



SBB CFF FFS

14.15.01

Schweizerische Bundesbahnen SBB
Infrastruktur Ausbau- und Erneuerungsprojekte
Engineering Technische Anlagen
4600 Olten

Projekt: Erneuerung Bahnfunk «FRMCS»
Strecke: Brugg – Lenzburg – Immensee

Standort: Muri (MIXX)

MR HT-SYSTEM®

Nutzungsvereinbarung und Projektbasis

Datum: 13.01.2026

Kevin Clerc
SBB Infrastruktur AEP Engineering
Projektleiter Basisinfrastruktur FRMCS

Hansruedi Trachsler
HT-INFRA SERV AG, 6208 Oberkirch
Projektverfasser

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	3
1.1	Bauwerksbeschreibung.....	3
1.2	Abgrenzung	3
1.3	Grundlagen.....	4
1.4	Planunterlagen/ Berichte.....	4
1.5	Baustoffe	4
1.6	Baugrund/ Baugrube.....	4
2	Nutzungszustände	5
2.1	Nutzungsdauer	5
2.2	Vereinbarte Nutzung	5
2.3	Einwirkungen	5
2.4	Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit	5
3	Dauerhaftigkeit.....	5
3.1	Bedürfnisse des Betriebes und des Unterhaltes.....	5
3.2	Massnahmen	5
4	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	6
4.2	Konzept der Tragfähigkeit.....	6
4.3	Kennwerte der Einwirkungen	6
4.4	Akzeptierte bzw. ausgeschlossene Risiken.....	7
4.5	Nachweise der Tragsicherheit (Grenzzustand Typ 2) und Gebrauchstauglichkeit.....	7

1 Allgemeines

1.1 Bauwerksbeschreibung

Die SBB planen auf dem Gemeindegebiet 5630 Muri (Linie 653) bei Bahn-km 81.528 einen Ausbau eines bestehenden Antennenmastes. Der Standort des Antennenmastes befindet sich ausserhalb des Lichtraum- und Fahrleitungsprofils. Beim Maststandort ist das Gelände eben.

Beim vorliegenden Bauwerk handelt es sich um einen bestehenden Stahlrohr- Antennenmast mit neuer Antennenbelegung. Für die damit verbundene erhöhte Windeinwirkung ist eine Verstärkung des Masts erforderlich.

Die Verstärkung erfolgt am bestehenden Stahlrohrmasten durch das Einbringen von einem zertifizierten ultrahochfesten Beton (UHFB), welcher vor Ort über eine Öffnung am Mastfuss bis zur Masthöhe mit dem MR-HT-SYSTEM® eingebracht wird. Zusätzlich wird eine Biegebewehrung (B500B) eingebracht. Die kraftschlüssige Verankerung der eingebrachten Biegebewehrung am bestehenden Fundament erfolgt mit einem Verbundankersystem.

Statisches System

Das gekoppelte statische Tragsystem bildet somit der bestehende Stahlrohrmast mit einer innenliegenden bewehrten UHFB-Stütze, welche beide auf dem bestehenden Fundament eingespannt sind (Kragstütze).

Vorteil durch die innenliegende UHFB-Stütze:

- keine Veränderung der Mastgeometrie – Angriffsfläche für Windeinwirkung bleibt gleich
- höhere Tragfähigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit
- höhere Steifigkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen)
- höhere Eigenfrequenz – Reduktion der dynamischen Windeinwirkung
- höhere mechanische Dämpfung – Reduktion der dynamischen Windeinwirkung
- durch die Reduktion der Windkräfte sind keine Fundamentverstärkungen notwendig die
- bestehende Schraubenanker am Mastfuss werden durch die neue Anschlussbewehrung im Bereich der UHFB-Stütze entlastet.

Die Mastlänge beträgt 25 m (UK-Mast bis OK-Mast), verankert auf einem Einzelfundament.

Die Antennenbelegung besteht aus:

Die Antennenbelegung ist aus den Dossier-Beilagen 14.15.03 – 14.15.06 ersichtlich.

Kabel: Kabelführung ist aussenliegend. In der Maststatik wird ein aussenliegendes Kabeltrasse vom max. (Tiefe x Breite) 100mm x 300 mm berücksichtigt.

1.2 Abgrenzung

Die vorliegende Nutzungsvereinbarung begrenzt sich auf den Mast mit Foundation und der mechanischen Mastverstärkung mit einer innenliegenden UHFB-Stütze.

Kabelschächte, Kabelrohre und allfällige Podeste für Elektroschränke sind nicht Bestandteil dieser Vereinbarung.

Projektbezogen – Muri Referenzwert Staudruck gemäss der SIA-Norm 261 (2020), Anhang E, $q_{p0}=0.9 \text{ kN/m}^2$

1.3 Grundlagen

Nationale SIA-Tragwerksnormen

- SIA 260:2013: "Grundlagen der Projektierung von Tragwerken"
- SIA 261, 2020: "Einwirkung auf Tragwerke"
- SIA 261/1, 2003: "Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen"
- SIA 262:2013: "Betonbau"
- SIA 262/1:2013: "Betonbau – Ergänzende Festlegungen"
- SIA 263:2013: "Stahlbau"
- SIA 263/1:2013: "Stahlbau - Ergänzende Festlegungen"
- SIA 267:2013: "Geotechnik"
- SIA 267/1:2013: "Geotechnik - Ergänzende Festlegungen"

Nationale Dokumentationen

- SIA Dokumentation D0188,2003: "Wind-Kommentar zum Kapitel 6 der Normen SIA 261 und 261/1 und Einwirkung auf Tragwerke", SIA, Zürich

Eurocodes mit nationalen Anhängen

- EC 1991-1-4/NA:2016: "Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke-Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten – Nationaler Anhang NA zu SN EN 1991-1-4:2005"
- SN EN 1997-1 (11.2004): "Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln"

Fachliteratur

1.4 Planunterlagen/ Berichte

Projektpläne (Grundrisse, Schnitte, Layout Mast) vom 31.10.2025 HT-INFRASERV AG

1.5 Baustoffe

- | | |
|--------------------------|---|
| - Stahl | Rohrschüsse, Bleche und Brennteile gemäss Planangaben |
| - Betonstahl | B500B |
| - Bewehrungsmuffen | Bartec® |
| - Anker | Swiss Gewi, Gewindestangen, feuerverzinkt, oder S355 (Fe 510), rostfreier Stahl |
| - Schraubenmaterial | 10.9 SHV, feuerverzinkt |
| - Beton Fundamentplatte | C25/30, XC2(CH), D _{max} 32, CI 0.10, C3 (oder XF3) |
| - Beton Fundamentschaft | C25/30, XF3(CH), D _{max} 32, CI 0.10, C3 |
| - UHFB-Stütze | zertifizierter ultrahochfester Beton - Ductal® G2 FM STT |
| - Verbundanker Fundament | Hilti HIT® oder gleichwertiges Produkt |

1.6 Baugrund/ Baugrube

Baugrund gemäss dem geotechnischen Bericht

- kiesige Deckschicht, ab ca. 3.30m Seeablagerungen <200 kN/m²

Foundation:

Einzelfundament mit notwendiger Tiefe (Einspannung bzw. Frosttiefe).

2 Nutzungszustände

2.1 Nutzungsdauer

Vereinbarte Nutzungsdauer ab Verstärkung des Masts: 30 Jahre

2.2 Vereinbarte Nutzung

Der Antennenmast wird als Träger für GSM-R- & FRMCS-Antennen genutzt.

Eine Nutzung für Richtstrahlverbindungen ist nicht gefordert.

2.3 Einwirkungen

- Ständige Einwirkungen:

Eigenlasten aus Mastkonstruktion, Antennenkabel, Steigweg und Antennen

- Veränderliche Einwirkungen:

Staudruck aus Windanströmung auf Stahlmast, Antennen, Kabel und Steigweg, Personenlasten.

Nicht berücksichtigt werden, weil nicht massgebend:

- Schnee
- Erdbeben (nicht massgebend inf. kleiner Bauwerksmassen)
- Brand (Baustoffe nicht brennbar; keine Brandmaterialien in Umgebungsnähe)
- Entgleisung (Standort ausserhalb Lichtraum- und Fahrleitungsprofil)

2.4 Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit

Max. Verformung auf Antennenebene GSM- R
(inkl. Fundamentverdrehung)

+/- 3.0° (+/- 52.4x10⁻³ rad)

Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit
werden geführt für eine Windgeschwindigkeit
Staudruck

v = 103 km/h

q_r = 0.5 kN/m²

Steigweg, Kabel und Podeste
Lastbeiwerte

gemäss SIA 261:2020

gemäss SIA 261:2020

3 Dauerhaftigkeit

3.1 Bedürfnisse des Betriebes und des Unterhaltes

Eine möglichst hohe Unterhaltsfreundlichkeit der Anlage ist anzustreben.

3.2 Massnahmen

- Betonkonstruktion:

Beton Fundamentplatte

C25/30, XC2(CH), D_{max} 32, CI 0.10, C3 oder XF3

Beton Fundamentschaft

C25/30, XF3(CH), D_{max} 32, CI 0.10, C3

Beton mech. Mastverstärkung

zertifizierter ultrahochfester Beton - Ductal® G2 FM
STT

4 Grenzzustände der Tragfähigkeit

4.1 Statisches System der Mastkonstruktion

Das System der bestehenden Mastkonstruktion besteht aus Rohrschüssen. Der Basis-Schuss ist mittels Anker in das Betonfundament eingespannt.

Zur Verstärkung wird additiv eine bewehrte innenliegende UHFB-Stütze ausgebildet und kraftschlüssig durch eine eingebrachte Anschlussbewehrung mit dem bestehenden Fundament verbunden.

Die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die bestehende Mastkonstruktion erfolgen elastisch. Geringfügige lokale Plastifizierungen sind erlaubt, sofern dies die globale elastische Tragfähigkeit nicht beeinflusst.

4.2 Konzept der Tragfähigkeit

Die Tragsicherheit des Mastes gilt als nachgewiesen, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$E_d \leq R / \gamma_M$$

E_d :	Bemessungswert einer Auswirkung	(Typ 1-4)
R :	Tragwiderstand	
γ_M :	γ_c Widerstandsbeiwert Beton	1,50
	γ_s Widerstandsbeiwert Betonstahl	1,15
	γ_{m1} Widerstandsbeiwert Stahl (Festigkeitsnachweis)	1,05
	γ_{m2} Widerstandsbeiwert Stahl (Verbindungsmittel)	1,25

4.3 Kennwerte der Einwirkungen

Ständige Einwirkungen/ Eigenlasten

Stahlprofile und Stahlrohre	$G_m = 78.5 \text{ kN/m}^3$
Steigwege, Kabel, Podeste	$G_m = 0.20 \text{ kN/m}^1$
Antennen	$G_m = \text{gem. Datenblatt Lieferant}$
Beton- und Stahlbeton	$G_m = 25.0 \text{ kN/m}^3$
Eisrohdichte	$G_m = 7.00 \text{ kN/m}^3$
Erddruck	$G_m = 20.0 \text{ kN/m}^3$

Veränderliche Einwirkungen

Antennen	$A_{\text{Ant.}}$ nach Angaben Datenblatt Lieferant.
----------	--

Für sämtliche Antennen muss die grösste Grundfläche zur Ermittlung der Windlasten berücksichtigt werden, unabhängig von der Ausrichtung der Antennen.

Steigweg, Kabel und Podeste	$q_r = 0.30 \text{ kN/m}^1$
Personenlast	$G_z = 8.0 \text{ kN}$
	$M_x = 4.0 \text{ kNm}$

4.4 Akzeptierte bzw. ausgeschlossene Risiken

- Temperatureinfluss
- Schnee
- Brand Baustoffe nicht brennbar; keine Brandmaterialien in Umgebungsnähe.
- Entgleisung Standort liegt ausserhalb des Lichtraum- und Fahrleitungsprofils.

4.5 Nachweise der Tragsicherheit (Grenzzustand Typ 2) und Gebrauchstauglichkeit

Beiwerte

Lastbeiwerte für ständige Einwirkungen	γ	= 1.35/0.8
Lastbeiwerte für veränderliche Einwirkungen	γ	= 1.50
Lastbeiwerte für Erddruck, ungünstig wirkend	γ	= 1.35
Lastbeiwerte für Erddruck, günstig wirkend	γ	= 0.80

Bemessung des äusseren Tragwiderstandes eines Pfahles

Widerstandsbeiwert für Druckpfähle	$\gamma_{M,a}$	= 1.30
Widerstandsbeiwert für Zugpfähle	$\gamma_{M,a}$	= 1.60
Umrechnungsfaktor	η_a	= 0.60

Lastfälle

- Lastfall 1: Eigengewicht
- Lastfall 2: Eigenlasten Antennen
- Lastfall 3: Eislasten (ab einer Höhe von 800 m.ü.M)*
- Lastfall 4+5: Wind Tragsicherheit (x+y)
- Lastfall 6: Wind Tragsicherheit mit Eis*
(mit 75% des Wertes des Staudruckes)
- Lastfall 7: Wind Gebrauchstauglichkeit (ohne Eis)
- Lastfall 8: Personenlasten*

Gefährdungsbilder (GFB)

Gefährdungsbild	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LF 1: Eigenlasten	1.1/ 0.9	1.1/ 0.9	1.1/ 0.9	0.8/ 1.35	0.8/ 1.35	0.8/ 1.35	1.0	1.0	1.0	1
LF 2: Antennenlasten	1.1/ 0.9	1.1/ 0.9	1.1/ 0.9	0.8/ 1.35	0.8/ 1.35	0.8/ 1.35	1.0	1.0	1.0	1
LF 3: Eislasten			1.5			1.5			1.3	
LF 4+5: Wind TS	1.5			1.5			1.3			
LF 6: Wind mit Eis			1.5			1.5			1.3	
LF 7: Wind GT		1.5			1.5			1.3		1
LF 8: Personenlasten		1.5			1.5			1.3		
	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Tragsicherheit	Gebrauchstauglichkeit
Grenzzustand nach SIA 260/2003	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2	Typ 2	Typ 3	Typ 3	Typ 3	

GFB 1-3:	Stabilitätsnachweis Fundament Im Fundamentnachweis (Geotechnik) enthalten
GFB 4-6:	Tragsicherheit Mast und Fundament bzw. Verankerungen
GFB 7-9:	Tragwiderstand Baugrund
GFB 10:	Gebrauchstauglichkeit, Nachweis Verdrehung Stabilitätsnachweise Fundament (keine Fuge), Tragwiderstand Baugrund im Gebrauchszustand