachung

Elektroakustische Kenndaten:

Übertragungsbereich: 60 - 20 000Hz /-3 dB  
Klirrfaktor: < 1 % bei 1 kHz und Nennleistung  
Störspannungsabstand: > 98 dB (A)

liefern und betriebsfertig montieren.

Wie Hersteller: ..... Typ: ..... oder gleichwertig.

## 2.5 Lautsprecher-Leitungsnetz

### **Hinweistext Lautsprecherleitungen:**

*Jeder Tunnellautsprecher ist separat mit einem Endstufenkanal zu verbinden. Die Querschnitte der Leitungen sind sorgfältig so anzupassen, dass pro Lautsprecher ein Dämpfungsfaktor  $D \geq 20$  eingehalten wird. Der Dämpfungsfaktor  $D$  ergibt sich aus den Impedanzen der Lautsprecher, des Endstufenausgangs und der Leitung mit  $D = Z\text{-Lautsprecher} / [Z\text{-Leitung} + Z\text{-Endstufenausgang}]$ . Die behördlich festgelegten Sicherheitsanforderungen für den Funktionserhalt im Brandfall sind durch Wahl der entsprechenden Leitungsqualität und Verlegeart oder geeignete Kompensationsmaßnahmen sicherzustellen.*

### **Hinweistext sonstige Leitungen:**

*Für messtechnische Funktionsprüfungen und andere Wartungen an der Anlage wird eine sternförmige direkte Verlegung von direkten Kupfer-Signalleitungen (CAT-7-Leitungen o. ähnlichem) von jeder Unterzentrale ausgehend zu den von ihr aus nächstgelegenen Fluchttunneln oder alternativ zu Technischen im Tunnel vorgeschlagen, aufgelegt auf universelle Anschlussfelder. Diese sollen dem temporären Anschluss von akustischen Messsystemen dienen, und sind auch universell durch andere Gewerke für temporäre beliebige Signal- und Datenübertragungen nutzbar.*

## 2.6 Mehrkanal-Audio-Steuerungs-, -Processing und -Signalverteilungssystem

### **Hinweistext Steuerungs-, -Processing und -Signalverteilungssystem**

*Es soll eine digitale Audio-Matrize installiert werden, die eine ausreichend hohe Anzahl Übertragungskanäle und Ausgänge sicher verwalten kann. Das System muss sehr hohe Betriebssicherheit gewährleisten und Redundanzen ermöglichen. Das System soll alle erforderlichen Signalverarbeitungs-Funktionen (Equalizer, Delays, Limiter) und Überwachungsfunktionen beinhalten. Es soll dezentral mit verschiedenen Unterzentralen betrieben werden können. Die Datenübertragung soll über LWL- oder CAT-Leitungen mit redundanten Übertragungswegen erfolgen können. Das System soll alle zur Beschallung gehörigen Steuersignale im Protokoll mitverwalten können. Für jeden Tunnellautsprecher und alle weiteren Lautsprechergruppen muss ein separater Ausgangskanal inklusive aller in der Position beschriebenen Signalprozessingkapazitäten zur Verfügung gestellt werden.*

*Das Audiosystem kann abhängig von den baulichen Bedingungen als eine zentrale Einheit oder dezentral mit verschiedenen Unterzentralen-Standorten installiert werden. (Auswahl welche Zentralenvariante gewählt wird ist projektabhängig nach den vorliegenden Bedingungen auszuwählen.) (Hinweis an den Ausschreiber: Zentral oder dezentral muss bei Erstellung der Ausschreibung bereits feststehen, da diese Unterscheidung erhebliche Auswirkungen auf die Struktur des LV und seine Positionen hat)*

*Systemeinheiten sind durch überwachte Leitungen mit Funktionserhalt zu vernetzen. Das System soll als Gesamteinheit über eine einheitliche Bedienoberfläche konfiguriert werden können. Der Ausfall einzelner Einheiten darf nicht die Funktion der anderen Einheiten beeinflussen. Redundanzen und A/B-Verschaltungslogiken zur Sicherstellung der Gesamtfunktion auch bei Ausfall einzelner Systemmodule sind planerisch vorzusehen. Das System ist durch eine anforderungsgerechte unterbrechungsfreie Stromversorgung auch bei Netzstromausfall betriebsfähig zu halten.*

### **Positionstext Steuerungs-, -Processing und -Signalverteilungssystem:**

**(zu ergänzen um in der Planung festzulegende Details):**

Digitales Prozessorsystem zur Steuerung und Überwachung aller Funktionen und zur Audiosignalverarbeitung und -verteilung. Inklusive Ansagetextspeichersystem.

n Stück Audio-Eingänge (Anschlüsse für Mikrofon-Sprechstelle/n, Ansagetextspeicher, Testsignaleingänge, Audio-Ferneinspeisung)

m Stück Audio-Ausgänge (je ein separater Ausgang pro Tunnellautsprecher, zzgl. weitere Ausgänge für Fluchtstollen-Lautsprechergruppen, Portallautsprecher, RDS-Radio-Funksysteme, Monitorlautsprecher, System-Testausgänge).

Steuereingänge für alle System-Steuerungen (Eingangssignal-Durchschaltung, Lautsprecher-Gruppenwahl, Überwachungsfunktionen, Ansagen-Logistik, Fehlermeldungen und -protokollierungen, Lautstärke-Anpassungen, etc.).

Audio-Signalprozessor-Funktionen:

Je Eingangs- und Ausgangskanal mindestens je

- 1x Hochpass,
- 1x Tiefpass,
- 6x parametrischer Equalizer,
- 1x Signaldelay (Hinweis: konfigurierbar bis mindestens  $T_{max} \geq L_{Tunnelröhre} [m] / 344 \text{ m/s}$ ), in Millisekunden einstellbar
- 1x Kompressor/Limiter zur Signalpegelkonstanthaltung bzw. zum Lautsprecherschutz programmierbar.

Generalisierte Muster-Ausschreibungs-Module für ein SLASS-Beschallungssystem  
Erläuterungsbericht /Technische Vorbemerkungen, Leistungs-Positionstexte

---

Elektroakustische Kenndaten:

- Signalgeräuschabstand > 90 dB A-bewertet,
- AD-/DA-Wandler mit mindestens 16 Bit linearer Auflösung,
- Linearer Übertragungsfrequenzgang mindestens 60 Hz ... 16 kHz ( $\pm 1$  dB).

Weitere funktionale Merkmale:

- Kurzschlüsse in Ein- oder Ausgangslinien rückwirkungsfrei und dürfen nicht zum Ausfall der übrigen Systemteile führen,
- Getrennte Aufschaltung auf Monitorbus für Abhörzwecke,
- Ausgangsrelais zur Unterdrückung von Knackgeräuschen und Schaltung für Einschaltverzögerung integriert.

Sicherheits-Leistungsmerkmale:

- Selbstüberwachung nach EN 60849 / VDE 0828
- Kontinuierliche Überwachung der angeschlossenen Sprechstellen, der Textspeicher, der Leistungsverstärker, der Lautsprecherlinien sowie aller internen Funktionen,
- Schnittstelle zur Steuerung von Leistungsverstärkern und Relais,
- automatische Fehlerprotokollierung,
- Schnittstelle zur Ausgabe von Fehlermeldungen,
- Automatische Havarieumschaltung von Verstärkern.

Sonstige Leistungsmerkmale:

- Pilotongenerator zur Überwachung,
- Status-LED-Anzeigen für Fehler, Betrieb, Batterie und Netz,
- Fehlermelde-Ausgänge potentialfrei,
- Ferneinschaltung,
- alle Audio- und Steuerungsfunktionen per PC konfigurierbar und in die ZTL integrierbar
- Passwortschutz gegen unbefugten Zugriff.

Zugehöriger digitaler Ansagetextspeicher mit Steuerungsmanagement mit Mikroprozessor und getrenntem funktionsüberwachten digitalen Signalprozessor. Nichtflüchtiger überwachter Speicher für dauerhaft gespeicherte Alarm- und Räumungsdurchsagen.

- Automatischer und anlagengesteuerter Ablauf unterschiedlicher Sequenzen, die aus wahlfreien Kombinationen von Gongsignalen, Alarmen und nicht flüchtig gespeicherten Texten beliebig konfiguriert werden können
- vollständig bestückt für potentielle Wiedergabe von mindestens 100 unabhängig adressierbaren Texten oder Signalen in wartungsfreiem Speicher,
- Gesamt-Audio-Speicherzeit mindestens 3600 s,
- Automatischer und anlagengesteuerter Ablauf von Texten, beliebig konfiguriert.
- Message Stacking: Automatische Sprachaufzeichnung von Rufdurchsagen bei besetzter Leitung; sobald die Leitung anschließend wieder frei ist, erfolgt automatisch die Übertragung.
- Konfiguration für zeitlich versetzten Wechselbetrieb von Ansagedurchschaltung Version a in die Tunnelröhre und Version b in das Rundfunksystem.

Liefern und betriebsfertig montieren.

Wie Hersteller: ..... Typ: ..... oder gleichwertig.

## 2.7 Alarmierungs-/Evakuierungs-Sprachansagen

### **Positionstext Alarmierungssprachansagen:**

(zu ergänzen um in der Planung festzulegende Details):

Alarmierungsansagen-Basisausstattung in Form digitaler Audiodateien, zur Speicherung und permanenten Bereithaltung in digitalem Sprachspeichersystem des Beschallungssystems.  
Zur Einsprache in den Tunnel und über das ggf. installierte RDS-Rundfunksystem in Autoradios sind unterschiedliche Ansageversionen zu produzieren.

Es sind als Basisausstattung separate Ansagen für folgende Einsatzzwecke vorzuhalten (Version a Tunnel-lautsprecher / Version b RDS-Autoradio):

- 1 a/b. Durchsagetext zur „Evakuierung im Brand- oder Katastrophenfall“
  - 2 a/b. Durchsagetext bei „Stau im Tunnel“
  - 3 a/b. Durchsagetext bei „Aufhebung der Verkehrsstörung“
  - 4 a/b. Fehlalarmierungs-Mitteilung,
  - 5 a/b. Testtext zur Anlagen-Erprobung
- ggf. weitere benennen

(Hinweis: Ggf. gelten abweichende Vorgaben der jeweiligen Tunnelbetreiber im Hinblick auf zu berücksichtigende Szenarien bzw. zu den Inhalten der jeweiligen Durchsage)

Ansagen sind in geeigneter Weise durch eine professionelle weibliche Sprechstimme in akzentfreiem Hochdeutsch zu sprechen. Produktion im professionellen Tonstudio in reflexionsarmem Sprecherraum.

Artikulation, Sprechtempo, Tonfall sowie audiatechnische Signalbearbeitung sind unter beschallungstechnisch und alarmierungs-projekterfahrener Regie auf maximale Sprachverständlichkeit und Wirksamkeit bei den zu alarmierenden Personen auszurichten, unter präziser Berücksichtigung der spezifischen Nachhall- und beschallungstechnischen Bedingungen in der Tunnelröhre für die Textausführung (Versionen a) und mit komplexerer Information und normalem Sprechtempo und Artikulation für die Rundfunkdurchsagen (Versionen b).

Für die Tonaufnahmen ist eine resultierende Übertragungsbandbreite von mindestens 100 Hz – 12.000 Hz (+/- 1 dB) zu realisieren, bei einem Störgeräuschabstand des Endproduktes von mindestens 70 dB(A-bewertet).

Audiodateien produzieren als lineare PCM-Wave-Dateien Mono, Samplerate 44,1 kHz, Auflösung 16 Bit, 0 dB(FS), ggf. zuzüglich einem weiteren zum eingesetzten Sprachspeichersystem kompatiblen Dateiformat.

Vorhaltung auf Datenträger inklusive schriftlicher Dokumentation der Texte und Produktionsbedingungen. Zur Sicherstellung der Gleichartigkeit ggf. erforderlicher späterer Zusatzproduktionen sind Herstellungsbetrieb der Produktion und Name der Sprecherin zu dokumentieren.

Ansagen liefern und betriebsbereit in Sprachspeichersystem einspielen.

## 2.8 Systemprogrammierung und elektroakustische Parametrierungen

### Hinweistext Parametrierungen

*Die Beschallungsanlage benötigt eine Parametrierung in der Inbetriebnahmephase, in der durch genaue akustische Messungen in den Tunnelröhren Pegel, Frequenzgänge und Signalverzögerungen präzise geregelt und reproduzierbar dokumentiert werden müssen. Vorab-Parametrierungen auf Basis von berechneten Delayzeiten, Pegeln und als typisch angenommenen Frequenzgangsentzerrungen mit rein elektrischen Messungen in den Zentralen haben sich in praktischen Erfahrungen als absolut unbrauchbar erwiesen.*

*Somit sind im Bauzeitenplan rechtzeitig ausreichende Zeiträume einzurichten, in denen in den Röhren die für akustische Messungen notwendige vollständige Ruhe hergestellt werden kann. Die Parametrierungen sind durch nachgewiesene qualifizierte Messtechniker mit Erfahrung mit Sprachbeschallungen, akustischen Messsystemen und Tunnelbeschallungsanlagen durchzuführen.*

*Bei der Programmierung der Tunnellautsprecher-Equalisierungen sind Möglichkeiten zur steilflankigen Hochpassbegrenzung bei  $f_{\text{grenz}} \approx 250 \dots 300$  Hz zu berücksichtigen sowie Auslegungen für effektive Hornentzerrungskurven für  $f \geq 4.000$  Hz, um die erforderliche Linearität der hochfrequenten Übertragung sicherstellen zu können.*

### Positionstext Systemprogrammierung Beschallungssystem

Erstellung eines Pflichtenhefts aller zu realisierenden Funktionen und Sicherheitsanforderungen in Abstimmung mit dem AG.

Betriebssoftware aller Komponenten zur anforderungsgerechten Funktion und Bedienung der Beschallungsanlage betriebsfertig programmieren und in die Anlage einspielen. Abschließende Testläufe in Abstimmung mit dem AG bzw. Fachplaner durchführen. Nach Abnahme durch den AG endgültigen Stand aller Programmierungen als Sicherheitskopie auf Datenträger inklusive aller ggf. erforderlichen Passwörter an den AG übergeben.

### Positionstext Elektroakustische Parametrierungsarbeiten Sprechstellen und Ansagetexte

Folgende Arbeiten sind zur Sicherstellung der einwandfreien Funktion der Mikrofonsprechstellen, der Textspeichersysteme, des Gongs und zur eingangsseitigen Optimierung der in die ELA-Zentrale übertragenen Audiosignale durchzuführen.

1. Sprechstellen in der Leitwarte auf einwandfreie und identische Funktion prüfen.
2. Übertragungsweg von Sprechstellen (Leitwarte) in den Schaltanlagenraum an Vorverstärker auf Störgeräusche, Pegeldämpfungen, Übertragungsfrequenzgänge, Übersprechdämpfung, nichtlineare Verzerrungen prüfen.
3. Messsignal mit Sprechersimulator in Messmikrofon einspeisen, Vorverstärker pegeln.
4. Eingänge DSP-System pegeln.
5. Mikrofonsignal in Eingangssektionen des DSP-Systems geeignet und identisch entzerren (lineare Übertragung, ggf. universelle Vorentzerrung zur Sprachverständlichkeitsoptimierung).
6. Kompressoren für beide Mikrofonwege sorgfältig für konstanten Sprachpegel bei noch hinreichender Sprachsignaldynamik identisch parametrieren.
7. Schritte 1, 2, 4, 5 sinngemäß für die Signalwege der Ansagetexte und die Gongsignale wiederholen. Für vergleichbare spektrale Zusammensetzung und Pegelung eingespielter Ansagetexte und der Mikrofonansagen ist Sorge zu tragen, um eine gleichartige Basis für Tunnelleinspielungen sicher zu stellen.
8. Alle Ergebnisse subjektiv an Monitorlautsprecher und Kopfhörer überprüfen.
9. Hergestellte Einstellungen abspeichern und dokumentieren. Sicherheitskopie der Einstellungen unmittelbar an Fachbauleitung übergeben.

### **Positionstext Elektroakustische Parametrierungsarbeiten Lautsprechersysteme**

Folgende Arbeiten dienen der Sicherstellung der einwandfreien Funktion der Lautsprechersysteme, des Abgleichs der akustischen Pegel in allen Zonen der Tunnelröhren, und der Einstellung optimaler Übertragungsfrequenzgänge zur Maximierung der Verständlichkeit in der Tunnelröhre.

1. Einzelprüfung aller Lautsprecher auf Funktion, einheitlichen Frequenzgang und Pegel.
2. Delay-Parametrierung für alle Lautsprecher durch Impulsantwortmessung separat auf allen einzelnen Lautsprecher-Hauptstrahlachsen.
3. Vergleichende Überprüfung des Übertragungsfrequenzgangs und des Pegels in mindestens 3 Tunnelabschnitten, Entscheidungsfindung über Pegelstruktur und Durchsageentzerrungen.
4. Parametrierung eines geeigneten Übertragungsfrequenzgangs.
5. Pegelmessung und -angleichung in allen Beschallungszonen.
6. Überprüfung der Gesamtschallfrequenzgänge und Korrektur des Frequenzgangs / der Frequenzgangentzerrungen in allen Zonen, Vergleich der Ergebnisse an mindestens 18 Punkten verteilt über die Röhre.
7. Messung der Sprachverständlichkeiten und subjektive Überprüfung der Sprachverständlichkeiten mit gespeichertem Original-Ansagetext und Mikrofoneinsprache.
8. Feinkorrekturen der Übertragungsfrequenzgänge.
9. Parametrierung der Beschallungspegel "STILLSTAND" und "FLIESEND".
10. Subjektive Überprüfung der Verständlichkeit durch mindestens 1 Teilnehmer Auftraggeber, 1 Teilnehmer Fachplanungsbüro, 1 Teilnehmer Tunnelbetriebspersonal, 1 Teilnehmer Installateur, Protokollierung der Ergebnisse.
11. ggf. Korrekturen und Wiederholung der Überprüfungen.
12. Speicherung aller Anlagen-Einstellungen, Übergabe einer Sicherungskopie an den AG.
13. Dokumentationsmessung der akustischen Parameter Raumimpulsantwort, Pegel, Frequenzgang, Sprachverständlichkeit an mind. 18 verteilten Messpunkten pro Röhre. Weiterhin exemplarische Tonaufnahme einer Alarmierungsdurchsage an mindestens 3 Messpunkten. Übergabe der Ergebnisse als Teil der gesamten Dokumentationsunterlagen.



### 3 Anlagen

Anlage 1 Vereinfachtes Prinzipschaltbild SLASS-Konzept  
(siehe auch Berichtstext)

**Anlage 1** Vereinfachtes Prinzipschaltbild SLASS-Konzept

