



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE
FUNKSYSTEME IN
STRASSENTUNNELN

Ausgabe 2018 V5.02
ASTRA 13006

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Version 5.00

Jean-Paul Schnetz	(ASTRA N-ST, Vorsitz)
Eugen Fuchs	(ASTRA N-ST)
Mirco Guidi	(IM Maggia Engineering SA, Locarno, Ausarbeitung)
Simon Häne	(IM Maggia Engineering SA, Locarno, Ausarbeitung)

Versionen 1– 4: Kapitel 5 und 6

Cédric Joseph	(ASTRA N-SFS, Vorsitz)
Francis Dousse	(ASTRA I-FU)
Marcel Berner	(ASTRA I-FU)
Konrad Vonlanthen	(Bundesamt für Kommunikation BAKOM)
Grégory Cachot	(Romandie Médias SA)
Roberto Moro	(Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft SRG SSR)
Mark Weidmann	(Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft SRG SSR)
Hans Strassmann	(SwissMediaCast AG)
Lance Eichenberger	(Verband Schweizer Privatradios VSP)
Maurice Felix	(Union Romande des Radios Régionales RRR)
Pierre Steulet	(Union Romande des Radios Régionales RRR)
Mirco Guidi	(IM Maggia Engineering SA, Locarno, Ausarbeitung)
Simon Häne	(IM Maggia Engineering SA, Locarno, Ausarbeitung)

Übersetzung

Sprachdienste ASTRA (Originalversion Französisch)
(deutsche und italienische Übersetzung)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von folgender Website heruntergeladen werden:
www.astra.admin.ch.

© ASTRA 2018

Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung – unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Die vorliegende Richtlinie definiert die Grundlagen für die Struktur von Funkanlagen in Strassentunneln und legt die einheitliche Bezeichnung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) fest, die im Schweizer Nationalstrassennetz zum Einsatz kommen.

Die Funkanlagen in den Strassentunneln sind ein Sicherheitselement sowohl für die Strassenbenutzerinnen und -benutzer als auch für die Betreiber und die Ereignisdienste.

Für die Mobiltelefonieabdeckung im Fahrraum sind (in finanzieller wie in technischer) Hinsicht die Mobiltelefoniebetreiber zuständig. Das ASTRA gibt den Betreibern die Regeln für die Installation ihrer Anlagen vor.

Die Verfahren für die Projektierung, die Installation und den Betrieb der Funkanlagen sind in den Weisungen 73004 geregelt.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort.....	3
1	Einleitung	7
1.1	Zweck der Richtlinie	7
1.2	Geltungsbereich	7
1.3	Adressatinnen und Adressaten	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	7
2	Zweck der Funkanlagen / Allgemeines	8
2.1	Definition der Abdeckungsbereiche	8
2.2	Polycom.....	9
2.3	DAB+	9
2.4	UKW	9
2.5	Mobiltelefonie	10
2.6	Andere Funkanlagen	10
3	Infrastruktur	11
3.1	Teile des Infrastrukturbereichs	11
3.2	Funkmast.....	11
3.3	Kabel	12
3.3.1	Allgemeines	12
3.3.2	Koaxialkabel	12
3.3.3	Strahlkabel	12
3.3.4	Grundsätze für die Installation von Strahlkabeln	13
3.4	Schränke	16
3.4.1	Allgemeine Anforderungen.....	16
3.4.2	Anforderungen an ASTRA-Schränke.....	16
3.5	Erdung.....	16
3.5.1	Erdung des Funkmasts	16
3.5.2	Erdung von Koaxialkabeln	18
3.6	Alarmanlagen	18
3.7	Dokumentation	18
4	Polycom	19
4.1	Struktur der Polycom-Anlage	19
4.2	Polycom-Basisstation (POL.1–POL.2).....	21
4.2.1	Verbindung zwischen Basisstation und Tunnel	21
4.2.2	Handover.....	21
4.2.3	Unterschiede bei den Übertragungszeiten.....	22
4.3	Kopfstation (POL.3-POL.6)	22
4.3.1	Empfang der Polycom-Funkfrequenzen (POL.3).....	23
4.3.2	Verstärkung des Funksignals (POL.4)	23
4.3.3	Koppler (POL.5)	23
4.3.4	Übertragung der Signale an die Tunnelstationen POL.6).....	23
4.4	Tunnelstation (POL.7-POL.9).....	23
4.4.1	Empfang der HF-Signale (POL.7)	24
4.4.2	Verstärkung der Signale (POL.8).....	24
4.5	Redundanz der Polycom-Anlagen	24
4.6	Dokumentation	25
5	DAB+.....	26
5.1	Struktur der DAB+-Anlage	26
5.2	Kopfstation (DAB.1-DAB.10).....	28

5.2.1	Empfang der Radioprogramme (DAB.1).....	28
5.2.2	Aufbereitung der Radioprogramme (DAB.2-DAB.4).....	28
5.2.3	Empfang von Durchsagen der Polizei (DAB.5).....	29
5.2.4	Aufbereitung von Durchsagen der Polizei (DAB.6-DAB.8).....	29
5.2.5	Aktivierung der Durchsagen der Polizei (DAB.9).....	30
5.2.6	Übertragung der Signale an die Tunnelstationen (DAB.10).....	30
5.3	Tunnelstation (DAB.11-DAB.12).....	30
5.3.1	Empfang der HF-Signale (DAB.11).....	31
5.3.2	Verstärkung der Signale (DAB.12).....	31
5.4	Dokumentation.....	31
6	UKW.....	32
6.1	Struktur der UKW-Anlage.....	32
6.2	Kopfstation (UKW.1-UKW.10).....	34
6.2.1	Empfang der Radioprogramme (UKW.1).....	34
6.2.2	Aufbereitung der Radioprogramme (UKW.2-UKW.4).....	34
6.2.3	Empfang von Durchsagen der Polizei (UKW.5).....	35
6.2.4	Aufbereitung der Durchsagen der Polizei (UKW.6-UKW.8).....	35
6.2.5	Aktivierung der Durchsagen der Polizei (UKW.9).....	35
6.2.6	Übertragung der Signale an die Tunnelstationen (UKW.10).....	36
6.3	Tunnelstation (UKW.11-UKW.12).....	36
6.3.1	Empfang der HF-Signale (UKW.11).....	36
6.3.2	Verstärkung der Signale (UKW.12).....	36
6.4	Dokumentation.....	37
7	Einsprechung (DAB.13-DAB.14 = UKW.13-UKW.14).....	38
7.1	Einsprechung in mehreren Tunneln.....	38
7.2	Schnittstelle zu den Operateuren ELZ (DAB.13).....	39
7.3	Übertragung der Durchsagen der Polizei (DAB.14).....	39
7.4	Liefergrenzen des Einsprechsystems.....	40
7.5	Dokumentation.....	40
8	Mobiltelefonie.....	41
8.1	Mobiltelefonanlage.....	41
8.2	Gruppierung der Anlagen.....	42
8.3	Montage der aktiven Komponenten.....	42
8.4	Antennenmasten und Antennen.....	42
8.5	Werkstoffe.....	43
8.6	Versorgung der aktiven Komponenten.....	43
8.6.1	Auf offener Strecke.....	43
8.6.2	Tunnel.....	43
8.7	Zutritt zu den Ausrüstungen.....	43
8.8	Dokumentation der Mobiltelefonanlagen.....	43
9	Betrieb der Funkanlage.....	44
9.1	Dokumentation.....	44
9.2	Schulungen.....	44
9.3	Betrieb und Unterhalt.....	44
9.3.1	Vorbeugende Instandhaltung.....	44
9.3.2	Korrektive Instandhaltung.....	44
	Anhänge.....	47
	Glossar.....	53
	Literaturverzeichnis.....	57
	Auflistung der Änderungen.....	59

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Diese Richtlinie definiert die Konzepte sowie die funktionalen und technischen Anforderungen an Funkanlagen (Polycom, DAB+, UKW und Mobiltelefonie).

Die Prozesse und die Finanzierung werden in den Weisungen 73004 «Funksysteme in Strassentunneln, Prozesse und Finanzierung» beschrieben.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für den Bau, den Unterhalt und den Betrieb von Funkanlagen in Strassentunneln. Sie ist für alle vom Bund (mit)finanzierten Strassenabschnitte verbindlich.

1.3 Adressatinnen und Adressaten

Die Richtlinie richtet sich an Bauherren, Projektverfasser, mit der Realisierung betraute Unternehmen sowie an Betreiber/innen von Funkanlagen, Mobiltelefonie und Radio in Strassentunneln.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Diese Richtlinie tritt am 15.05.2018 in Kraft. Die «Auflistung Der Änderungen» befindet sich auf Seite 59.

2 Zweck der Funkanlagen / Allgemeines

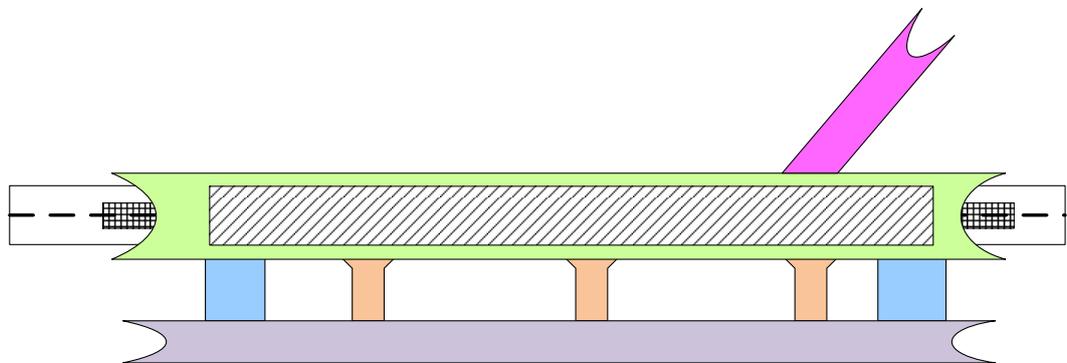
Die Polycom-Anlage soll in erster Linie die Sicherheit der Strassenbenutzerinnen und -benutzer im Tunnel sowie die Sicherheit der Einsatzdienste bei Arbeiten des Unterhalts oder Betriebs an den Anlagen gewährleisten.

Die Installation von UKW- und DAB+-Funksystemen ermöglicht es, die Nutzerinnen und Nutzer im Ereignisfall mittels Einsprecherung von Polizeidurchsagen zu informieren.

Mobiltelefonanlagen im Fahrraum dienen dem Komfort der Strassenbenutzerinnen und -benutzer. In anderen Tunnelbereichen erhöhen sie die Sicherheit des Personals bei Arbeiten des Unterhalts oder Betriebs.

2.1 Definition der Abdeckungsbereiche

Schematische Darstellung eines Tunnels:



Legende:

	Tunnel (Fahrraum)		Querverbindung
	Fahrbahn		Sicherheitsstollen
	Lüftungskanal		Werkleitungskanal
	Fluchtstollen		Tunnelzentralen

Abbildung 2.1: Tunnelbereiche

Die Abdeckung muss in folgenden Bereichen gewährleistet sein:

- Polycom: Tunnel, Fluchtstollen, Querverbindung, Sicherheitsstollen, Tunnelzentralen*.
- DAB+: Tunnel.
- UKW: Tunnel.
- Mobiltelefonie (Betreiber): Tunnel.
- Mobiltelefonie (ASTRA): Tunnelzentralen*, Werkleitungskanal*, Sicherheitsstollen*.

* = Orte mit BSA-Anlagen oder mit hohen Unterhalhäufigkeit.

2.2 Polycom

Die Polycom-Versorgung in Strassentunneln soll die Kommunikation zwischen den folgenden Organen sicherstellen:

- Polizei
- Feuerwehr
- Ambulanzen
- Unterhaltsdienste

Es muss die Kommunikation zwischen folgenden Akteuren möglich sein:

- Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren innerhalb des Tunnels (Abdeckungsbereich);
- Kommunikation zwischen den Organen innerhalb und den Organen ausserhalb des Tunnels.

Die Installation der Polycom-Anlagen in den Tunneln erfolgt in Absprache mit den Kantonen. Mit der Einführung von Polycom in Strassentunneln stellt das ASTRA den «Blaulicht»-Einsatzorganisationen keine zusätzlichen Funksysteme zur Verfügung.

2.3 DAB+

DAB+-Sendungen in Strassentunneln sollen die Sicherheit der Strassenbenutzerinnen und -benutzer gewährleisten. Diese Aufgabe umfasst:

- Übertragung der Durchsagen der Polizei an die Tunnelbenutzer/innen im Ereignisfall;
- Übertragung der Verkehrsmeldungen (TMC, TPEG) an die Nutzerinnen und Nutzer;

sowie:

- Vermeidung von Unterbrechungen der DAB+-Radioprogramme bei der Durchfahrt durch einen Tunnel.

Dank der folgenden Funktionen können die oben genannten Aufgaben erfüllt werden:

- Einsprechung: Unterbrechung aller Radioprogramme im Tunnel und Übertragung von vorkonfektionierten oder «direkten» Durchsagen der Polizei. Die Durchsagen werden vom Operateur der Einsatzleitzentrale (Operateur ELZ) aktiviert. Die im Tunnel übertragenen DAB+-Signale stellen sicher, dass die Polizeidurchsagen von den Autoradios empfangen werden.
- Weiterverbreitung: Empfang, Aufbereitung und Ausstrahlung der auf offener Strecke verfügbaren Radioprogramme im Tunnel.

2.4 UKW

UKW-Sendungen in Strassentunneln sollen die Sicherheit der Strassenbenutzerinnen und -benutzer gewährleisten. Diese Aufgabe umfasst:

- Übertragung der Durchsagen der Polizei an die Tunnelbenutzer/innen im Ereignisfall;
- Übertragung der Verkehrsmeldungen (TMC) mittels RDS an die Nutzerinnen und Nutzer;

sowie:

- Unterbrechungen der UKW-Radioprogramme bei der Durchfahrt durch einen Tunnel vermeiden.

Dank der folgenden Funktionen können die oben genannten Aufgaben erfüllt werden:

- Einsprechung: Unterbrechung aller Radioprogramme im Tunnel und Übertragung von vorkonfektionierten oder «direkten» Durchsagen der Polizei. Die Durchsagen werden vom Operateur der Einsatzleitzentrale (Operateur ELZ) aktiviert. Die im Tunnel

übertragenen RDS-Signale stellen sicher, dass die Polizeidurchsagen von den Autoradios empfangen werden.

- Weiterverbreitung: Empfang, Aufbereitung und Ausstrahlung der auf offener Strecke verfügbaren Radioprogramme im Tunnel.

2.5 Mobiltelefonie

Die Mobiltelefonie im Fahrraum dient dem Komfort der Strassenbenutzerinnen und -benutzer, weil deren Mobiltelefonieverbindungen bei der Durchfahrt durch einen Tunnel nicht unterbrochen werden.

In den grösseren Tunnelzentralen, im Werkleitungskanal und im Sicherheitsstollen dient die Mobiltelefonieabdeckung den mit Arbeiten des Unterhalts und Betriebs betrauten Personen.

Es ist keine lückenlose Abdeckung erforderlich. Die Definition der Abdeckungsorte erfolgt in Absprache mit Unterhalt und Betrieb.

2.6 Andere Funkanlagen

Andere Funksysteme wie zum Beispiel analoge Anlagen werden nicht mehr unterhalten und mit der Zeit zurückgebaut.

3 Infrastruktur

Tunnel mit einer Länge von über 600 m müssen mit einer Funkanlage ausgerüstet sein. In kürzeren Tunneln ist ein Bedarf von einem Funkingenieur in einer spezifischen Analyse zu begründen und muss von der FU genehmigt werden. Die Polycom-Versorgung im Fahrraum muss ausreichend sein, um die Intervention der Blaulicht-Einsatzdienste zu erleichtern.

3.1 Teile des Infrastrukturbereichs

Die für den Infrastrukturbereich relevanten Teile sind in *Abbildung 3.1* in roter Farbe gekennzeichnet.

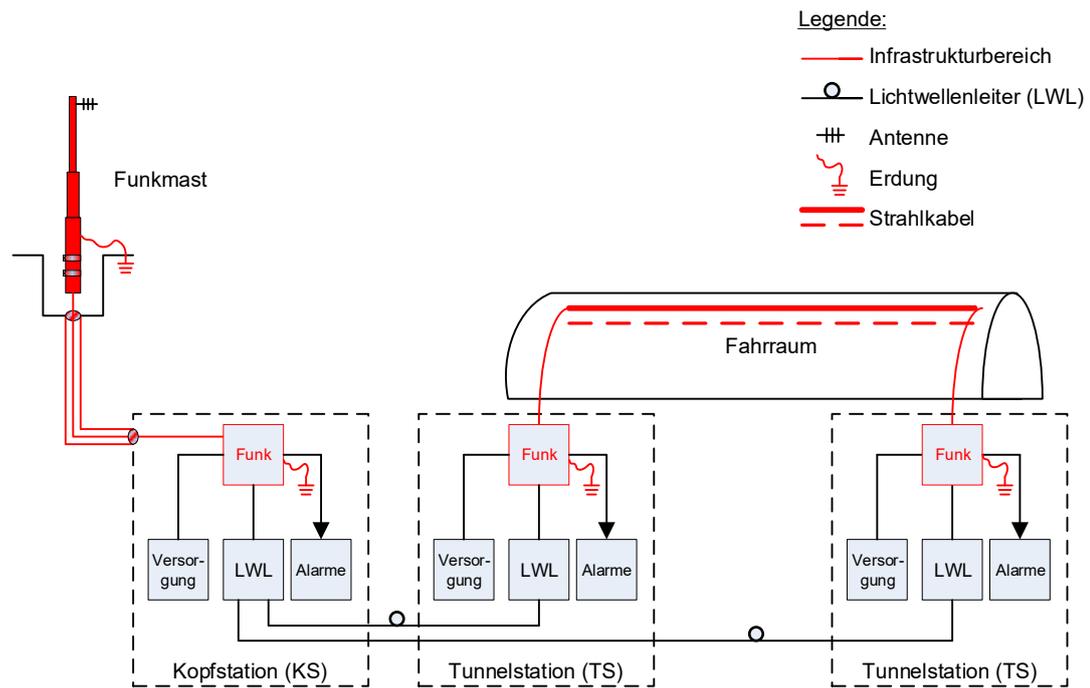


Abbildung 3.1: Definition der Funksysteme

3.2 Funkmast

Die Antennen (Polycom, DAB+ oder UKW) werden je nach Situation auf einem Antennenmast (Eigentum des ASTRA) installiert, der sich in Nähe der Tunnelzentrale befinden muss (Funkmast auf Gebäude oder freistehender Mast).

Die Funkanlagen werden mittels Koaxialkabel an die Antenne angeschlossen.

Der Mast muss Windstößen von bis zu 200 km/h widerstehen können.

Der Mast ist gemäss den Angaben in Kapitel 3.5.1 zu erden.

Bei allen Arbeiten an Antennenmasten müssen die Sicherheitsrichtlinien für Arbeiten in der Höhe eingehalten werden. Die Antennen sind mit einem Sicherheitssystem zu versehen, das den Zugang der Operateure ermöglicht.

Abbildung 3.2 zeigt einen Antennenmast mit einer Schutzvorrichtung, die verhindert, dass Unbefugte den Mast erklimmen können.

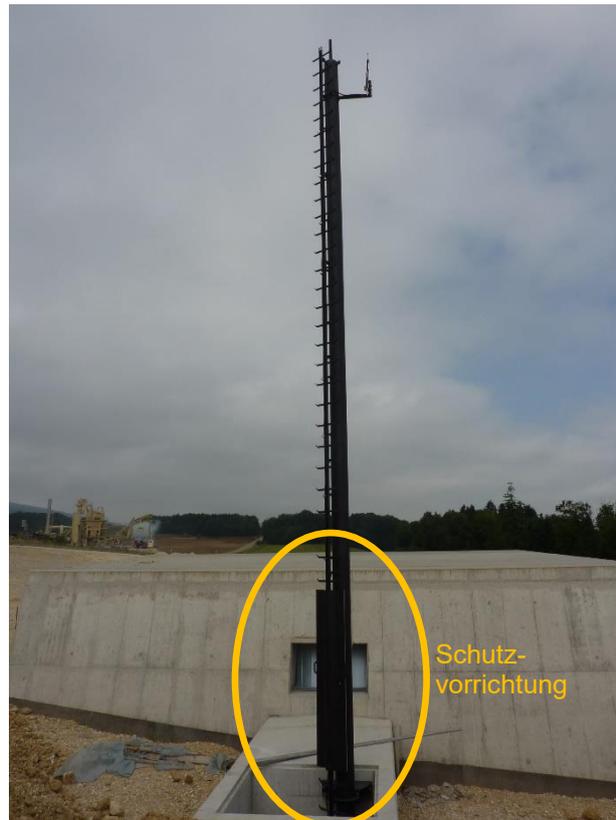


Abbildung 3.2: Antennenmast mit Schutzvorrichtung

Auf Funkmasten können Anlagen des ASTRA und der Mobiltelefoniebetreiber installiert werden; die Akteure koordinieren die gemeinsame Nutzung.

3.3 Kabel

3.3.1 Allgemeines

Antennenkabel werden nicht durch Räume gezogen, in denen Brand- oder Explosionsgefahr besteht, etwa Batterieräume.

3.3.2 Koaxialkabel

Koaxialkabel zur Verbindung von Funkkomponenten müssen so dimensioniert werden, dass die Verluste möglichst gering ausfallen. Generell besitzen diese Kabel eine Standardimpedanz von 50 oder 75 Ohm. Die Koaxialkabel sind gemäss den Angaben in Kapitel 3.5.2 zu erden.

3.3.3 Strahlkabel

Strahlkabel übernehmen die Abdeckung der Funkanlagen im Innern von Tunneln. Generell kommen zwei Standardgrössen von Strahlkabeln zum Einsatz: 7/8" und 1 1/4". Die folgenden beiden Tabellen zeigen die typischen Werte:

Beispiel 1:

Tabelle 3.3: Mindestfeldstärke für Strahlkabel 7/8"

Einsatz	Frequenzbereich	Lineare Dämpfung	Koppeldämpfung (95 %)
UKW	87,5 – 108 MHz	<1.5 dB/100m	<70 dB
VHF	150 – 180 MHz	<2.2 dB/100m	<72 dB
DAB+	174 – 240 MHz	<2.5 dB/100m	<65 dB
Polycom	380 – 400 MHz	<3.3 dB/100m	<60 dB

Beispiel 2:

Tabelle 3.4: Mindestfeldstärke für Strahlkabel 1 ¼"

Einsatz	Frequenzbereich	Lineare Dämpfung	Koppeldämpfung (95 %)
UKW	87,5 – 108 MHz	<1.0 dB/100m	<70 dB
VHF	150 – 180 MHz	<1.3 dB/100m	<73 dB
DAB+	174 – 240 MHz	<1.5 dB/100m	<65 dB
Polycom	380 – 400 MHz	<2.2 dB/100m	<60 dB

3.3.4 Grundsätze für die Installation von Strahlkabeln

Gemäss den Vorschriften des ASTRA darf die Montage des Strahlkabels das Lichtraumprofil nicht beeinträchtigen. Das Strahlkabel darf nicht in Rohranlagen verlegt werden.

In der Nähe des Strahlkabels dürfen sich keine Elemente aus Metall befinden. Ausnahmen sind mit dem Funkingenieur zu klären, damit dieser die akzeptablen Störungen beurteilen kann.

Um Interferenzen zwischen der Versorgung innerhalb und ausserhalb des Tunnels zu vermeiden, endet das Strahlkabel ungefähr 20–30 m vor dem Aus- oder Eingang des Tunnels. Die Interferenzen hängen vom Übertragungssystem und dem Frequenzbereich ab. Interferenzen auf dem Strahlkabel sollen durch empirisches Vorgehen geringgehalten werden.

Mögliche Montagepositionen des Strahlkabels sind in Abbildung 3.5 und Abbildung 3.6 beschrieben. Bei Tunnel, bei denen der Sicherheitsabstand zur Lichtraumprofilhöhe nicht gewährleistet ist, ist eine seitliche Montage vorzuziehen.

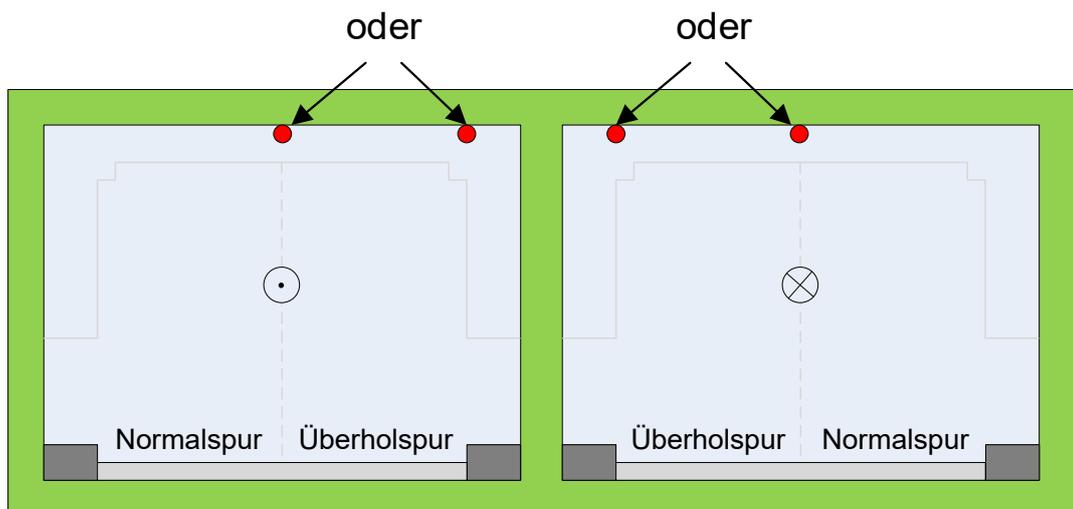
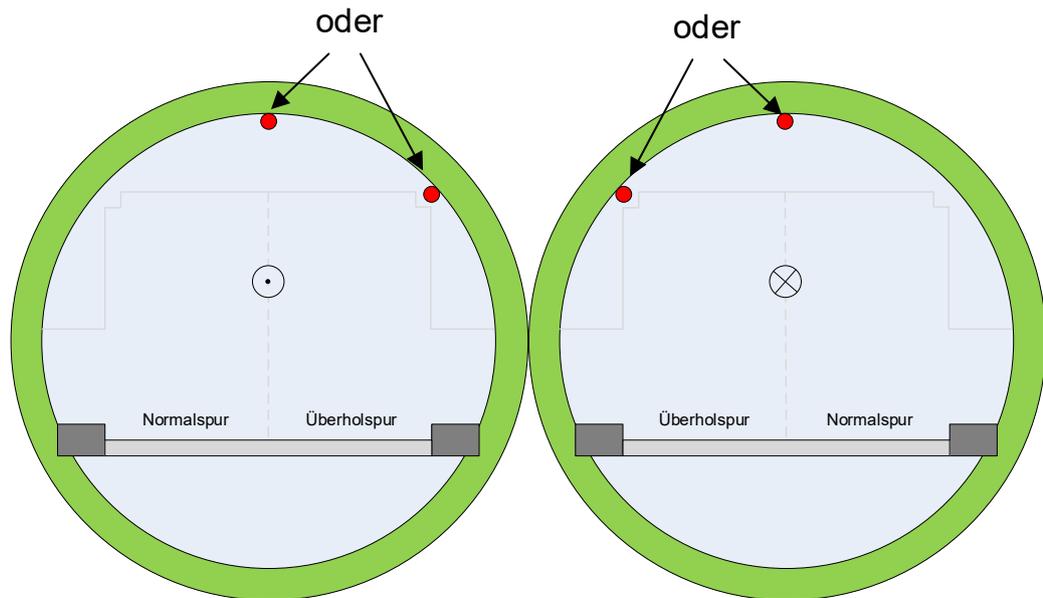


Abbildung 3.5: mögliche Montagepositionen für Strahlkabel



Legende:

- Strahlkabel
- ⊙ Gegenfahrtrichtung
- ⊗ Fahrtrichtung

Abbildung 3.6: Mögliche Montagepositionen für Strahlkabel

Das Strahlkabel kann mit Montageschellen montiert oder in den Kabelkanal eingezogen werden. Diese zweite Möglichkeit darf jedoch nur bei Kabelkanälen aus Kunststoff zum Einsatz kommen.

Bei einer Montage mit Montageschellen ist der Abstand zwischen den einzelnen Schellen so zu wählen, dass das Kabel nicht sichtbar durchhängt. Im Normalfall sollte ein Abstand von etwa 1 m zwischen den Schellen ausreichend sein.

Der Abstand zwischen Strahlkabel und Decke muss den Herstellerempfehlungen entsprechen, beträgt jedoch mindestens 80 mm (aus der Praxis abgeleiteter Erfahrungswert).

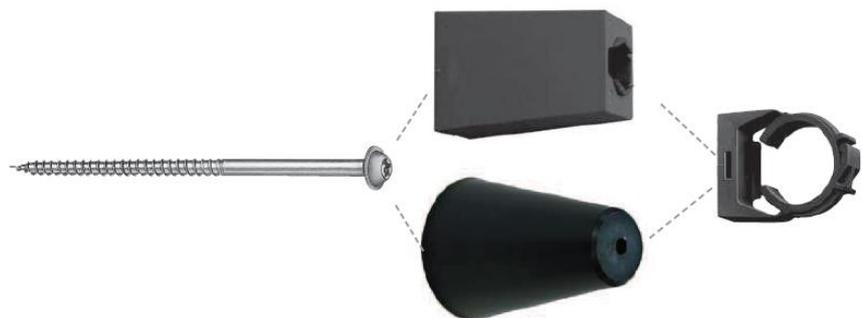


Abbildung 3.7: Beispiel von Montageschellen aus Kunststoff

Damit das Kabel im Brandfall nicht auf die Fahrbahn fällt, sollte alle 10 m eine Schelle aus nichtrostendem Stahl (z. B. 1.4301 oder 1.4307) verwendet werden.



Abbildung 3.8: Beispiel einer Schelle aus nichtrostendem Stahl



Abbildung 3.9: Beispiel eines Strahlkabels

Beispiel zur Berechnung der Leistungsbilanz

Nachfolgend wird das Beispiel einer UKW-Anlage gezeigt (Abbildung 3.10). Der Grundsatz gilt auch für DAB+ und Polycom, wobei jedoch die Werte anzupassen sind.

Parameter	Wert	Einheit	Hinweis
Frequenz	100	MHz	
Einfügungsdämpfung des Leitkabels	1.19	dB/100m	à 100 Mrz.
Einfügungsdämpfung des Strahlkabels	1.20	dB/100m	
Koppeldämpfung des Strahlkabels	60	dB	@ 50 %
Mindestniveau für Empfang Downlink	-77	dBm	30dBµV

Link Budget	Abwärtsverbindung (DL)		Einheit
	Nah	Fern	
Ausgangsleistung (12 Freq.)	20.0	20.0	dBm
Koppelfeld	-6.5	-6.5	dB
Leitkabel	-1.2	-1.2	dB
Einfügungsdämpfung des Strahlkabels	0.0	-10.8	dB
Koppeldämpfung des Strahlkabels	-60.0	-60.0	dB
Entfernungskorrektur 2m -> 8m	0.0	-6.0	dB
Empfangene Leistung	-47.7	-64.5	dBm
Reserve gegenüber verlangtem Minimum (DL)	29.3	12.5	

Abbildung 3.10: Beispiel zur Berechnung der Leistungsbilanz für UKW

3.4 Schränke

3.4.1 Allgemeine Anforderungen

Die Funkausrüstungen werden in normierten Schränken mit Schwenkrahmen (19-Zoll-Racks) montiert. Alle Schränke müssen einen Schutz gemäss IP20 garantieren. Alle Elemente der Funkanlagen sollten auf einem Schwenkrahmen montiert werden; wo dies nicht möglich ist, sind Regale zu verwenden. Die einzelnen Ausrüstungen dürfen nicht aufeinandergestapelt werden.

Ausrüstungen und Zubehörteile aus Metall müssen an die Erdung des Schrankes angeschlossen werden.

An den Schranktüren dürfen keinerlei Ausrüstungen oder Geräte angebracht werden.

Alle unter Strom stehenden Teile (einschliesslich Anschlussklemmen) müssen gemäss geltenden NIV-Normen vor Personenkontakt geschützt werden.

3.4.2 Anforderungen an ASTRA-Schränke

Die Zahl der Schränke, die ein Tableau bilden, und die Aufteilung der Ausrüstungen innerhalb eines Tableaus müssen eine Platzreserve von ungefähr 30 % bieten.

Alle Elemente der Funkanlagen im Innern der Schränke müssen so angeordnet sein, dass eine optimale Zugänglichkeit gewährleistet ist. Einzelne Ausrüstungen müssen einfach ersetzt werden können.

Für eine optimale Gestaltung der Schränke sind folgende Elemente vorzusehen:

- Profile für die Fixierung von Kabeln mit Schnellspannklemmen;
- Kabelkanäle für die Kabelanlage;
- Mindestens 3 Steckdosen 230 VAC.

3.5 Erdung

3.5.1 Erdung des Funkmasts

Der Funkmast (im Eigentum des ASTRA) ist durch eine Erdungsanlage vor Blitzschlag geschützt.

Abbildung 3.11 zeigt einen Funkmast auf einem Gebäude, wobei die Antenne mit einem Koaxialkabel an den Funkschrank angeschlossen ist.

Abbildung 3.12 illustriert den gleichen Fall, aber mit einem freistehenden Antennenmast.

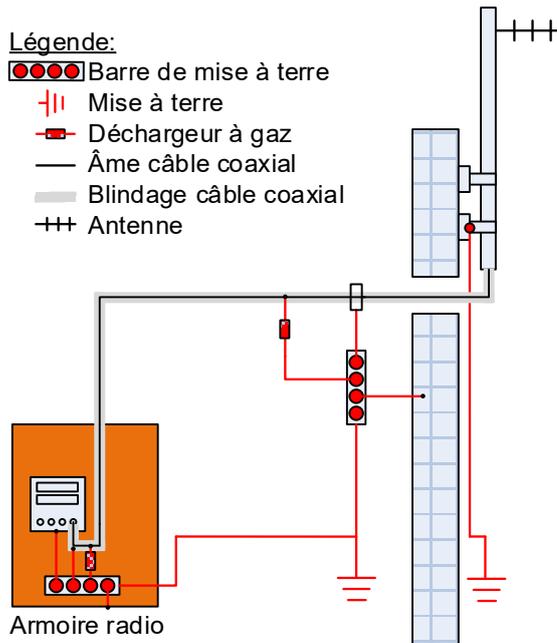


Abbildung 3.11: Erdung eines Funkmasts auf einem Gebäude

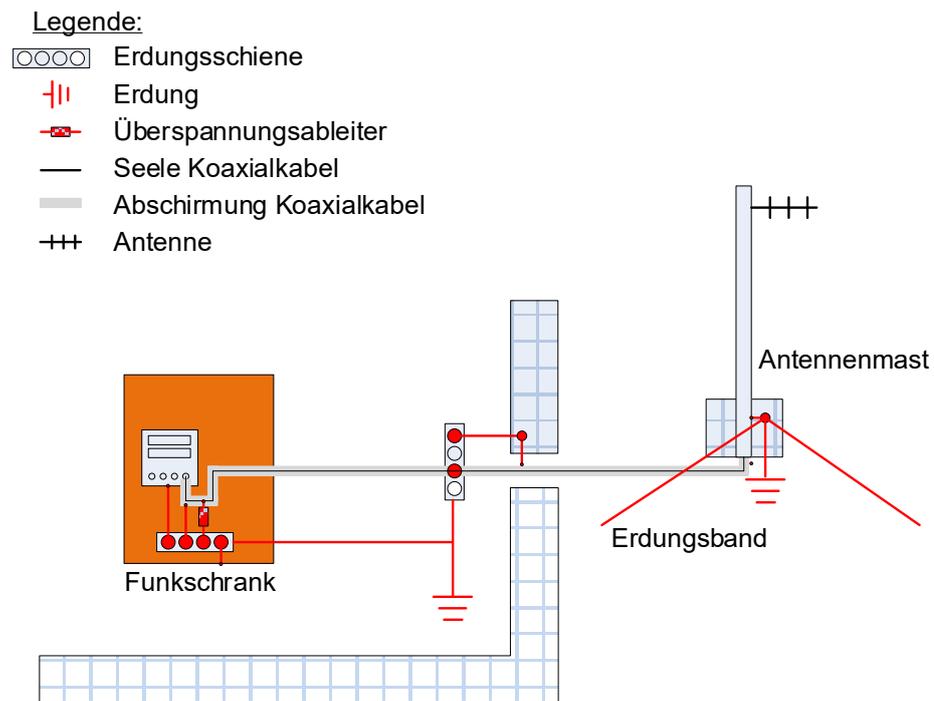


Abbildung 3.12: Erdung eines freistehenden Funkmasts

3.5.2 Erdung von Koaxialkabeln

Die Koaxialkabel sind durch eine Erdungsanlage geschützt. Die Abschirmung des Koaxialkabels muss mit einem Erdungsband geerdet werden. Für die Seele des Koaxialkabels erfolgt die Erdung mit einem Gasableiter (Schliessung des Kreises an die Erde durch Überspannung auf der Seele). Die Antennenkabel eines freistehenden Masts müssen auf der ganzen Länge durch ein Metallrohr, bzw. auf Stahlbeton durch ein Kunststoffrohr abgeschirmt werden (

Abbildung 3.12). Der Gasableiter muss der Schutzklasse III entsprechen.

3.6 Alarmanlagen

Die Alarmanlagen sind gemäss der Richtlinie 13031 zu erstellen.

3.7 Dokumentation

Siehe Kapitel 9.1.

4 Polycom

4.1 Struktur der Polycom-Anlage

Die Struktur der Polycom-Anlage kann per Funk (Abbildung 4.2) oder per Kabel (Abbildung 4.3) mit der Basisstation (BS) verbunden werden. Die Komponenten der Polycom-Anlage sind von POL.1 bis POL.9 durchnummeriert. Die Anlage setzt sich aus den folgenden Teilsystemen zusammen:

- Polycom-Versorgungszelle auf offener Strecke (POL.1 bis POL.2);
- einer Kopfstation (POL.3–POL.6), die die Funkfrequenzen bearbeitet (vgl. Kap. 4.3);
- einer oder mehreren Tunnelstation/en (POL.7–POL.9). Diese verstärken die Polycom-Signale für die Weiterverbreitung im Tunnel (vgl. Kap. 4.4);
- einer oder mehreren Antennen für das Handover (POL.10). Diese verlängern die Abdeckung im Tunnel und erleichtern damit die Übergabe zwischen den Polycom-Zellen (vgl. Kap. 4.2.2).

Eine Polycom-Anlage kann einen oder mehrere Tunnel auf einem oder mehreren Nationalstrassenabschnitt/en versorgen.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS hat ein Dokument mit dem Titel «Bedingungen und Vorgaben Sicherheitsnetz Funk der Schweiz Polycom»¹ mit allen Informationen zur Planung, Finanzierung, Realisierung, Verwaltung und zum Betrieb der Polycom-Regional- und -Teilnetze veröffentlicht.

¹ Erhältlich beim Bereich I-B des ASTRA

4.2 Polycom-Basisstation (POL.1–POL.2)

Die Polycom-Basisstationen (BS) sind Bestandteile des Polycom-Netzes; sie werden von den Kantonen oder vom Grenzschutz errichtet.

Funktionen der Polycom-BS (POL.1-POL.2):

- Ihre Hauptfunktion liegt in der Versorgung eines Teilgebiets mit Frequenzen, damit die Funkanlagen der Nutzer Verbindungen erstellen können.

Das von einer BS abgedeckte Gebiet wird als Zelle bezeichnet.

Grundsätzlich ist jeder Tunnel oder jede Gruppe von Tunneln mit einer einzigen BS verbunden.

4.2.1 Verbindung zwischen Basisstation und Tunnel

Die Tunnelinfrastruktur kann auf zwei Arten mit einer BS verbunden werden: erstens mittels einer Antenne ausserhalb der Tunnelzentrale, die das Polycom-Funksignal der nächstgelegenen Polycom-Zelle aufnimmt, siehe Abbildung 4.2. Die zweite Lösung kommt zum Einsatz, wenn sich die Basisstation im Tunnelgebäude befindet oder wenn zwischen Tunnel und Basisstation problemlos eine Glasfaserleitung gelegt werden kann, siehe Abbildung 4.3. Wann immer möglich sollte die zweite Lösung den Vorzug erhalten.

Variante 1: Funkverbindung:

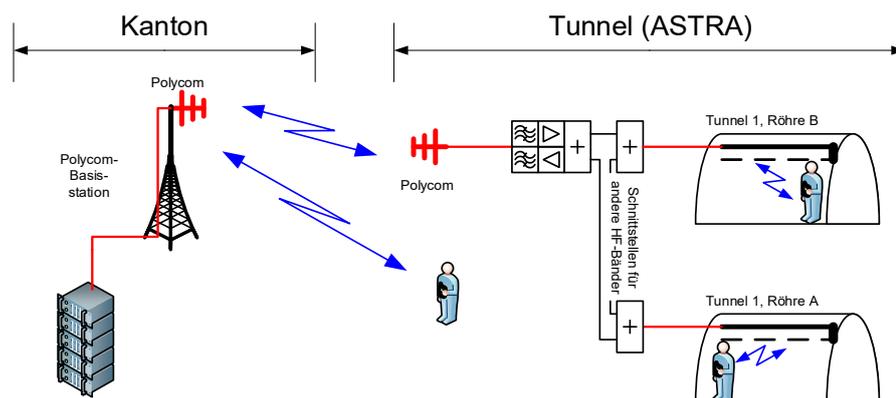


Abbildung 4.2: Struktur der Polycom-Anlage (per Funk)

Variante 2: Kabelverbindung (Koaxialkabel oder Glasfaserkabel).

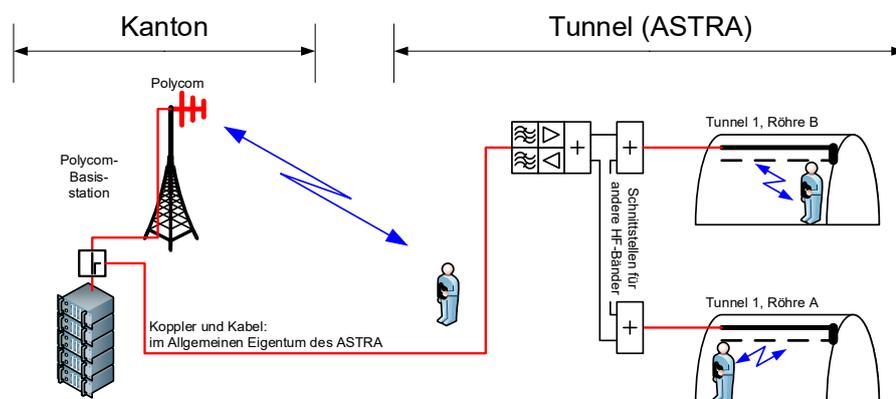


Abbildung 4.3: Struktur der Polycom-Anlage (Kabelverbindung)

4.2.2 Handover

Bei der Übergabe (Handover) an der Tunneleinfahrt oder -ausfahrt können Übergabesituationen auftreten, wenn innerhalb und ausserhalb der Tunnel nicht die

gleichen Frequenzen verwendet werden – das heisst, wenn ausserhalb des Tunnels eine andere Zelle genutzt wird als im Tunnelinnern.

In einem derartigen Fall könnte die Verbindung während mehrerer Sekunden unterbrochen werden. Um dies möglichst zu vermeiden, müssen sich die Zellen überlappen, damit das Funknetz Zeit für die Übergabe (Handover) hat.

Eine mögliche Lösung ist die Erweiterung der «Tunnel-Funkabdeckung» um etwa hundert Meter ausserhalb des Tunnelportals mit der Installation einer sogenannten Handover-Antenne.

Die untenstehende Abbildung illustriert den Fall eines zwischen zwei Zellen gelegenen Tunnels (Zelle A und Zelle B).

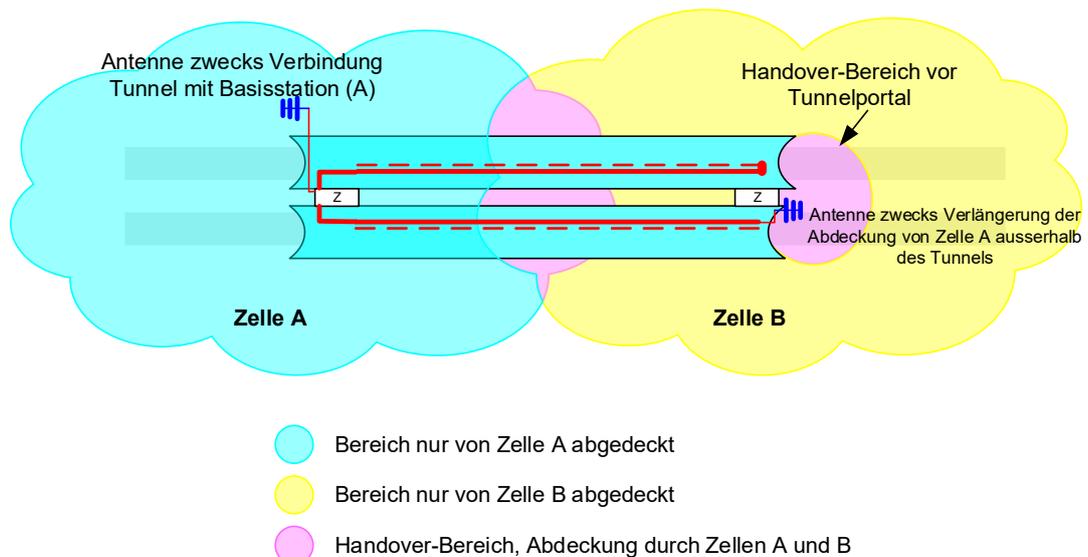


Abbildung 4.4: Beispiel für die Funkabdeckung

Eine zweite Lösung besteht darin, die Übergabe zwischen den Zellen in das Tunnelinnere zu verlegen. In der Praxis ist dies die bessere Lösung, auch wenn sie mehr Infrastrukturmittel verlangt.

4.2.3 Unterschiede bei den Übertragungszeiten

Die Übertragungszeiten des Funksignals sind bei einer Übermittlung per Funk nicht dieselben wie bei einer Kabelverbindung.

Die Polycom-Technologie schreibt eine Zeitverschiebung von maximal 15 µs zwischen zwei Signalen der gleichen Basisstation vor. Bei einer grösseren Zeitverschiebung kommt es zu Interferenzen und Störungen.

Diese Situation kann an den Tunnelportalen auftreten, wo sich das auf offener Strecke ausgestrahlte Signal mit dem Signal aus dem Tunnelinnern überlagert.

4.3 Kopfstation (POL.3-POL.6)

Funktionen der Kopfstation (POL.3-POL.6):

- Empfang der Frequenzen einer BS via Antenne (oder Kabel);
- Verstärkung des Funksignals;
- Übertragung der Polycom-Signale an die Tunnelstationen.

Jede Polycom-Anlage verfügt über eine einzige Kopfstation. Die Struktur der Kopfstation ist in Abbildung 4.1 dargestellt.

Zwei Lösungen sind möglich: eine Funkverbindung und eine Kabelverbindung zur Basisstation. Im letzteren Fall ist unter Umständen eine Verstärkung des Signals nicht nötig, sodass es direkt an die Tunnelstationen geleitet werden kann.

4.3.1 Empfang der Polycom-Funkfrequenzen (POL.3)

Wie oben (vgl. Kap. 4.2) kann die Tunnelinfrastruktur auf zwei Arten mit der Polycom-BS verbunden werden.

Empfohlen wird die Lösung per Kabel.

Im Falle einer Funkverbindung sollten verschiedene Lösungen geprüft werden, um den besten Antennenstandort zu ermitteln.

Mehrere Kriterien müssen erfüllt sein:

- direkte Sichtverbindung der Antenne zur BS (oder ein sehr guter Signalempfang);
- andere Polycom-BS auf der gleichen Achse vermeiden;
- Zeitverschiebung für die Übertragung zum gegenüberliegenden Portal unter 15 µs halten;
- Nähe zur technischen Zentrale mit den Ausrüstungen der Kopfstation.

Was die Wahl der Antennenform angeht, so ist eine Richtantenne des Typs Yagi oder in besonderen Fällen eine Wendelantenne zu bevorzugen.

Die Antenne muss nach den Kriterien von Abbildung 4.5 dimensioniert sein.

Abbildung 4.5: Charakteristiken der Empfangsantenne

Frequenzbereich	380 MHz-400 MHz
Antennengewinn	≥ 8 dBi
Polarisation	vertikal

4.3.2 Verstärkung des Funksignals (POL.4)

Passive und aktive Komponenten gewährleisten die Trennung (Ausstrahlung / Empfang) und die Verstärkung der Polycom-Funkfrequenzen (POL.4).

Vorzugsweise werden Bandverstärker (Breite 5 Mhz) für die Frequenzbereiche 380 - 85 MHz und 390 - 395 MHz eingesetzt.

Bei einer direkten Verbindung zur BS reicht normalerweise die Leistung aus, sodass keine Signalverstärkung nötig ist.

4.3.3 Koppler (POL.5)

Koppler sind passive Komponenten, die das Funksignal in Richtung der elektro-optischen Wandler aufteilen bzw. die Rückmeldesignale der elektro-optischen Wandler kombinieren.

4.3.4 Übertragung der Signale an die Tunnelstationen POL.6)

Die HF-Signale werden durch elektro-optische Wandler (POL.6) an die Tunnelstationen übertragen. Werden andere HF-Signale (z. B. Polycom, UKW oder DAB+) zwischen denselben Orten übertragen, so können die Signale kombiniert und über dieselbe elektro-optische Verbindung übertragen werden (gemeinsame Nutzung der Wandler und Lichtwellenleiter).

Befindet sich eine Tunnelstation in derselben Tunnelzentrale wie die Kopfstation, erfolgt die Übertragung mittels Koaxialkabel.

4.4 Tunnelstation (POL.7-POL.9)

Die Tunnelstationen (POL.7-POL.9) haben folgende Funktionen:

- Empfang der Polycom-Signale von der Kopfstation;

Abbildung 4.8 simuliert ein Beispiel für den Ausfall einer Tunnelstation (TS). Die Stärke des Funksignals im Fahrraum muss auch in diesem Fall für eine Funkverbindung ausreichen.

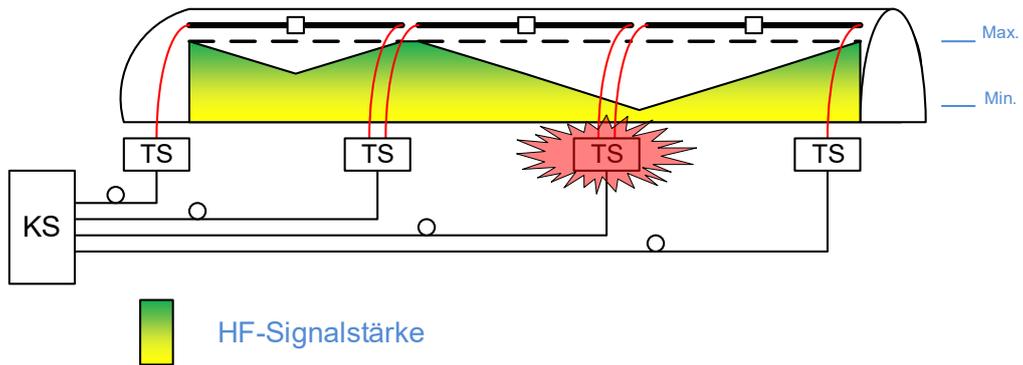


Abbildung 4.8: Gestörter Betrieb (Ausfall einer TS)

4.6 Dokumentation

Siehe Kapitel 9.1.

5 DAB+

5.1 Struktur der DAB+-Anlage

Die Struktur der DAB+-Anlage ist in *Abbildung 5.1* dargestellt. Die Komponenten der DAB+-Anlage sind von DAB.1 bis DAB.14 durchnummeriert. Die Anlage setzt sich aus folgenden Teilsystemen zusammen:

- einer Kopfstation (DAB.1-DAB.10), welche die Radioprogramme und Polizeidurchsagen empfängt und bearbeitet (vgl. Kap. 5.2);
- einer oder mehreren Tunnelstation/en (DAB.11-DAB.12). Diese verstärken die DAB+-Signale für die Weiterverbreitung im Tunnel (vgl. Kap. 5.3);
- einem Einsprechsystem in der Einsatzzentrale (DAB.13-DAB.14), welches die Durchsagen der Polizei zum Tunnel bzw. zu den Tunneln weiterleitet (vgl. Kap. 7).

Eine DAB+-Anlage kann einen oder mehrere Tunnel in einem oder mehreren Nationalstrassenabschnitt/en versorgen.

Alle im Tunnel ausgesendeten Ensembles müssen dieselbe Frequenz haben und mit den auf offener Strecke ausgestrahlten Ensembles synchronisiert werden. Fällt der Empfang des DAB+-Signals aus, muss das Einsprechen über die Einsatzzentrale weiterhin sichergestellt sein.

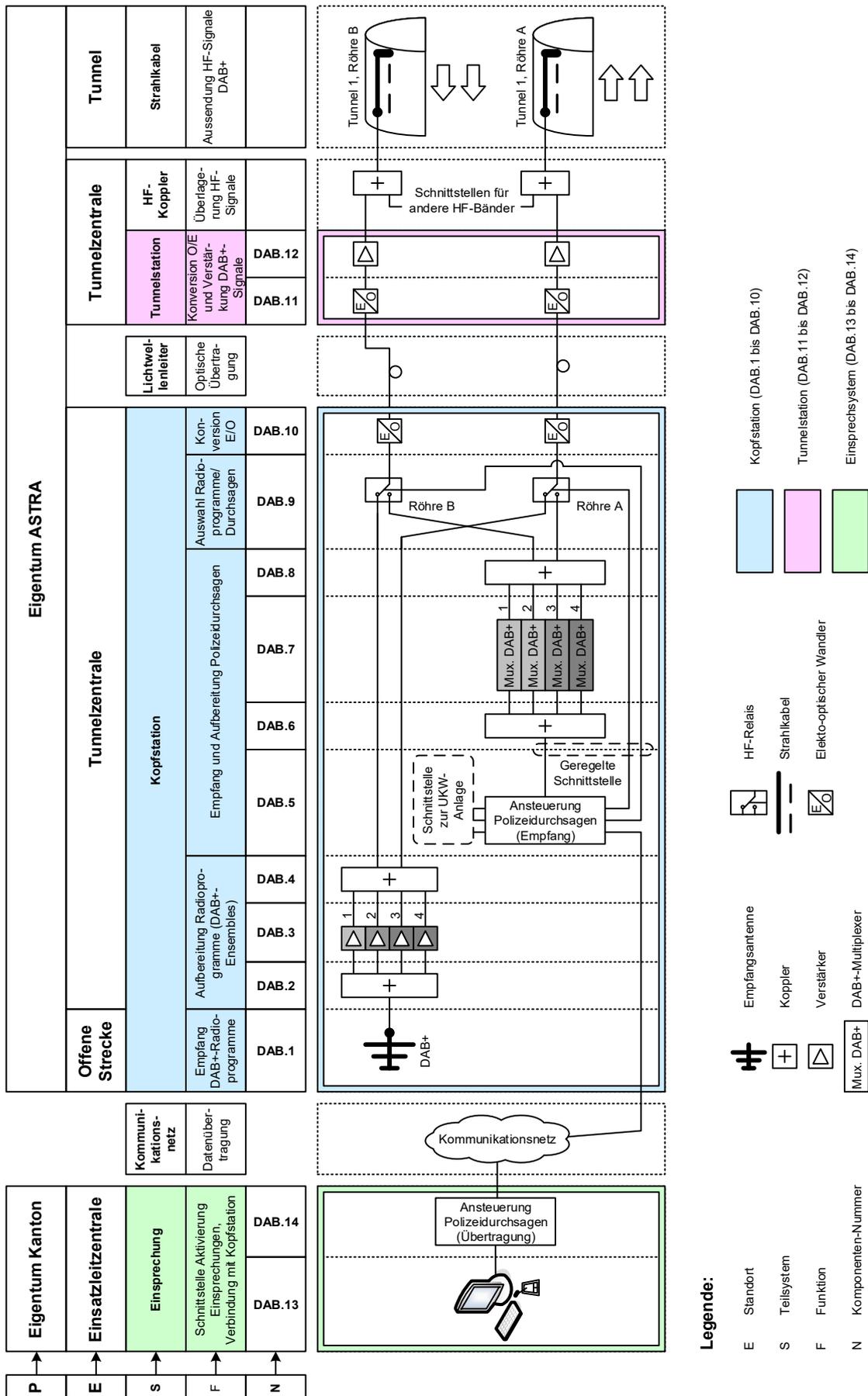


Abbildung 5.1: Struktur der DAB+-Anlage (für einen Tunnel mit zwei Röhren)

5.2 Kopfstation (DAB.1-DAB.10)

Funktionen der Kopfstation (DAB.1-DAB.10):

- Empfang der DAB+-Ensembles³ (Radioprogramme) via Antenne (oder andere Mittel);
- Empfang von Durchsagen der Polizei;
- Aufbereitung der Radioprogramme und der Durchsagen der Polizei;
- Aktivierung der Durchsagen der Polizei;
- Übertragung der DAB+-Signale an die Tunnelstationen.

Jede DAB+-Anlage verfügt über eine einzige Kopfstation. Die Struktur der Kopfstation ist in *Abbildung 5.1* dargestellt.

5.2.1 Empfang der Radioprogramme (DAB.1)

Die auf offener Strecke verfügbaren DAB+-Ensembles werden über eine Antenne⁴ (DAB.1) empfangen. Diese ist über ein Koaxialkabel mit der Zentrale Tunnel verbunden. Ihr Standort wird nach folgenden Kriterien gewählt:

- Anordnung der Antennen auf einem Funkmast⁵ (Eigentum des ASTRA; Träger von zum Beispiel UKW-, DAB+-, Polycor-, Mobilfunkantennen...);
- Empfangsqualität;
- Nähe zur Tunnelzentrale mit den Ausrüstungen der Kopfstation.

Die Antenne muss nach den Kriterien in *Abbildung 5.2* dimensioniert sein.

Abbildung 5.2: Charakteristiken der Empfangsantenne

Frequenzbereich	174 MHz - 230 MHz
Antennengewinn	≥ 8 dBi
Polarisation	vertikal

Die Antenne muss auf den Sender mit der kürzesten DAB+-Signalübertragungszeit ausgerichtet sein⁶.

Der Einsatz mehrerer Antennen (auf demselben Mast oder auf verschiedenen Masten) für dieselbe DAB+-Anlage muss technisch begründet sein. Beispiel: Übertragung im Tunnel von Ensembles unterschiedlicher Freiraumsender. Unterschiedliche Empfangs-Azimute rechtfertigen mehrere Antennen.

5.2.2 Aufbereitung der Radioprogramme (DAB.2-DAB.4)

Passive und aktive Komponenten (DAB.2) gewährleisten die Verteilung der Signale auf die verschiedenen Verstärker (DAB.3).

Jedes DAB+-Ensemble besitzt einen spezifischen Verstärker (DAB.3). Jeder Verstärker produziert ein HF-Signal pro DAB+-Ensemble. Dieses Signal wird durch analoge Verstärkung des empfangenen Signals erzeugt (keine Demodulation oder Dekodierung).

Von einem HF-Koppelfeld (DAB.4) wird ein Signal mit allen DAB+-Ensembles erzeugt.

³ Von einem DAB+-Sender ausgestrahltes Paket von Radioprogrammen. Ein DAB+-Ensemble umfasst normalerweise 5 bis 18 Radioprogramme.

⁴ Andere Mittel für den Empfang von DAB+-Signalen sind nur zulässig, wenn eine Antenne das Erreichen der in *Abbildung 5.3* definierten Signalqualität nicht ermöglicht.

⁵ Träger von UKW-, DAB+- und POLYCOM-Antennen.

⁶ Am Standort der Antenne kann das Signal eines Ensemble von verschiedenen Sendern her stammen. Die Stärke und die relative Ankunftszeit jedes Sendersignals müssen gemessen werden. Die Antenne muss auf den Sender ausgerichtet werden, dessen Signal die kürzeste Übertragungszeit aufweist und der die Anforderungen von *Abbildung 5.3* erfüllt.

Die Aufbereitung von Radioprogrammen ist für maximal 4 DAB+-Ensembles konzipiert⁷. DAB+-Ensembles, deren Empfang im Umfeld des Tunnels nicht möglich ist, werden von der DAB+-Anlage nicht übertragen.

In Gegenden entlang der Sprachgrenzen sind Abweichungen möglich.

Die Eingangssignale der Verstärker (DAB.3) müssen die in Abbildung 5.3 definierten Anforderungen erfüllen.

Abbildung 5.3: Qualität der Eingangssignale der Verstärker DAB.3

Leistung pro Ensemble	≥ -65 dBm
Carrier-to-Noise (DAB+-Frequenzband)	≥ 15 dB

Werden in den DAB+-Ensembles TMC- oder TPEG-Daten übertragen, so muss die Aufbereitung der Radioprogramme gewährleisten, dass diese Daten im Tunnel empfangen werden.

5.2.3 Empfang von Durchsagen der Polizei (DAB.5)

Die Empfangseinheit (DAB.5) empfängt von der Einsatzleitzentrale die Durchsagen der Polizei und die Aktivierungsbefehle. Die folgenden Informationen werden über das Kommunikationsnetz der Nationalstrassen empfangen:

- Sprachsignale einer vorkonfektionierten oder «direkten» (d. h. via Mikrophon übertragenen) Durchsage;
- Angabe des Tunnels und der Tunnelröhre, in dem/der die Durchsage auszustrahlen ist.

Auf der Grundlage dieser Informationen erzeugt die Empfangseinheit (DAB.5):

- ein analoges Niederfrequenzsignal (die Durchsage der Polizei);
- einen potenzialfreien Kontakt für jede Röhre eines jeden Tunnels, der von der DAB+-Anlage versorgt wird (Aktivierungsbefehle).

Die technischen Spezifikationen der von der Empfangseinheit (DAB.5) erzeugten Signale sind in *Abbildung 5.1* beschrieben. Die Normierung dieser Schnittstelle ermöglicht den Kauf von DAB.5 und der restlichen DAB+-Anlage bei unterschiedlichen Lieferanten (vgl. Kap. 7.4).

Ist der Tunnel mit UKW (analogem FM-Rundfunk) ausgerüstet, so steuert die Empfangseinheit (DAB.5) auch die UKW-Anlage. Die Durchsagen der Polizei werden gleichzeitig auf den DAB+- und UKW-Frequenzen aktiviert.

5.2.4 Aufbereitung von Durchsagen der Polizei (DAB.6-DAB.8)

Passive und aktive Komponenten (DAB.6) gewährleisten die Niederfrequenzübermittlung der Polizeidurchsagen an die verschiedenen DAB+-Multiplexer (DAB.7). Jeder DAB+-Multiplexer bereitet ein DAB+-Ensemble auf. Durch ein HF-Koppelfeld (DAB.8) wird ein Signal für alle DAB+-Ensembles erzeugt, welche die Polizeidurchsage enthalten.

Funktionen der DAB+-Multiplexer (DAB.7):

- Analyse der Konfiguration des DAB+-Ensemble (verfügbare Dienste, zur Dekodierung jedes Diensts benötigte Informationen);
- Digitalisierung der Polizeidurchsagen (erzeugt von DAB.5);
- Kodierung der Polizeidurchsagen für alle Audio-Dienste des DAB+-Ensemble;
- Reproduktion des DAB+-Ensemble mit den Polizeidurchsagen auf allen Audio-Diensten.

⁷ SRG SSR verbreitet ein Ensemble in der ganzen Schweiz. SwissMediaCast, DIGRIS und Romandie Médias verbreiten ein oder zwei zusätzliche Ensembles in gewissen Regionen.

Die DAB+-Multiplexer erfüllen die folgenden Anforderungen:

- Das produzierte HF-Signal wird mit dem HF-Signal des auf offener Strecke empfangenen (von DAB.3 verstärkten) DAB+-Ensemble synchronisiert. Die Synchronisierung wird auf der Ebene der DAB+-Rahmen gewährleistet. Die Zeitverschiebung gegenüber dem Originalsignal muss geringer als 60 µs sein;
- Der Inhalt aller Audio-Dienste wird durch die Polizeidurchsagen ersetzt. Jeder Multiplexer unterstützt bis zu 18 Audio-Dienste sowie alle vom DAB+-Standard vorgesehenen Kodierungsmodi;
- Das Vorliegen einer Polizeidurchsage wird im DAB+-Ensemble gemäss den ETSI-Standards⁸ [7] angezeigt, um so die automatische Umschaltung der Autoradios während der Einsprechung zu aktivieren;
- Die fakultativen Datendienste müssen nicht rekonstruiert werden (keine fakultativen Datendienste während der Einsprechung);
- Das DAB+-Ensemble wird auf derselben Frequenz wie auf offener Strecke ausgestrahlt, wobei eine maximale Toleranz von +/- 5 Hz zulässig ist;
- Die (vom Funkkonzessionär ausgeführten) Rekonfigurationen des DAB+-Ensemble werden ohne Eingriff des Unterhaltssdienstes automatisch erkannt.

Diese Kriterien sollen sicherstellen, dass die Autoradios innerhalb von weniger als 10 Sekunden auf Polizeidurchsagen umschalten.

5.2.5 Aktivierung der Durchsagen der Polizei (DAB.9)

Für jede Röhre eines jeden Tunnels, der von einer DAB+-Anlage versorgt wird, wählt ein HF-Schalter (DAB.9) zwischen den auf offener Strecke empfangenen DAB+-Ensembles und den Polizeidurchsagen. Die HF-Schalter werden durch potenzialfreie Kontakte der Empfangseinheit (DAB.5) angesteuert.

In Ausnahmefällen wird die Umschaltung zwischen Radioprogrammen und Polizeidurchsagen von den Tunnelstationen durchgeführt. In diesem Fall müssen die (von DAB.5 erzeugten) Informationen über die Aktivierung der Polizeidurchsagen auch an die Tunnelstationen übermittelt werden. Diese Lösung muss technisch begründet sein (z. B. nicht genügend Lichtwellenleiter-Verbindungen zwischen der Kopfstation und den Tunnelstationen).

5.2.6 Übertragung der Signale an die Tunnelstationen (DAB.10)

Die HF-Signale werden durch elektro-optische Wandler (DAB.10) an die Tunnelstationen übertragen. Werden andere HF-Signale (z. B. UKW oder Polycom) zwischen denselben Stellen übertragen, so können die Signale kombiniert und über dieselbe elektro-optische Verbindung übertragen werden (Wiederverwendung der Wandler und Lichtwellenleiter).

Befindet sich eine Tunnelstation in derselben Zentrale Tunnel wie die Kopfstation, erfolgt die Übertragung mittels Koaxialkabel.

5.3 Tunnelstation (DAB.11-DAB.12)

Die Tunnelstationen DAB.11-DAB.12) haben folgende Funktionen:

- Empfang der DAB+-Signale von der Kopfstation;
- Verstärkung der Signale für die Ausstrahlung im Tunnel

Die Zahl der Tunnelstationen hängt von der Länge des Tunnels und der Zahl der installierten Strahlkabel-Segmente ab. Die Struktur der Tunnelstationen ist in Abbildung 5.1 dargestellt (für Tunnel mit zwei Röhren).

⁸ «Announcement support» und «Announcement switching» nach ETSI EN 300401 [7]

5.3.1 Empfang der HF-Signale (DAB.11)

Elektro-optische Wandler (DAB.11) stellen den Empfang der DAB+-Signale von der Kopfstation sicher.

Befindet sich eine Tunnelstation in derselben Tunnelzentrale wie die Kopfstation, kann die Übertragung mittels Koaxialkabel erfolgen.

5.3.2 Verstärkung der Signale (DAB.12)

In jeder Tunnelstation versorgt ein DAB+-Verstärker (DAB.12) ein oder mehrere Strahlkabelsegmente.

Die Verstärker (DAB.12) sind für die Übertragung von 4 DAB+-Ensembles ausgelegt. Die effektive Zahl der DAB+-Ensembles im Tunnel hängt einzig von den von der Kopfstation empfangenen Signalen ab. Es muss möglich sein, ein DAB+-Ensemble im Tunnel ohne Eingriff an den Tunnelstationen hinzuzufügen.

Es darf kein Signal auf offener Strecke ausgesendet werden. Im Innern des Tunnels wird nur der Fahrraum abgedeckt.

Die Zeitverschiebung zwischen dem Signal, das von der Antenne DAB.1 am Portal (vgl. Kap. 5.2.1) empfangen wird, und dem von der DAB+-Anlage ausgesendeten Signal muss geringer als 60 µs sein. Dieser Wert muss von allen im Tunnel übertragenen DAB+-Ensembles eingehalten werden. Eine Überschreitung dieses Werts ist in Ausnahmefällen zulässig, wenn sie von den zuständigen DAB+-Funkkonzessionären genehmigt wird.

Alle in einem Tunnel abgestrahlten DAB+-Ensembles müssen mit derselben Leistung ausgesendet werden.

Die Signale an den Ausgängen der Verstärker (DAB.12) müssen die in Abbildung 5.4 definierten Anforderungen erfüllen.

Abbildung 5.4: Qualität der von DAB.12 erzeugten Signale

Carrier-to-Noise (DAB+-Band)	≥ 12 dB
-------------------------------------	---------

Die Mindeststärke der DAB+-Signale im Fahrraum ist in Abbildung 5.5 festgehalten. Gemessen wird sie mit einer auf dem Dach des Fahrzeugs montierten Viertelwellenantenne. Für die Ausstrahlung der DAB+-Radioprogramme und der Polizeidurchsagen muss dieser Mindestwert eingehalten werden.

Abbildung 5.5: Mindestfeldstärke

	Feldstärke	Ortswahrscheinlichkeit	Abstand zw. Messungen
DAB+-Signale	36 dBµV	50 %	≤ 1m

Die von den DAB+-Verstärkern erzeugten Intermodulationsprodukte (DAB.12) dürfen im Tunnelraum den Wert von -36 dBm plus den Wert der Koppeldämpfung des Strahlkabels nicht überschreiten.

5.4 Dokumentation

Siehe Kapitel 9.1.

6 UKW

6.1 Struktur der UKW-Anlage

Die Struktur der UKW-Anlage ist in Abbildung 6.1 dargestellt (für Tunnel mit zwei Röhren). Die Komponenten der UKW-Anlage sind von UKW.1 bis UKW.14 durchnummeriert. Die Anlage setzt sich aus folgenden Teilsystemen zusammen:

- einer Kopfstation (UKW.1-UKW.10), welche die Radioprogramme und Polizeidurchsagen empfängt und bearbeitet (vgl. Kap. 6.2);
- einer oder mehreren Tunnelstation/en (UKW.11-UKW.12). Diese verstärken die UKW-Signale für die Weiterverbreitung im Tunnel (vgl. Kap. 6.3);
- einem Einsprechsystem in der Einsatzzentrale (UKW.13-UKW.14), welches die Durchsagen der Polizei zu den Tunneln weiterleitet (vgl. Kap. 7).

Eine UKW-Anlage kann einen oder mehrere Tunnel in einem oder mehreren Nationalstrassenabschnitt/en versorgen.

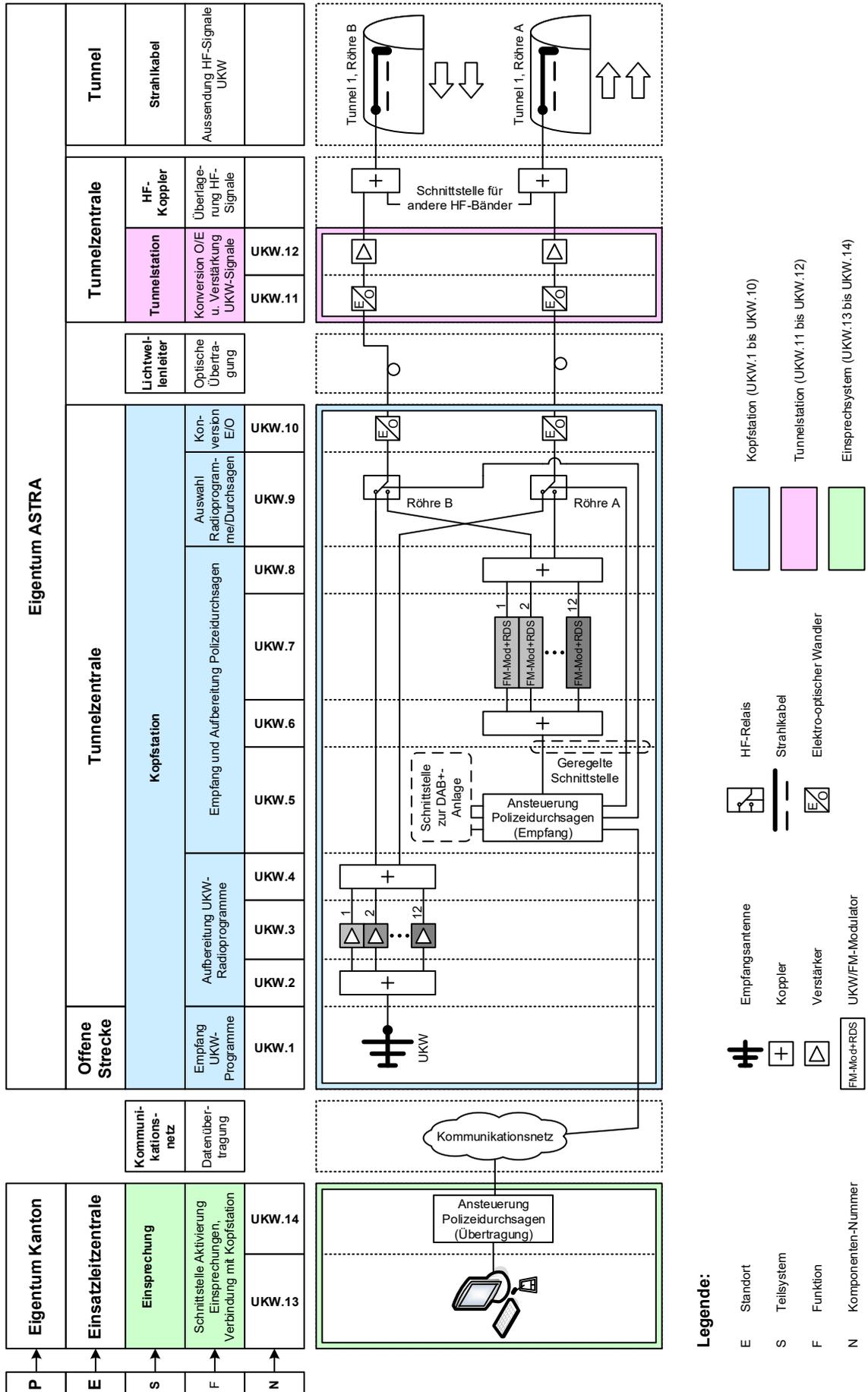


Abbildung 6.1: Struktur der UKW-Anlage (für einen Tunnel mit zwei Röhren)

6.2 Kopfstation (UKW.1-UKW.10)

Funktionen der Kopfstation (UKW.1-UKW.10):

- Empfang von Radioprogrammen via Antenne (oder andere Mittel);
- Empfang von Durchsagen der Polizei;
- Aufbereitung der Radioprogramme und Durchsagen der Polizei;
- Aktivierung der Durchsagen der Polizei;
- Übertragung der UKW-Signale an die Tunnelstationen.

Jede DAB+-Anlage verfügt über eine einzige Kopfstation.

6.2.1 Empfang der Radioprogramme (UKW.1)

Die auf offener Strecke verfügbaren Radioprogramme werden über eine Antenne⁹ (UKW.1) empfangen. Die Antenne muss für den Frequenzbereich von 87,5 MHz bis 108 MHz dimensioniert sein. Sie wird über ein Koaxialkabel mit der Tunnelzentrale verbunden. Ihr Standort wird nach folgenden Kriterien gewählt:

- Anordnung der Antennen auf einem Funkmast¹⁰ (Träger von zum Beispiel UKW-, DAB+-, Polycom-, Mobilfunkantennen...);
- Empfangsqualität;
- Nähe der Tunnelzentrale mit den Ausrüstungen der Kopfstation.

Der Einsatz mehrerer Antennen (auf demselben Mast oder auf verschiedenen Masten) für dieselbe UKW-Anlage muss technisch begründet sein. Beispiel: Unterschiedliche Polarisation von Radioprogrammen auf offener Strecke.

6.2.2 Aufbereitung der Radioprogramme (UKW.2-UKW.4)

Passive und aktive Komponenten (UKW.2) gewährleisten die Verteilung der Signale auf die verschiedenen Verstärker (UKW.3).

Jedes Radioprogramm besitzt einen spezifischen Verstärker (UKW.3). Jeder Verstärker produziert ein HF-Signal pro Radioprogramm. Dieses Signal wird durch FM-Demodulation und FM-Remodulation erzeugt.

Von einem HF-Koppelfeld (UKW.4) wird ein Signal mit allen Radioprogrammen erzeugt.

Die Aufbereitung der Radioprogramme ermöglicht:

- ein Radioprogramm im Tunnel auf einer anderen Frequenz als auf offener Strecke zu senden;
- die auf offener Strecke verfügbaren RDS-Signale im Tunnel zu reproduzieren;
- 12 Radioprogramme zu unterstützen¹¹.

Radioprogramme, die nicht in mindestens einer Annäherungsstrecke des Tunnels empfangen werden können, werden im Tunnel nicht verbreitet.

Die Eingangssignale der Verstärker (UKW.3) erfüllen die in Abbildung 6.2 definierten Anforderungen.

⁹ Andere Mittel für den Empfang von UKW-Signalen sind nur zulässig, wenn eine Antenne das Erreichen der in Abbildung 6.2 definierten Signalqualität nicht ermöglicht.

¹⁰ Träger von UKW-, DAB+- und POLYCOM-Antennen.

¹¹ Vier Programme werden prioritär den nationalen Radioprogrammen zugeteilt. Anschliessend werden die Programme in der Reihenfolge zugewiesen, in der die Programmanbieter ihr Interesse anmelden. Das ASTRA schlägt vor, die nationalen Programme wie in Anhang III angegeben zu übertragen.

Abbildung 6.2: Qualität der Eingangssignale der Verstärker UKW.3

Leistung pro Trägerfrequenz	≥ - 50 dBm
Carrier-to-Noise ¹² (UKW-Frequenzband)	≥ 45 dB
Reflexionsfaktor	≤ 1 % / kHz

6.2.3 Empfang von Durchsagen der Polizei (UKW.5)

Die Empfangseinheit (UKW.5) empfängt von der Einsatzleitzentrale die Durchsagen der Polizei und die Aktivierungsbefehle. Die folgenden Informationen werden über das Kommunikationsnetz der Nationalstrassen empfangen:

- Sprachsignale einer vorkonfektionierten oder «direkten» (d. h. via Mikrofon übertragenen) Durchsage;
- Angabe des Tunnels und der Tunnelröhre, in dem/der die Durchsage auszustrahlen ist.

Auf der Grundlage dieser Informationen erzeugt die Empfangseinheit (UKW.5):

- ein analoges Niederfrequenzsignal (die Durchsage der Polizei);
- einen potenzialfreien Kontakt für jede Röhre eines jeden Tunnels, der von einer UKW-Anlage versorgt wird (Aktivierungsbefehle).

Die technischen Spezifikationen der von der Empfangseinheit (UKW.5) erzeugten Signale werden in *Abbildung 6.1* beschrieben. Die Normierung dieser Schnittstelle ermöglicht den Kauf von UKW.5 und der restlichen UKW-Anlage bei unterschiedlichen Lieferanten (vgl. Kap. 7.4).

Ist der Tunnel mit DAB+ (Digitalradio-Qualität) ausgerüstet, so muss die Empfangseinheit (UKW.5) mit der DAB+-Anlage abgestimmt werden. Die Durchsagen der Polizei werden gleichzeitig auf den UKW- und DAB+-Frequenzen aktiviert.

6.2.4 Aufbereitung der Durchsagen der Polizei (UKW.6-UKW.8)

Passive und aktive Komponenten (UKW.6) gewährleisten die Niederfrequenzübermittlung der Polizeidurchsagen an die verschiedenen FM-Modulatoren (UKW.7).

Für jedes Radioprogramm moduliert ein FM-Modulator (UKW.7) die Durchsagen der Polizei auf der Programmfrequenz. Jeder FM-Modulator generiert zudem ein RDS-Signal, das die Polizeidurchsagen überlagert. Das RDS-Signal zeigt an, dass eine Durchsage der Polizei vorliegt, und löst die automatische Umschaltung der Autoradios während der Einsprechung aus.

Durch ein HF-Koppelfeld (UKW.8) wird ein Signal mit derselben Polizeidurchsage auf den Frequenzen aller Radioprogramme erzeugt.

6.2.5 Aktivierung der Durchsagen der Polizei (UKW.9)

Für jede Röhre eines jeden Tunnels, der von einer UKW-Anlage versorgt wird, wählt ein HF-Schalter (UKW.9) zwischen den Radioprogrammen und den Polizeidurchsagen. Die HF-Schalter werden durch potenzialfreie Kontakte der Empfangseinheit (UKW.5) angesteuert.

In Ausnahmefällen kann die Umschaltung zwischen Radioprogrammen und Polizeidurchsagen von den Tunnelstationen durchgeführt werden. In diesem Fall müssen die (von UKW.5 erzeugten) Informationen über die Aktivierung der Polizeidurchsagen auch an die Tunnelstationen übermittelt werden. Diese Lösung muss technisch begründet sein (z. B. nicht genügend Lichtwellenleiter-Verbindungen zwischen der Kopfstation und den Tunnelstationen).

¹² Carrier-to-noise wird mit einem Spektrumsanalysator gemessen. Dabei geht es um das Verhältnis zwischen dem Maximalwert des Nutzsignals und dem ausserhalb des Nutzsignals gemessenen Rauschen. Das Rauschen des Messgeräts bei abgeschlossenem Eingang muss um mindestens 55 dB unter dem Nutzsignal liegen.

6.2.6 Übertragung der Signale an die Tunnelstationen (UKW.10)

Die HF-Signale werden durch elektro-optische Wandler (UKW.10) an die Tunnelstationen übertragen. Werden andere HF-Signale (z. B. DAB+ oder Polycom) zwischen denselben Orten übertragen, so können die Signale kombiniert und über dieselbe elektro-optische Verbindung übertragen werden (Wiederverwendung der Wandler und Lichtwellenleiter).

Befindet sich eine Tunnelstation in derselben Tunnelzentrale wie die Kopfstation, erfolgt die Übertragung mittels Koaxialkabel.

6.3 Tunnelstation (UKW.11-UKW.12)

Die Tunnelstationen (UKW.11-UKW.12) haben folgende Funktionen:

- Empfang der UKW-Signale von der Kopfstation;
- Verstärkung der Signale für die Ausstrahlung im Tunnel
- Die Zahl der Tunnelstationen hängt von der Länge des Tunnels und der Zahl der installierten Strahlkabel-Segmente ab.

6.3.1 Empfang der HF-Signale (UKW.11)

Elektro-optische Wandler (UKW.11) stellen den Empfang der UKW-Signale von der Kopfstation sicher.

Befindet sich eine Tunnelstation in derselben Tunnelzentrale wie die Kopfstation, erfolgt die Übertragung mittels Koaxialkabel.

6.3.2 Verstärkung der Signale (UKW.12)

In jeder Tunnelstation versorgt ein UKW-Verstärker (UKW.12) ein oder mehrere Strahlkabelsegmente.

Die Verstärker (UKW.12) sind für die Übertragung von 12 UKW-Programmen ausgelegt. Die effektive Zahl der Programme im Tunnel hängt einzig von den von der Kopfstation empfangenen Signalen ab. Es muss möglich sein, im Tunnel ein Programm hinzuzufügen, ohne dass ein Eingriff an den Tunnelstationen nötig wird.

Es darf kein Signal auf offener Strecke ausgesendet werden. Im Innern des Tunnels wird nur der Fahrraum abgedeckt.

Alle im Tunnel ausgestrahlten UKW-Programme werden mit derselben Leistung gesendet.

Die Signale an den Ausgängen der Verstärker (UKW.12) müssen die in Abbildung 6.3 definierten Anforderungen erfüllen.

Abbildung 6.3: Qualität der von UKW.12 erzeugten Signale

Maximaler Frequenzhub	$\leq \pm 75$ kHz
Stärke des Multiplex-Signals (MPX)	$\leq +3$ dBr
Carrier-to-Noise (UKW-Band)	≥ 45 dB
Schutzabstand	≥ 45 dB

Die Mindeststärke der UKW-Signale im Fahrraum ist in Abbildung 6.4 festgehalten. Gemessen wird sie mit einer auf dem Dach des Fahrzeugs montierten Viertelwellenantenne. Für die Ausstrahlung der UKW-Radioprogramme und der Polizeidurchsagen muss dieser Mindestwert eingehalten werden.

Abbildung 6.4: Mindestfeldstärke

	Feldstärke	Ortswahrscheinlichkeit	Abstand zw. Messungen
UKW-Signale	30 dB μ V	50 %	≤ 1 m

Die von den UKW-Verstärkern erzeugten Intermodulationsprodukte (UKW.12) dürfen im Tunnelraum den Wert von -36 dBm plus den Wert der Koppeldämpfung des Strahlkabels nicht überschreiten.

6.4 Dokumentation

Siehe Kapitel 9.1.

7 Einsprechung (DAB.13-DAB.14 = UKW.13-UKW.14)

Die folgenden Kapitel gelten sowohl für den Teil UKW als auch den Teil DAB+.

Funktionen der Einsprechung (DAB.13-DAB.14 = UKW.13-UKW.14):

- Schnittstelle zu den Operateuren der Polizei zwecks Ansteuerung der Einsprechung;
- Übermittlung der Polizeidurchsagen an die Kopfstationen.

Für alle Tunnel in einer von einer Einsatzzentrale angesteuerten Zone wird ein einziges Einsprechsystem verwendet.

7.1 Einsprechung in mehreren Tunneln

Die Einsprechung in mehreren Tunneln erfolgt nach dem in Abbildung 7.1 dargestellten Schema.

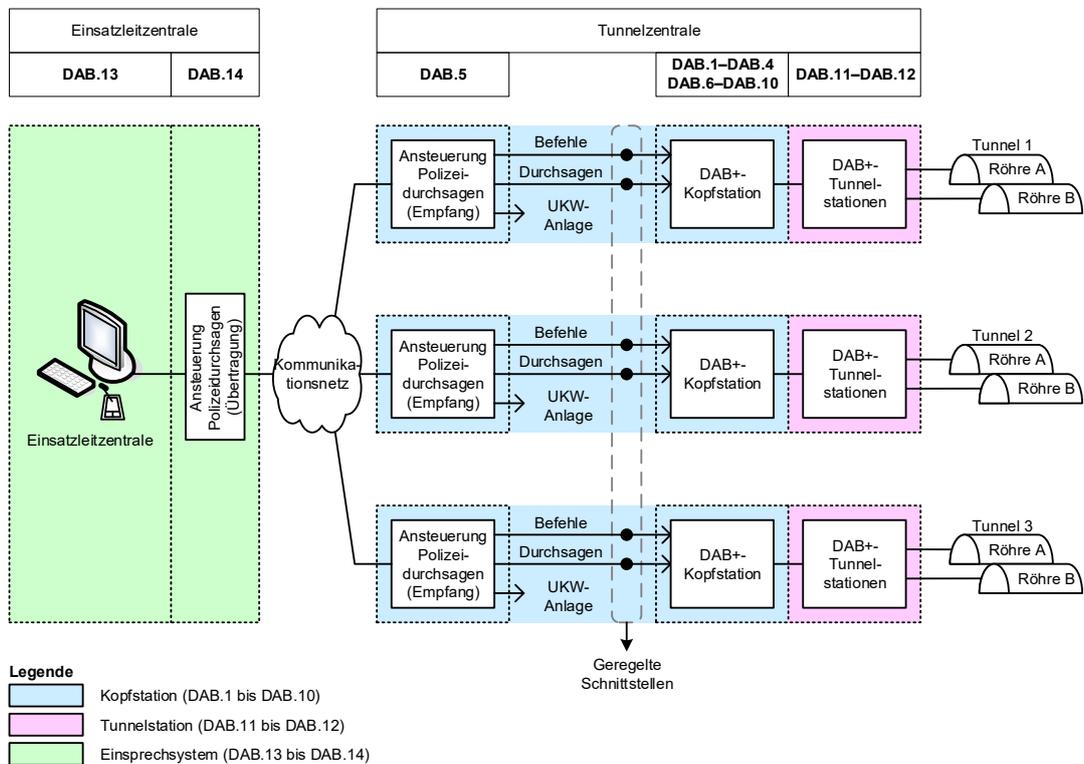


Abbildung 7.1: Einsprechung in mehreren Tunneln

Das System besteht aus DAB.13, DAB.14 (befinden sich in der Einsatzleitzentrale) sowie DAB.5 (Teil der Kopfstationen, siehe Kap. 5.2.3).

7.2 Schnittstelle zu den Operateuren ELZ (DAB.13)

Mit Hardware- und Softwarekomponenten (DAB.13) wird die Schnittstelle zu den Operateuren ELZ zwecks Ansteuerung der Einsprechung sichergestellt. Den Operateuren stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Wahl eines oder mehrerer Tunnel, in dem/denen eine Durchsage ausgestrahlt wird;
- Wahl einer oder mehrerer Röhre/n, in dem/denen eine Durchsage ausgestrahlt wird;
- Abhören einer vorkonfektionierten Durchsage;
- Wahl der Anzahl Wiederholungen von vorkonfektionierten Durchsagen;
- Ausstrahlung einer vorkonfektionierten Durchsage;
- Ausstrahlung einer «direkten» Durchsage (via Mikrofon);
- Abschluss der laufenden Durchsagen.

Die Operateure ELZ haben auch die Möglichkeit, Einsprechungen in jeder Röhre einzeln oder in mehreren Röhren gleichzeitig durchzuführen. Beide Varianten müssen unterstützt werden. Die in den übrigen Röhren ausgestrahlten Radioprogramme werden von den Einsprechungen nicht unterbrochen (wenn die Röhren separat angesteuert werden).

Die Einsprechungen werden automatisch in allen Rundfunksystemen (DAB+ oder UKW) aktiviert. Die Ausstrahlung der Durchsagen geschieht gleichzeitig in allen Programmen aller Rundfunksysteme, die in den ausgewählten Tunnelröhren unterstützt werden. Die Gleichzeitigkeit der Ausstrahlung ist ohne Zutun des Operateurs ELZ gewährleistet.

Es werden keine Massnahmen getroffen, um die Ausstrahlung der Durchsagen im Tunnel zu überwachen. Die Operateure ELZ werden lediglich durch ein Feedback darüber informiert, dass die Durchsage der Polizei in der Kopfstation aktiviert wurde (siehe Kap. 5.2.5, DAB.9).

Die Funktionsfähigkeit der Einsprechung muss mindestens einmal jährlich von den Betreibern (Gebietseinheit) überprüft werden. Die Funkkonzessionäre sind von dieser Überprüfung nicht betroffen.

7.3 Übertragung der Durchsagen der Polizei (DAB.14)

Eine Übertragungseinheit (DAB.14) überträgt die Polizeidurchsagen und Aktivierungsbefehle an die DAB+-Kopfstationen. Die Kommunikation (Übertragung von Sprache und Daten) zwischen der Einsatzleitzentrale und den Tunneln verläuft über das Kommunikationsnetz der Nationalstrassen.

Fehlt das Nationalstrassen-Kommunikationsnetz für die Verbindung zwischen der Einsatzleitzentrale und der Kopfstation, so kommen alternative Mittel für die Übertragung der nötigen Informationen zum Einsatz. Beispiele: spezifische Lichtwellenleiter oder Telefonleitung usw. Solche alternativen Übertragungsmittel sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

Die vorkonfektionierten Durchsagen der Polizei werden in der Einsatzleitzentrale zentral gespeichert. Das Einsprechsystem ermöglicht die Ausstrahlung der gleichen Durchsagen in allen mit dem System verbundenen Tunneln. Die Beispiele der standardisierten Durchsagen sind in Anhang I aufgelistet.

7.4 Liefergrenzen des Einsprechsystems

Das Einsprechsystem (DAB.13, DAB.14) und der Empfang der Durchsagen durch die Kopfstationen (DAB.5) werden von einem einzigen Lieferanten für alle Tunnel realisiert, die mit einer Einsatzleitzentrale verbunden sind (Lieferant A in Abbildung 7.2).

Die geregelte Schnittstelle von DAB.5 (siehe Abbildung 7.2 und Kapitel 5.2.3) ermöglicht für jeden mit dem Einsprechsystem verbundenen Tunnel die Beschaffung von DAB+-Anlagen bei verschiedenen Anbietern (Lieferanten B, C, D in Abbildung 7.2).

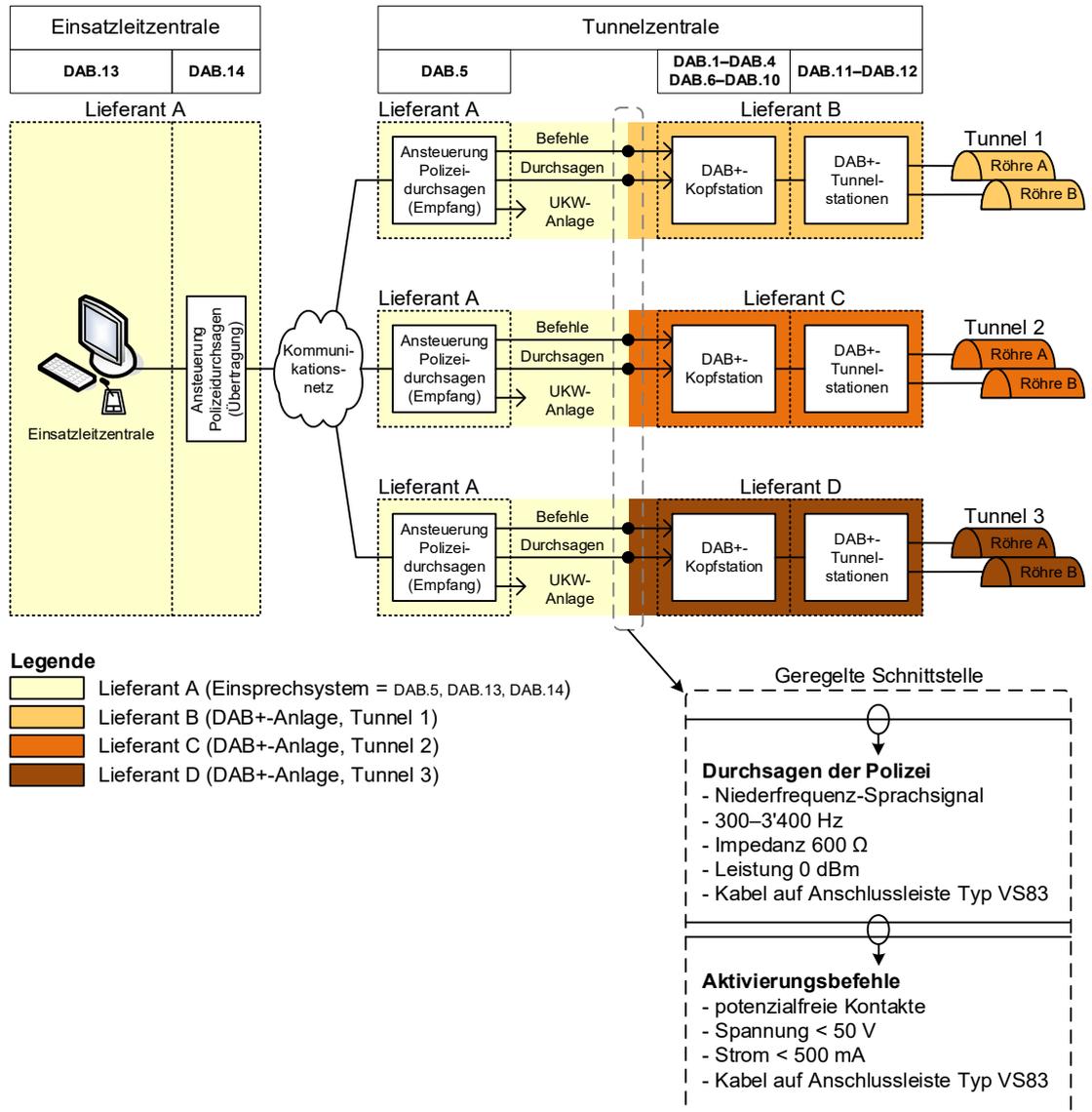


Abbildung 7.2: Liefergrenzen des Einsprechsystems

7.5 Dokumentation

Siehe Kapitel 9.1.

8 Mobiltelefonie

8.1 Mobiltelefonanlage

Die Mobiltelefonanlage umfasst:

- die Anlagen, welche die Mobiltelefonanbieter betreiben, um im Fahrraum die Versorgung der Tunnelbenutzerinnen und -benutzer zu gewährleisten (siehe *Abbildung 8.1*);
- die Mobiltelefonanlagen, die für den Bedarf des ASTRA installiert werden und die der Abdeckung der Tunnelzentralen, der Werkleitungskanäle und des Sicherheitsstollens dienen (siehe *Abbildung 8.2*).

Beispiel eines Schemas der Mobiltelefonversorgung für Betreiber und ASTRA.

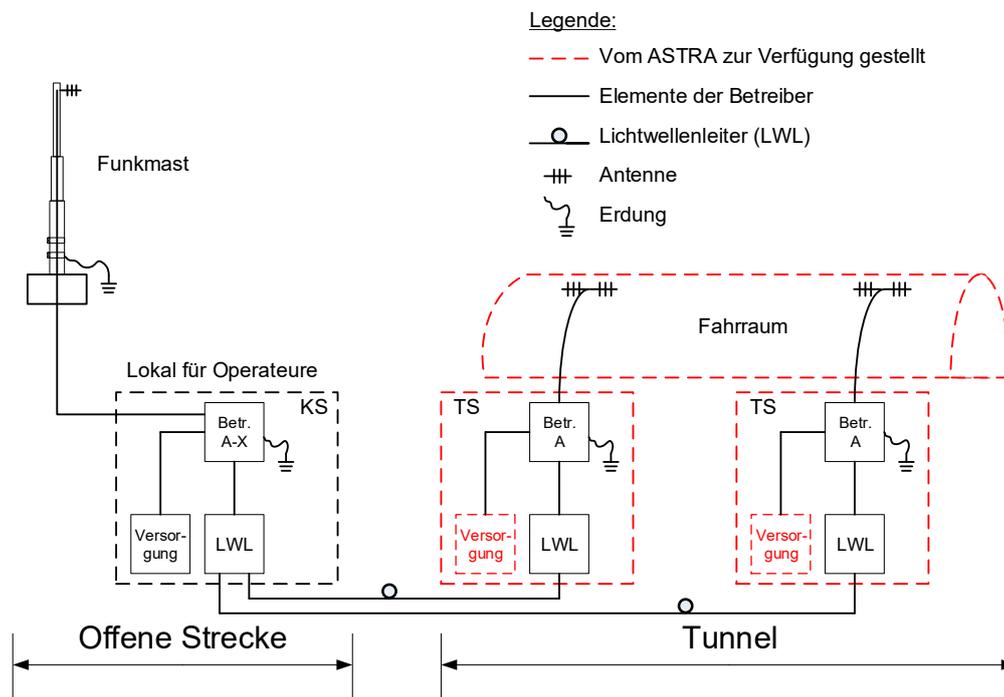


Abbildung 8.1: Prinzipschema Mobiltelefonie für Mobiltelefonbetreiber, siehe Kap. 8.6

Beispiel eines Schemas der Mobiltelefonieabdeckung für das ASTRA.

Legende:

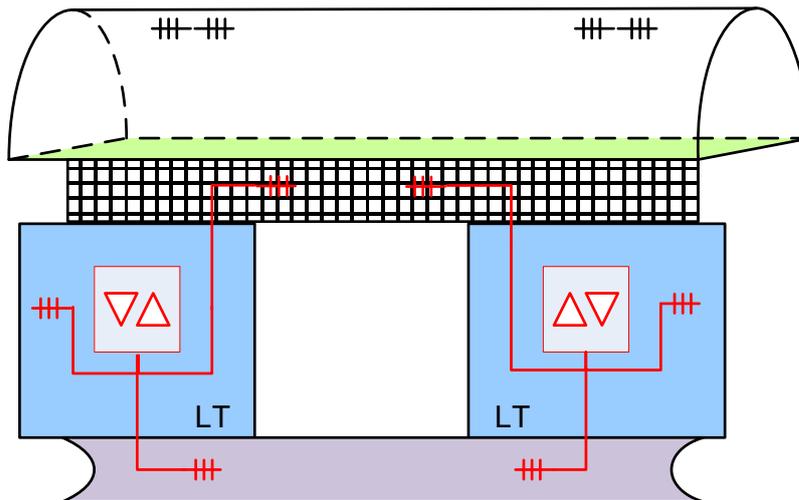


Abbildung 8.2: Prinzipschema Mobiltelefonieabdeckung für das ASTRA.

8.2 Gruppierung der Anlagen

Die Mobiltelefoniebetreiber sind aufgerufen, ihre Anlagen zu gruppieren und wo immer möglich eine allen Betreibern gemeinsame Infrastruktur zu installieren. Im Fahrraum dürfen keine nach Betreiber getrennten Antennen mehr installiert werden.

Pro Tunnel oder Gruppe von Tunneln wird ein Betreiber zum «verantwortlichen Betreiber» ernannt. Dieser fungiert als alleiniger Ansprechpartner zwischen der ASTRA-Filiale und den Betreibern. Er ist dafür zuständig, die gesamte spezifische technische Dokumentation der betreffenden Anlage zusammenzustellen und zur Verfügung zu stellen.

8.3 Montage der aktiven Komponenten

Wie im vorhergehenden Unterkapitel angeführt, dürfen die Betreiber im Fahrraum nicht länger getrennte Antennen installieren. Der erste Betreiber, der vor Ort tätig wird, installiert die Tunnelinfrastruktur für alle anderen Betreiber.

Wenn die Platzverhältnisse es zulassen, werden die aktiven Komponenten der Betreiber in einem Raum installiert, der den Betreibern vorbehalten ist. Die aktiven Komponenten, die das ASTRA benötigt, werden in einem anderen Raum untergebracht.

8.4 Antennenmasten und Antennen

Die spezifisch zu den Antennenanlagen der Mobiltelefoniebetreiber gehörenden Antennenmasten fallen in die Zuständigkeit der Betreiber. In gewissen Fällen kann der Betreiber seine Antennen auf den Funkmasten des ASTRA installieren. Das ASTRA behält sich das Recht vor, seine Antennen auf den Masten der Betreiber zu installieren. Dies muss in einem Vertrag geregelt werden.

8.5 Werkstoffe

Alle bei der Installation verwendeten Materialien müssen die Normen des ASTRA erfüllen (Antennenträger im Fahrraum sind aus nichtrostendem Stahl 1.4401 oder 1.4404).

8.6 Versorgung der aktiven Komponenten

8.6.1 Auf offener Strecke

Alle auf offener Strecke befindlichen aktiven Anlagen der Betreiber werden grundsätzlich direkt von den Elektrizitätsanbietern versorgt und besitzen eigene Zähler. In Ausnahmefällen (bei unangemessen hohen Kosten) können installierte aktive Komponenten von der Stromversorgung des ASTRA versorgt werden, wenn ein derartiges Netz besteht. In diesem Fall wird den Betreibern nur die normale Stromversorgung (NS) geboten.

8.6.2 Tunnel

Alle aktiven Komponenten der Betreiber, die sich an den Tunnelportalen befinden, werden durch die Stromversorgung des ASTRA versorgt (NS). Den Betreibern wird nur die normale Stromversorgung (NS) geboten.

8.7 Zutritt zu den Ausrüstungen

Der Zutritt zu den Anlagen vor Ort ist nur mit Zustimmung und in Begleitung der GE erlaubt. In Ausnahmefällen kann die GE einen unbegleiteten Zutritt zu den Anlagen bewilligen, sie behält aber die Verantwortung.

8.8 Dokumentation der Mobiltelefonanlagen

Die Mobiltelefonbetreiber haben für ihre Anlagen an jedem Standort eine Dokumentation zur Verfügung zu stellen.

Diese umfasst mindestens:

- ein Prinzipschema für die gesamte Anlage;
- das Schema der Stromversorgung;
- ein Schema der Antennenkabel (mit Angabe von Art, Länge und Eigentümer des Kabels);
- ein Schema der LWL-Kabel (mit Angabe von Art, Länge und Eigentümer des LWL-Kabels);
- einen Plan der Antennenstandorte (mit Bezeichnung des Antennentyps, der Standorte und der Koordinaten);
- einen Plan der Ausrüstungsstandorte (mit Ansicht der Schränke, Kabinen usw.);
- Kontaktinformationen der Ansprechpersonen (für administrative und technische Belange) beim Betreiber;
- Kontaktinformationen für die Unterhaltsdienste des Betreibers;
- eine Beschreibung des Zugangs zu den Ausrüstungen.

Die Betreiber haben jegliche Nutzung der Infrastrukturen des ASTRA zu melden.

9 Betrieb der Funkanlage

9.1 Dokumentation

Die Dokumentation ist gemäss dem Fachhandbuch BSA (23 001-50001) zu verfassen. Sie umfasst im Minimum:

- ein Prinzipschema der gesamten Anlage;
- ein Schema der Stromversorgung;
- ein Schema der Antennenkabel (mit Angabe von Art, Länge und Eigentümer des Kabels);
- ein Schema der LWL-Kabel (mit Angabe von Art, Länge und Eigentümer des LWL-Kabels);
- einen Aufstellungsplan der Antennen (mit Bezeichnung des Antennentyps, der Standorte und der Koordinaten);
- einen Aufstellungsplan der Ausrüstungen (mit Ansicht der Schränke, Kabinen usw.);
- die Kontaktinformationen zum Lieferanten und/oder zum für Unterhaltsarbeiten zuständigen Unternehmen.

9.2 Schulungen

Nach Inbetriebnahme der neuen Funkanlagen oder nach Änderungen an diesen muss die GE ein Mindestmass an Schulungen / Instruktionen erhalten.

Diese decken die folgenden Bereiche ab:

- Gesamtübersicht über die Anlage;
- Standorte der Antennen und der Strahlkabel;
- Standorte der Schränke;
- Prinzip der Stromversorgung der Anlagen;
- Grundsatz der Einsprechung von Durchsagen;
- Übersicht über Warnmeldungen;
- Liefergrenzen (ASTRA / Mobiltelefoniebetreiber).

9.3 Betrieb und Unterhalt

Dies gilt nur für die Ausrüstungen des ASTRA. Nachfolgend ein Vorschlag zur Aufteilung der Aufgaben.

9.3.1 Vorbeugende Instandhaltung

Gemäss Unternehmensdokumentation (DAW / PAW).

9.3.2 Korrektive Instandhaltung

Intervention Niveau 1: GE

Intervention Niveau 2: Lieferant oder mit der Instandhaltung beauftragtes Unternehmen.

Definition der Niveaus

Die Niveaus sind wie folgt definiert:

Niveau 1:

- Arbeiten: einfache Einstellungen, keine Demontage oder Öffnung von Ausrüstungen, Störungsbehebung durch Austausch, einfache betriebliche Arbeiten.
- Ort: vor Ort.
- Personal: GE.
- Beispiel: Zurückstellung eines Geräts nach Notstopp, Kontrolle von Sicherungen, Wiedereinschalten von Schutzschaltern.

Niveau 2:

- Arbeiten: Pannenerkennung und -diagnose, Reparatur gemäss Standardaustausch, kleinere mechanische Reparaturarbeiten, vorbeugende Instandhaltung (z. B. Regulierung oder Adjustierung von Messgeräten), grössere korrektive oder präventive Unterhaltsarbeiten ohne Sanierung oder Wiederaufbau, Regulierung der Messgeräte, Kontrolle der Kalibrierwerte.
- Ort: vor Ort oder in Unterhaltswerkstatt.
- Personal: spezialisierte Fachleute mit Mess- und Prüfgeräten.
- Beispiel: Ermittlung des fehlerhaften Elements, Aufzeigen und Behebung der Fehlerursache, Ersatz, Intervention bei Ausrüstungen, für deren Wiederinbetriebnahme sachkundige Personen vorgeschrieben sind.

Anhänge

I	Standardisierte Durchsagen der Polizei	49
II	Sprachregionen und DAB+-Ensembles	52
III	Sprachregionen und UKW-Radioprogramme	52

I Standardisierte Durchsagen der Polizei

Die vorkonfektionierten Polizeidurchsagen werden von der Polizei definiert. Beispiele solcher Durchsagen finden sich in Abbildung I.1.

Abb. I.1: Beispiele für Durchsagen der Polizei

Ereignis	Durchsage
Wetterverhältnisse	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Ausserhalb des Tunnels herrschen schlechte Wetterbedingungen, reduzieren Sie die Geschwindigkeit beim Verlassen des Tunnels. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : À l'extérieur du tunnel, les conditions météorologiques sont mauvaises, veuillez adapter votre vitesse lorsque vous quittez le tunnel. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Le condizioni atmosferiche fuori della galleria sono critiche. Siete pregati di adeguare la velocità in uscita dalla galleria. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : Weather conditions outside the tunnel are bad. Please slow down when driving out of the tunnel. End of the announcement.</p>
Panne	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Im Tunnel befindet sich ein Pannenfahrzeug. Bitte beachten Sie die Signalisierung und fahren Sie vorsichtig. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un véhicule est en panne dans le tunnel, veuillez respecter la signalisation lumineuse et conduire prudemment. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Un veicolo è in panne nella galleria, siete pregati di rispettare la segnaletica e di procedere con prudenza. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : A car broke down in the tunnel. Please observe the warning signs and drive carefully. End of the announcement.</p>
Vorfall	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Im Tunnel hat sich ein Unfall ereignet. Bitte beachten Sie die Signalisierung und fahren Sie vorsichtig. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un accident s'est produit dans le tunnel, veuillez respecter la signalisation et conduire prudemment. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Un incidente si è verificato nella galleria, siete pregati di rispettare la segnaletica e di procedere con prudenza. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : An accident has occurred in the tunnel. Please observe the warning signs and drive carefully. End of the announcement.</p>
Unfall	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Im Tunnel hat sich ein Unfall ereignet. Der Verkehr ist momentan blockiert. Es besteht keine Gefahr. Lassen Sie in der Fahrbahnmitte eine Zufahrtsschneise für den Rettungsdienst frei. Schalten Sie den Motor ab und bleiben Sie in Ihrem Fahrzeug. Die Polizei wird Sie demnächst via Radio oder vor Ort weiter informieren. Wir danken Ihnen für die Zusammenarbeit. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un accident s'est produit dans le tunnel. Le trafic est momentanément bloqué. Il n'y pas de danger. Laissez un couloir central libre pour l'accès des secours, veuillez couper le moteur et rester dans votre véhicule. La police vous donnera d'autres informations ultérieurement par radio ou sur place. En vous remerciant pour votre collaboration. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Un incidente si è verificato nella galleria. Il traffico è momentaneamente bloccato. Non sussiste alcun pericolo. Siete pregati di lasciare libera la corsia centrale per l'accesso dei soccorsi, di spegnere il motore e di rimanere nel vostro veicolo. La polizia vi fornirà ulteriori informazioni su posto o per onde radio e vi ringrazia per la collaborazione. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : At the moment the tunnel is blocked due to an accident. There is no danger. Please leave a central lane open for emergency services, switch off the engine and remain in your vehicle. The police will inform you later of further developments, either over the radio or on the spot. Thank you for your assistance. End of the announcement.</p>

Abb. I.1: Beispiele für Durchsagen der Polizei

Ereignis	Durchsage
Brandfall	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Im Tunnel ist ein Fahrzeug in Brand. Bitte halten Sie an, stellen Sie den Motor ab und lassen Sie die Zündschlüssel stecken. Verlassen Sie sofort Ihr Fahrzeug und begeben Sie sich zum nächsten Notausgang, der grün und mit Blinklicht signalisiert ist. Der Rettungsdienst ist unterwegs. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un véhicule est en feu dans le tunnel. Veuillez vous arrêter, couper le moteur et laisser la clé dans le contact. Quittez immédiatement le véhicule et gagnez l'issue de secours la plus proche signalée en vert et par des flashes. Les secours sont en route. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Un veicolo è in fiamme nella galleria. Siete pregati di spegnere il motore, lasciando la chiave nel contatto. Abbandonate immediatamente il vostro veicolo e dirigetevi a piedi verso l'uscita di sicurezza più vicina segnalata in verde e da luci lampeggianti. I soccorsi stanno arrivando. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : A vehicle is on fire in the tunnel. Please stop, switch off the engine and leave the ignition key in place. Leave your vehicle immediately and walk out of the tunnel using the nearest emergency exit, which is marked in green and by flashing lights. The emergency services are on their way. End of the announcement.</p>
Chemieunfall	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Im Tunnel hat sich ein Unfall mit gefährlichen Produkten ereignet. Bitte halten Sie an, stellen Sie den Motor ab und lassen Sie die Zündschlüssel stecken. Verlassen Sie sofort Ihr Fahrzeug und begeben Sie sich zum nächsten Notausgang, der grün und mit Blinklicht signalisiert ist. Der Rettungsdienst ist unterwegs. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un accident avec des produits dangereux s'est produit dans le tunnel. Veuillez vous arrêter, couper le moteur et laisser la clé dans le contact. Quittez immédiatement le véhicule et gagnez l'issue de secours la plus proche signalée en vert et par des flashes. Les secours sont en route. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : In galleria si segnala un incidente con prodotti chimici pericolosi. Siete pregati di fermarvi, di spegnere il motore e di lasciare la chiave nel contatto. Abbandonate immediatamente il veicolo e dirigetevi a piedi verso l'uscita di sicurezza più vicina segnalata in verde e da luci lampeggianti. I soccorsi stanno arrivando. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : There has been an accident involving hazardous loads in the tunnel. Please stop, switch off the engine and leave the ignition key in place. Leave your vehicle immediately and get out of the tunnel using the nearest emergency exit indicated by green signs and flashing lights. The emergency services are on their way. End of the announcement.</p>
Falschfahrer	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Es kommt Ihnen ein Falschfahrer entgegen. Bitte ganz rechts fahren und nicht überholen. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Un véhicule circule à contre-sens, veuillez-vous rabattre sur la voie de droite et ne dépasser en aucun cas, soyez très vigilant. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Un veicolo circola a controsenso, vogliate circolare sulla corsia di destra e non sorpassare, siate vigilanti. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : A vehicle is going the wrong way. Keep to the right side and do not overtake. End of the announcement.</p>
Normalisierung Verkehrslage	<p>Achtung, Durchsage der Polizei : Die Verkehrslage hat sich normalisiert. Bitte fahren Sie vorsichtig. Wir wünschen Ihnen eine gute Fahrt. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : La situation est revenue à la normale. Roulez prudemment et bonne route. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : la situazione si è normalizzata. Circolate con prudenza e buon viaggio. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : The situation has got back to normal. Drive carefully and have a good journey. End of the announcement.</p>

Abb. I.1: Beispiele für Durchsagen der Polizei

Ereignis	Durchsage
Durchsage Annullierung	<p>Achtung, Durchsage der Polizei: Die soeben ausgestrahlte Meldung gilt nicht mehr. Bitte fahren Sie vorsichtig. Wir wünschen Ihnen eine gute Fahrt. Ende der Durchsage.</p> <p>Attention, message de la police : Veuillez ne pas tenir compte du message précédent. Roulez prudemment et bonne route. Fin du message.</p> <p>Attenzione, comunicato della polizia : Vogliate non tenere conto del messaggio precedente. Circolate con prudenza e buon viaggio. Fine del comunicato.</p> <p>Your attention, please – this is a police announcement : Please ignore the previous message. Drive carefully and have a good journey. End of the announcement.</p>
Testdurchsage	<p>Guten Tag. Dies ist eine Testdurchsage. Bitte fahren Sie vorsichtig. Wir wünschen Ihnen eine gute Fahrt. Ende der Durchsage.</p> <p>Bonjour, ceci est un message de test. Roulez prudemment et bonne route. Fin du message.</p> <p>Buongiorno, questo è un messaggio test. Circolate con prudenza e buon viaggio. Fine del comunicato</p> <p>Hello. This is a test announcement. Drive carefully and have a good journey. End of the announcement.</p>

II Sprachregionen und DAB+-Ensembles

Das ASTRA schlägt eine Abdeckung der Tunnel mit den folgenden DAB+-Ensembles der SRG gemäss Tabelle II.1 vor.

Tabelle II.1: Versorgung der Tunnel mit den nationalen Radioprogrammen

DAB+-Ensemble	Deutschschweiz	Romandie	Ital. Schweiz	Graubünden
SRG-Ensemble der Deutschschweiz	X			
SRG-Ensemble der Romandie		X		
SRG-Ensemble der italienischsprachigen Schweiz			X	
SRG-Ensemble Graubünden				X

Das ASTRA zeigt sich offen für die Ausstrahlung zusätzlicher Ensembles, um so die Versorgung der Tunnel mit Privatradioprogrammen zu gewährleisten.

Die Funkkonzessionäre entscheiden – unabhängig vom Vorschlag in Tabelle II.1 – für jeden Tunnel, welche DAB+-Ensembles sie ausstrahlen wollen. Sie sind verpflichtet, ihre Entscheidung dem BAKOM zu melden. Dem ASTRA ist eine Kopie der Genehmigung des BAKOM zuzustellen.

III Sprachregionen und UKW-Radioprogramme

Das ASTRA schlägt eine Versorgung der Tunnel mit den folgenden nationalen UKW-Radioprogrammen gemäss Tabelle III.1 vor.

Tabelle III.1: Versorgung der Tunnel mit den nationalen UKW-Radioprogrammen

UKW-Programm	Deutschschweiz	Romandie	Ital. Schweiz	Graubünden
SRF: Radio SRF 1	X	X	X	X
SRF: Radio SRF 3	X			
RTS: La Première	X	X	X	X
RTS: Couleur 3		X		
RSI: Rete Uno	X	X	X	X
RSI: Rete Tre			X	
RTR: Radio Rumantsch				X

Das ASTRA zeigt sich offen für die Einführung von Privatradioprogrammen in den Tunneln.

Die Programmveranstalter entscheiden – unabhängig vom Vorschlag in Tabelle III.1 – für jeden Tunnel, welche Ensembles sie ausstrahlen wollen. Sie sind verpflichtet, ihre Entscheidung dem BAKOM zu melden. Dem ASTRA ist eine Kopie der Genehmigung des BAKOM zuzustellen.

Glossar

Begriff	Bedeutung
Antennengewinn <i>gain d'antenne</i>	Der Antennengewinn fasst die Richtwirkung und den Wirkungsgrad einer Antenne zusammen. Er ist das Verhältnis der in Hauptrichtung abgegebenen resp. aufgenommenen Strahlungsleistungsdichte, verglichen mit einer verlustlosen Bezugsantenne gleicher Antennenspeiseleistung, die definitionsgemäss einen Antennengewinn von 0 dB hat. Als Bezugsantenne wird meist eine Dipolantenne oder ein hypothetischer Isotropstrahler mit in allen Richtungen gleicher Strahlstärke gewählt
BORS AOSS	Behörden und Organisationen für Rettung und Sicherheit.
DAB+ DAB+	Digital Audio Broadcasting. Rundfunksystem in digitaler Qualität, das durch den Standard ETSI TS 101 563 definiert wird. DAB+ wurde für den mobilen oder stationären Empfang von qualitativ hochwertigen Radioprogrammen konzipiert. Ein DAB+-Sender sendet ein Paket von Radioprogrammen, und nicht ein einzelnes Programm. Charakteristisch für das System ist die digitale Übertragung mittels Audiodatenkomprimierung HE-AAC V2. In der Schweiz wird DAB+ zurzeit im Frequenzbereich von 174 MHz bis 240 MHz eingesetzt.
DAB+-Anlage <i>installation DAB+</i>	Bezeichnet den Teil eines Funksystems, das der Wiederausstrahlung von DAB+-Frequenzen in einem Tunnel dient.
dB, dBm <i>dB, dBm</i>	Die Leistung L_P (in dB) ist wie folgt definiert: $L_P = 10 \log(P/P_0)$. Es handelt sich um einen logarithmischen Zusammenhang zwischen einem gemessenen Schalldruck P und einer Referenzleistung P_0 (Referenzgrösse). Ist die Referenzgrösse $P_0 = 1 \text{ mW}$, so wird die Leistung in dBm angegeben.
Direktdurchsage <i>message en direct</i>	Durchsage, die vom Operateur ELZ direkt ins Mikrofon gesprochen wird.
Einsprechung <i>intercalation</i>	Bezeichnet die Unterbrechung der Radioprogramme in Tunneln zwecks Ausstrahlung von Polizeidurchsagen auf denselben Radioprogrammfrequenzen. Die Durchsagen werden von einem Operateur ELZ aktiviert.
ELZ <i>CI</i>	Einsatzleitzentrale.
Ensemble <i>ensemble</i>	Von einem DAB+-Sender ausgestrahltes Paket von Radioprogrammen. Ein DAB+-Ensemble umfasst normalerweise 5 bis 18 Radioprogramme.
ETSI <i>ETSI</i>	<i>European Telecommunications Standards Institute.</i>
Downlink <i>downlink</i>	Bezeichnung der Verbindung von der Basisstation zur Funkanlage.
FM <i>FM</i>	Frequenzmodulation. Modulationsverfahren bei dem ein Signal durch die Modulation der Trägerfrequenz übertragen wird. FM wird zur Ausstrahlung von Radioprogrammen im UKW-Frequenzbereich verwendet.
Frequenzhub <i>excursion de fréquence</i>	Abweichung der Frequenz eines FM-Signals gegenüber der nicht modulierten Frequenz.
Funkkonzessionär <i>cessionnaire de radio-communication</i>	Instanz, die ein oder mehrere DAB+-Ensembles drahtlos-terrestrisch oder über Leitungen verbreitet. Das Radio- und Fernsehgesetz [RTVG] [1] legt fest, dass Programmveranstalter ihre Programme selber verbreiten oder eine Fernmelde-dienstanbieterin mit der Verbreitung beauftragen können.
Funkmast <i>mât radio</i>	Träger von UKW-, DAB+- und POLYCOM-Antennen.
GE <i>UT</i>	Gebietseinheit.
HF <i>HF</i>	Hochfrequenz. Bezeichnet den Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen von 3 bis 30 MHz.
Hz, kHz, MHz <i>Hz, kHz, MHz</i>	Abkürzungen für Hertz, Kilohertz, Megahertz: Masseinheiten zur Frequenzmessung.
Intermodulation <i>intermodulation</i>	Intermodulation bezeichnet in der Fernmeldetechnik die Entstehung unerwünschter spektraler Anteile durch nichtlineare Übertragungsfunktionen von Schaltungsteilen, wenn mindestens zwei unterschiedliche Frequenzen verarbeitet werden.

Begriff	Bedeutung
Koaxialkabel <i>câble coaxial</i>	Zweipoliges Kabel mit konzentrischem Aufbau. Es besteht aus einem Innenleiter (auch Seele genannt), der in konstantem Abstand von einem hohlzylindrischen Aussenleiter umgeben ist. Der Zwischenraum heisst Isolator oder Dielektrikum. Das Dielektrikum kann anteilig oder vollständig aus Luft bestehen. Meist ist der Aussenleiter durch einen isolierenden, korrosionsfesten und wasserdichten Mantel nach aussen hin geschützt. Koaxialkabel werden zur Übertragung von HF-Signalen verwendet.
Kopfstation <i>station de tête</i>	Teilsystem einer Anlage zur Weiterverbreitung eines Funkdienstes in Tunneln. Die Kopfstation empfängt die <i>Downlink</i> -Funksignale von der Funkzelle, die sich auf offener Strecke befindet, und überträgt die Signale an die Tunnelstationen. Bei einer Zweiweg-Kommunikation laufen die <i>Uplink</i> -Funksignale der Tunnelstationen in der Kopfstation zusammen und werden an die Funkzelle auf offener Strecke übertragen.
Koppeldämpfung <i>atténuation de couplage</i>	Parameter, der die Differenz zwischen der ins Kabel übertragenen Energie und der Energie, die eine 2m entfernte Antenne aufnimmt, definiert. Die Koppeldämpfung wird von der Anordnung der Schlitze im Strahlkabel sowie von den Interferenzen und Reflexionen in der Umgebung des Kabels beeinflusst.
MPX <i>MPX</i>	Multiplex-Signal. Signal, das im Kontext der terrestrischen FM-Verbreitung alle Stereo-Informationen (inkl. Pilotfrequenz) enthält, ggf. auch das Signal für die Verkehrsinformationen, das RDS und alle weiteren zusätzlichen Signale.
Operateur ELZ <i>opérateur CI</i>	Operateur der Einsatz(leit)zentrale.
Ortswahrscheinlichkeit <i>probabilité de lieu</i>	Die Ortswahrscheinlichkeit gibt an (in Prozent), an wie vielen Messpunkten in einem bestimmten Streckenabschnitt das gesuchte Signal «verfügbar» ist. Beispiel: Wenn der Mindestempfangspegel bei -87 dBm liegen muss bei einer Ortswahrscheinlichkeit von 95 %, bedeutet dies, dass der Pegel des Empfangssignals in mindestens 95 % des betrachteten Streckenabschnitts bei über -87 dBm liegen muss.
Polycom <i>Polycom</i>	Nationales Funknetz der schweizerischen Einsatzdienste. Das Netz ist ausschliesslich für die Kommunikationsbedürfnisse der Einsatzdienste reserviert. Die Technik des Systems beruht auf der Norm TETRAPOL.
Programmveranstalter <i>diffuseur</i>	«Natürliche oder juristische Person, welche die Verantwortung für das Schaffen von Sendungen oder für deren Zusammenstellung zu einem Programm trägt.» [RTVG] [1]
Radioprogramm <i>programme radio</i>	Eine Folge von Sendungen, die für die Allgemeinheit bestimmt sind (gemäss dem Bundesgesetz über Radio und Fernsehen).
RDS <i>RDS</i>	<i>Radio Data System</i> . Dienst zur digitalen Datenübertragung parallel zu den Audiosignalen des FM-Radios. Das RDS ermöglicht während der Fahrt den Empfang einer Radiostation ohne Unterbrechung, weil das System dem Wechsel von einer Frequenz zur anderen automatisch folgt. Es liefert ausserdem Informationen zur temporären Umschaltung auf einen Informationskanal während einer Verkehrsmeldung.
Schutzabstand <i>rapport de protection</i>	Gibt den akzeptablen Mindestwert für das folgende Verhältnis an: Leistung des Nutzsignals zur Rauschleistung der Störsignale.
Strahlkabel <i>câble rayonnant</i>	Elektrischer Leiter, der wie eine horizontale Antenne verwendet wird. Koaxialkabel mit kleinen Schlitzen oder Öffnungen im Aussenleiter (Schirm), durch die das HF-Signal über die ganze Länge des Kabels abgestrahlt oder aufgenommen werden kann. Durch Strahlkabel können insbesondere lange Innenbereiche (z. B. Tunnel) gleichmässig und kostengünstig mit Funkdiensten versorgt werden. Die Bezeichnung «Strahlkabel» beruht auf der Vorstellung, dass ein Teil der Hochfrequenzleistung radial aus dem Kabel herausstrahlt.
TMC <i>TMC</i>	<i>Traffic Message Channel</i> . Europäischer Standard zur Ausstrahlung von Verkehrsinformationen für die Automobilistinnen und Automobilisten, im Allgemeinen über das RDS-System von FM Radio. TMC kann auch auf anderem Weg übertragen werden, zum Beispiel über DAB+.
TPEG <i>TPEG</i>	<i>Transport Protocol Experts Group</i> . Protokollfamilie, die von der Europäischen Rundfunkunion (European Broadcast Union, EBU) entwickelt wurde und zur Information im Bereich des europäischen Strassenverkehrs dient. Die TPEG-Daten können mittels Digitalradio DAB+ übertragen werden.
Tunnelstation <i>station tunnel</i>	Teilsystem einer Anlage zur Weiterverbreitung eines Funkdienstes in Tunneln. Die Tunnelstation empfängt die <i>Downlink</i> -Funksignale von der Kopfstation und sendet sie in den Tunnel aus. Bei einer Zweiweg-Kommunikation empfängt die Tunnelstation die <i>Uplink</i> -Funksignale im Tunnel und überträgt sie an die Kopfstation.

Begriff	Bedeutung
UKW <i>OUC</i>	Ultrakurzwellen. Bezeichnet den Frequenzbereich von 87.5 MHz bis 108 MHz, der für die terrestrische FM-Verbreitung von Radioprogrammen verwendet wird.
UKW-Anlage <i>installation OUC</i>	Bezeichnet den Teil eines Funksystems, das der Wiederausstrahlung von UKW-Frequenzen in einem Tunnel dient.
Uplink <i>uplink</i>	Verbindung von der Funkanlage zur Basisstation.
Viertelwellenantenne <i>antenne quart d'onde</i>	Vorrichtung zur Ausstrahlung oder zum Empfang elektromagnetischer Wellen. Eine Viertelwellenantenne besteht aus einem senkrechten Element, dessen Länge einem Viertel der Wellenlänge der Trägerfrequenz entspricht.
Vorkonfektionierte Durchsage <i>message préenregistré</i>	Vorformulierte, von der UKW- oder DAB+-Anlage gespeicherte Durchsage der Polizei. Die vorformulierten Durchsagen liegen normalerweise in mehreren Sprachen vor.
Zentrale Tunnel <i>local technique tunnel</i>	AKS-CH: Ortstypen der Gliederungsebene 3 „Bauwerk“.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (2006), «**Bundesgesetz über Radio und Fernsehen (RTVG) vom 24. März 2006**», SR 784.40, www.admin.ch.
-

Verordnungen

- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), «**Radio- und Fernsehverordnung (RTVV) vom 9. März 2007**», RS 784.401, www.admin.ch.
- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), «**Verordnung des UVEK über Radio und Fernsehen vom 5. Oktober 2007**», RS 784.401.11, www.admin.ch.
-

Normen

- [4] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2004), «**Projektierung Tunnel – Strassentunnel**», Norm SIA 197/2.
- [5] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS (2005), «**Verkehrstelematik – Standardisierte Verkehrsinformation**», SN 671921.
- [6] European Telecommunications Standards Institute ETSI (2012), «**Digital Audio Broadcasting (DAB); Guide to DAB standards; Guidelines and Bibliography**», ETSI TR 101495.
- [7] European Telecommunications Standards Institute ETSI (1995), «**Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers**», ETSI EN 300401.
- [8] European Telecommunications Standards Institute ETSI (2010), «**Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio**», ETSI TS 102563.
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2018	5.02	01.05.2021	Kapitel 3.3.4: Texte ergänzt Kapitel 5.1: Text ergänzt Anhang I: Texte Französisch korrigiert Glossar Französisch ergänzt
2018	5.01	30.09.2019	Präzisierung in Kap. 2.1 und 2.5 (Mobiltelefonie (ASTRA))
2018	5.00	15.05.2018	Inkrafttreten der Ausgabe 2018 (Originalversion Französisch). Die 2 zuvor separat publizierten Teile <ul style="list-style-type: none"> • «DAB +» (2014 V4.02) • «Ultrakurzwellen» (2014 V4.02) wurden aktualisiert und in diesem Dokument zusammengefügt.

ASTRA 13006 Funksysteme in Strassentunneln – Teil 3: DAB+

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2014	4.02	25.11.2016	Formelle Änderungen: <ul style="list-style-type: none"> • Anpassung Glossar • Anpassung Durchsagen der Polizei • kleinere Korrekturen an den Texten
2014	4.01	30.01.2016	Formelle Änderungen: <ul style="list-style-type: none"> • Abb. 4.1: 75 Ohm → 600 Ohm
2014	4.00	01.09.2014	Inkrafttreten der Ausgabe 2014 (Originalversion Französisch).
2007	3.02	24.02.2010	Formelle Änderungen.
2007	3.01	31.07.2007	Formelle Änderungen.
2007	3.00	01.05.2007	Inkrafttreten der Ausgabe 2007. Antrag des BAKOM (§5.3); Version genehmigt.
2005	2.00	22.08.2005	Entwurf. Finanzierungs- und Betriebsmodell.
2003	1.00	01.10.2003	Entwurf. Arbeitspapier.

ASTRA 13006 Funksysteme in Strassentunneln – Teil 4: Ultrakurzwellen (UKW)

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2014	4.02	30.01.2016	Publikation der deutschen und italienischen Version. Formelle Änderungen.
2014	4.01	27.11.2014	Formelle Änderungen.
2014	4.00	01.07.2014	Inkrafttreten der Ausgabe 2014 (Originalversion Französisch).
2007	3.02	24.02.2010	Formelle Änderungen.
2007	3.01	31.07.2007	Formelle Änderungen.
2007	3.00	01.05.2007	Inkrafttreten der Ausgabe 2007. Antrag des BAKOM (§5.3); Version genehmigt.
2005	2.00	22.08.2005	Entwurf. Finanzierungs- und Betriebsmodell.
2003	1.00	01.10.2003	Entwurf. Arbeitspapier.

