

7

Koralmtunnel – Montage und technisch funktionale Abnahmeprüfung

Rudolf Wank (EUROPTEN), Ing. Sturzeis Wolfgang (Wien)

Die Koralmbahn und hierbei im Folgenden vor allem der Koralmtunnel stellt ein Jahrhundertprojekt dar, welches unter Beachtung der unterschiedlichsten Einflussfaktoren als technisch anspruchsvoll galt. Hierzu sei nur auszugsweise angeführt, dass es sich bei dem Koralmtunnel an sich um den längsten Eisenbahntunnel in Europa handelt, welcher mit einem durchgängigen Deckenstromschienensystem ausgerüstet ist. Dies ist unter anderem mit dem kleinen Querschnitt des Tunnels begründet, wodurch sich jedoch auch entsprechende aerodynamische Effekte ergeben, welche sich auf das Zusammenwirken Oberleitung-Stromabnehmer auswirken.

Im vorliegenden Fachbeitrag soll ein kurzer Einblick hierbei bezogen auf die Themenstellung der Montage und technisch funktionale Abnahmeprüfung, sowie Inbetriebnahme des Deckenstromschienensystems, gegeben werden.

7.1 Einleitung

Die Koralmbahn stellt ein Jahrhundertprojekt dar, welches neben der zu berücksichtigenden Bauzeit und den damit verbundenen technischen Entwicklungen und Neuerungen, als erster Tunnel in Europa unter den gegebenen Bedingungen und kleinen Tunnelquerschnitten ein durchgehendes Deckenstromschienensystem für den Geschwindigkeitsbereich von bis zu 250 km/h verbaut hat!

7.2 Montage

Gegenstand dieses Projekts ist die Elektrifizierung der Tunnelanlage Koralm und der Zulaufstrecken auf der steirischen wie auf der kärntnerischen Seite. Da die Ausrüstung gemäß Ausschreibungsunterlagen, in einem kurzen und sehr herausfordernden **Zeitfenster** ohne Partner nicht realisierbar war, wurde durch die beiden österreichischen Fahrleitungsmontagefirmen European Trans Energy GmbH (kurz EUROPTEN) und Rhomberg Sersa Rail Power GmbH die ARGE „ARGE KAT DSS“ (Abbildung 1) gegründet. Gemeinsam konnte das Projekt über einen Ausführungszeitraum von ca. 7 Monaten mit den hohen geforderten Qualitätsstandards fristgerecht umgesetzt werden.



Abbildung 1 Logo „ARGE KAT DSS“

Der Projektstart der Montagetarbeiten war am 11.03.2025. Die folgenden im Vertrag definierten Zwischen- und Endtermine wurden seitens der ARGE KAT DSS fristgerecht eingehalten.

- I 01.10.2024: Abschluss Montagetarbeiten Oberleitung,
Fertigstellung OL-Montagetarbeiten Tunnel und Zulaufstrecke Ost
- I 06.12.2024: Abschluss Montagetarbeiten Oberleitung,
Fertigstellung OL-Montagetarbeiten Tunnel und Zulaufstrecke Ost und West
- I 13.12.2024: Start Inbetriebnahme,
Fertigstellung techn. Funktionale Abnahme ED21 und gem. Prüfheft
- I 01.02.2025: Endtermin Oberleitung,
Abschluss der Inbetriebnahme, Übergabe der Bestandsunterlagen

Die Oberleitungsanlage wurde am 13.02.2025 durch den Auftraggeber ÖBB übernommen. Zusatzarbeiten wurden hingegen noch bis Jahresende 2025 durchgeführt und fristgerecht abgeschlossen.

7.2.1 Baustellenabwicklung

Die erstmalige Schnittstelle zwischen Bau- und OL-Ausführungsfirma für das Deckenstromschienensystem war eine der nennenswerten Herausforderungen in diesem Projekt. Zwar wurde die ARGE KAT DSS für die Baubegleitung, zur Abstimmung und Koordinierung „Montage der Hängesäulen“ beauftragt, entstanden jedoch trotzdem erhebliche Schwierigkeiten. Seitens Baufirma wurden die Toleranzen gemäß Vorgabe ($\pm 1,5^\circ$) korrekt umgesetzt, diese waren jedoch für die Ausführung der Oberleitung teilweise zu große Ausführungstoleranzen, welche die anschließende Montage erheblich erschwerte. Im März 2024 erfolgte der Start der Oberleitungsmontage auf Gleis 1 und Gleis 2. Die Montage der bereitgestellten Deckenstromschienenkomponenten [DSS] wurde in einer Linienbaustelle geplant, musste aufgrund von Behinderungen jedoch teilweise adaptiert werden. Mit dieser Ausführungsmethode konnte die Baustelle Zeit- und Kostenminimierend durchgeführt werden, da die Installation der Deckenstromschiene gleichartige und sich wiederholende Arbeitsschritte erfordert. Die Durchführung erfolgte mittels eigens entwickelter Geräte, wie beispielsweise der Montageeinheit inkl. Hebevorrichtung oder des Montagehöhenvermessungsgeräts.

Die Montageschritte eines DSS-Systems gliedern sich in folgende Arbeitsschritte:

- I Vermessung der Montagehöhen
- I Montage der Drehgelenke und Rückleiteraufhängungen
- I Zieharbeiten Rückleiter
- I Montage Stromschienentragwerke
- I Montage Deckenstromschiene und Federbalken
- I Montage Fixpunkt/Festpunkt
- I Einlegen des Fahrdrabtes
- I Montage Dilatationen und Streckentrenner
- I Montage Schalter/OLSIG
- I Regulierung und Einstellung der Deckenstromschiene

Folgende Bauteile wurden im Tunnel verbaut:

Bauteil	Menge	Gewicht
DSS-System gemäß ÖBB-Regelwerk	~66 km	~500 t
DSS- und RL-Tragwerke	~9.300 Stk	~450 t
Rillenfahrdrabt (CuAg 120mm ²)	~66 km	~70 t
Erdrückleiter (CuAg 150mm ²)	~132 km	~150 t
Ringerdungsverbindungen	~140 Stk	~10 t
Bahnerdungsverbindungen	~280 Stk	
OLSIG-Anlage	8 Stk	
Streckentrenner	14 Stk	
Dilatationen und Festpunkte	118 Stk	

Tabelle 1 – Bauteile

7.2.2 Bauphasen

Bereits im Herbst 2022 wurden mehrere Baubegleitungen zur Montage der Hängesäulen bei der ausführenden Baufirma durchgeführt. Dabei mussten die einzelnen Montageschritte abgestimmt und koordinierende Maßnahmen umgesetzt werden, um eine fachgerechte Montage der Oberleitungsstützpunkte sicherzustellen. Ab März 2024 erfolgte der Start der Oberleitungsmontage, indem die beschriebenen Arbeitsschritte sukzessive abgearbeitet wurden. In dieser Bauphase erfolgte ein Zweischichtbetrieb, bei dem zeitgleich Tag und Nacht auf beiden Gleisen gearbeitet wurde. Besondere Herausforderungen brachten die Abstimmungen mit den zahlreichen anderen Gewerken mit sich. Hierzu gab es ein eigens für dieses Projekt entwickeltes Web-Tool, in dem sich alle Unternehmen zeitlich und örtlich eintragen mussten. Im Herbst 2024 konnten die Arbeiten fertiggestellt werden, wobei nach Übernahme am 13.02.2025 nur noch kleine Rest- und Zusatzarbeiten offen waren.

7.2.3 Spezialwerkzeuge und Innovationen

Für die Umsetzung dieses Jahrhundertprojekts waren u. a. folgende Spezialwerkzeuge und Innovationen erforderlich:

Das **Montagehöhenvermessungsgerät** wurde eigens für den Koralmtunnel entwickelt, da die Hängesäulenmontage nicht im Auftrag der ARGE KAT DSS war. Mit diesem Vermessungsgerät konnten die meisten Hängesäulenmontagetoleranzen kompensiert werden. Weiters wurde eine **Hebevorrichtung** speziell für die projektbezogenen Anforderungen einer Deckenstromschienenmontage entwickelt und stellt damit ein optimales Hilfsmittel zur Manipulation der Deckenstromschienenprofile auf die Montagebühne dar. Die rund 320 Stück lagerbaren DSS-Profile konnten mithilfe von Rollenbatterien auf die gewünschte Endlage gebracht werden. Deren Montage erfolgte in weiterer Folge auf der rund 40 m² großen Montageeinheit, welche je nach Tunnelprofil in der Höhe individuell einstellbar ist. Als Traktion konnten wir mit unserem Hybrid HTW100 umwelt- und arbeitsplatzschonende Arbeitsverhältnisse für unsere Mitarbeiter schaffen. Zudem wurde unser Oberleitungsvermessungsgerät **MOLMAK** durch eine Weiterentwicklung nun auch für das DSS-System zugelassen.

7.2.4 Singuläre Stellen Dilatationen/Streckentrenner

Bei einer Geschwindigkeit von ca. 250 km/h stellen montierte Dilatationen und Streckentrenner Problemstellen im DSS-System dar, sofern sie nicht mit höchster Präzision eingebaut werden. Aufgrund der eingangs erwähnten Hängesäulentoleranzen verlangte es vereinzelt sehr viele Anpassungsschritte, um die erforderliche Qualität umsetzen zu können. Zudem wurden alle singulären Stellen mit dem Lieferanten und Fachbereich der ÖBB überprüft und abgenommen.

7.2.5 Herausforderungen und Umplanungen

Der Einlauf der Fahrleitungskette an den Portalen auf das System der Deckenstromschiene erwies sich als Spezialaufgabe für alle Projektbeteiligten. Um einen relativ weichen Übergang von der Fahrleitungskette auf das doch sehr starre DSS-System zu gewährleisten, wurde dieser Übergang mit einem Federbalken ausgeführt (siehe Abbildung 2).

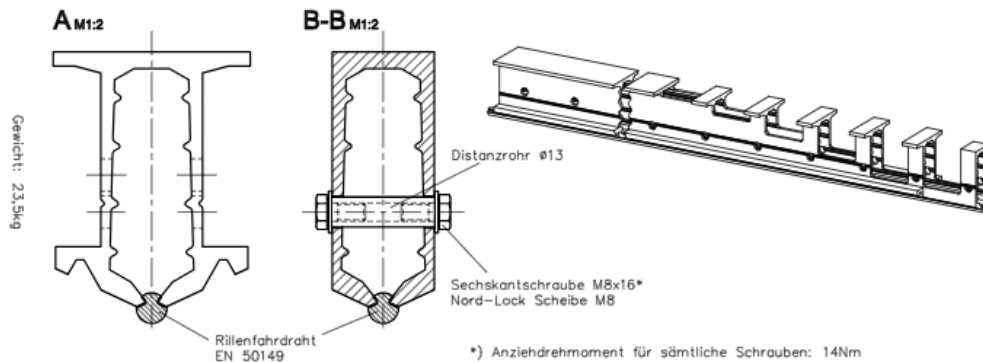


Abbildung 2 Federbalken

Diese Einfahrtsrampen (Übergang Fahrleitungskette auf Deckenstromschiene) auf der Ost- und Westseite, sowie der mit einer Fahrleitungskette ausgeführten Zulaufstrecken mussten aufgrund von mehrmaligen Qualitätsstopfungen im Außenbereich nachträglich wiederholend angepasst werden. Für die speziellen Rampen wurden seitens ÖBB „Rampenversuche-Hochstastfahrten“ für die hohen Geschwindigkeiten durchgeführt.

7.3 Technisch funktionale Abnahme

7.3.1 Allgemeines

Über die Regelwerke der ÖBB-Infrastruktur AG, vorrangig RW 12.10.01 sowie RW 12.17.02 / ED 21, ist definiert, dass vor der Inbetriebnahme von neu- und umgebauten Anlagen eine technisch funktionale Abnahmeprüfung durchzuführen ist.

Das wesentliche Ziel hierbei ist die stichprobenartige Überprüfung der oberleitungstechnischen Anlage auf etwaige ausführungstechnische Mängel sowie der Festlegung der damit verbundenen Maßnahmen im Beisein der verantwortlichen Vertreter aus der Projektumsetzung sowie den künftigen Instandhaltern.

Darüber hinaus dient die technisch funktionale Abnahme dazu, den künftigen Instandhalter über die oberleitungstechnische Anlage sowie die Örtlichkeit so unterweisen und so eine zuverlässige Übergabe aus dem Projekt in die Instandhaltung zu ermöglichen.

Über die Prozesse der ÖBB-Infrastruktur AG ist weiterführend festgelegt, dass nach 12 bis maximal 15 Monaten die sogenannte 1. Ordentliche Untersuchung der neu- oder umgebauten oberleitungstechnischen Anlagen durch die für die Instandhaltung zuständige Stelle durchzuführen ist. Ein Ziel dieser 1. Ordentlichen Untersuchung ist es auf Grundlage der technisch funktionalen Abnahme zu überprüfen ob alle offenen Mängel und sonstigen Problemstellungen behoben wurden.

7.3.2 Technisch funktionale Abnahme Koralmtunnel

Bezugnehmend auf den Koralmtunnel als Prestige- sowie Jahrhundertprojekt, wurde unter Beachtung des Ausmaßes – zweiröhrige, eingleisige Tunnel mit einer Länge von ungefähr 33 km – damit verbunden ungefähr 66 km Deckenstromschienenanlagen inkl. dazugehöriger angeschlossener Kettenwerksoberleitungen von ungefähr 5 km, eine Anpassung der technisch funktionalen Abnahme durchgeführt.

Hierbei wurde vereinbart, dass die Leitung der technisch funktionalen Abnahme dem Fachbereich Elektrotechnik (Ing. Sturzeis Wolfgang) obliegt. Als Grundlage wurde ein gesamtheitliches Dokument in Form eines Technischen Berichtes erstellt, welches vor allem folgende Eckpunkte beinhaltet und darstellt:

- I Regelwerkstechnische Grundlagen (RW 12.10.01 und RW 12.17.02)
- I Planungstechnische Grundlagen (Ausführungsplanung)
- I Projekttechnische Abweichungen
- I Prüfumfang
 - I Kettenwerk
 - I Deckenstromschiene
- I Technisch funktionale Abnahmeprüfung gem. RW 12.17.02 / ED 21
- I Dynamische Kontaktkraftmessungen
- I Stellungnahme der ÖBB-Infrastruktur AG zu den ermittelten Abweichungen

Unter Beachtung der Tragweite des Projektes Koralmtunnel hat man sich im Rahmen der technisch funktionalen Abnahme dazu entschlossen den Prüfumfang nicht nur stichprobenartig durchzuführen, sondern entsprechend zu erweitern. Dies hatte zur Folge, dass vor allem alle singulären Stellen sowie die damit verbundenen Stützpunkte einer vertiefenden technischen Prüfung unterzogen wurden, was zu dem grundsätzlich folgenden Prüfumfang zur Folge hatte:

- I 4 Übergänge Kettenwerk auf Deckenstromschiene (Federbalken), je ca. 800 m
- I 14 Streckentrenner inkl. Motorantriebe und Schalter
- I 118 Dilatationen und Festpunkte
- I ca. 1000 Stützpunkte, Maste und Felder

- I Ruhelagemessung je km sowie durchgehend für den gesamten Koralmtunnel, je Röhre

Zu Folge der umfangreichen technisch funktionalen Abnahmeprüfung hat man sich dazu entschlossen, entsprechende Vorlagen zu erstellen, gemäß derer die einzelnen Bereiche nachvollziehbar und vergleichbar überprüft werden können. Hierfür wurden folgende Vorlagen erstellt.

Auf Basis dieser Grundlage fand am 27.08.2024 die Startbesprechung zur technisch funktionalen Abnahme des Koralmtunnel statt, wo die Terminschiene sowie gemeinsame Vorgehensweise und Umsetzung abgestimmt wurden.

Die Überprüfung der oberleitungstechnischen Anlage des Koralmtunnel umfasste im Rahmen der technisch funktionalen Abnahme je Woche zwischen 3-4 Tage, wobei in einem Tag ungefähr 1 km zu überprüfen war, und endete mit 24.01.2025 und umfasste damit knapp 4 Monate!

Mit der technisch funktionalen Abnahme waren hierbei unter anderem die folgenden Stellen betraut, welche es zu zeitlich und bezogen auf deren Zuständigkeit zu koordinieren galt:

- I Projektumsetzung / Projekte Neu- und Ausbau (PNA)
- I Projektumsetzung / Leistungsbeauftragter Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung (GB SAE) Region Süd 2
- I Örtliche Bauüberwachung / externes Bauüberwachung von Seiten PNA
- I Örtliche Bauüberwachung / externe wirtschaftliche Örtliche Bauaufsicht von Seiten GB SAE
- I Ausführende Oberleitungsmontage Firma / Konsortium aus European Trans Energy GmbH und Rhomberg Sersa Rail Power GmbH
- I Technikmanagement GB SAE Region Süd 1
- I Technikmanagement GB SAE Region Süd 2
- I Instandhaltungsstelle GB SAE Region Süd 1 ASC A
- I Instandhaltungsstelle GB SAE Region Süd 2 ASC B
- I Externe Prüforgane, bspw. Designated Body (DeBo)
- I Fachbereich Elektrotechnik

7.3.3 Dynamische Kontaktkraftmessungen

Einen essenziellen Prüfpunkt der technisch funktionalen Abnahmeprüfung sowie der TSI ENE, stellt die Überprüfung des Kontaktkraftverhaltens im Sinne der Interaktion Stromabnehmer-Oberleitung dar!

Unter Beachtung der Vorgaben der TSI ENE sowie den damit verbundenen Normen, wie bspw. der EN 50367, gilt es die folgenden Themenstellungen im Rahmen der dynamischen Kontaktkraftmessung mittels eines zugelassenen Messsystems nach EN 50317 nachzuweisen.

Darüber hinaus wurden die Anhubhöhe im Kettenwerk über optische Anhubmesssysteme erfasst und stellen in Verbindung mit den erfassten Daten der technisch funktionalen Abnahmeprüfung den Nachweis gemäß TSI ENE dar.

Die dynamischen Kontaktkraftmessungen wurden durch den elektrotechnischen Messwagen der ÖBB-Infrastruktur AG in Einfach- sowie Doppeltraktion mit einem Stromabnehmerabstand von 31 m, bis zur maximalen Befahrgeschwindigkeit von 250 km/h durchgeführt.

Hierbei ist zu beachten, dass im speziellen der Koralmtunnel durch seinen kleinen sowie immer wieder wechselnden Querschnitt eine Herausforderung, vor allem unter Beachtung der aerodynamischen Effekte, für die Interaktion zwischen dem Stromabnehmer sowie der Deckenstromschiene darstellt.

Im Rahmen der Inbetriebnahme der Koralmbahn wurden die dynamischen Kontaktkraftmessungen auf zwei zeitliche Blöcke aufgeteilt:

- I 24.04 bis 07.05.2025 (1. Messkampagne)
- I 26.05 bis 29.05.2025 (2. Messkampagne)

Dies hatte den Vorteil, dass Örtlichkeiten, welche aufgrund der Interaktion zwischen Stromabnehmer und Oberleitung mangelhafte Ergebnisse aufgezeigt haben, im Zeitraum von 07.05. bis 26.05. im Rahmen von außerordentlichen Untersuchungen überprüft und behoben werden konnten.

Auf Grundlage der Ergebnisse der dynamischen Kontaktkraftmessungen der 1. Messkampagne wurden beispielsweise Anpassungen an den Kettenwerksabsenkungen im Übergangsbereich zwischen Kettenwerk und Deckenstromschiene vorgenommen. Darüber hinaus konnten auch einige sogenannte „feste Punkte“ identifiziert werden, welche bis zur 2. Messkampagne behoben wurden.

7.4 EG-Prüfbescheinigung im Teilsystem Energie

Bezogen auf das Projekt Koralmbahn ist zu beachten, dass aufgrund der Laufzeit des Projektes sich einige Streckenteile bereits in Betrieb befanden womit unterschiedliche technisch funktionale Abnahmen, Teilinbetriebnahme-Erklärungen, §40 Erklärungen, etc. vorlagen, welche es für eine gesamtheitliche Bewertung der Koralmbahn unter Beachtung der TSI im Teilsystem Energie zu vereinen galt!

Darüber hinaus wurde im Rahmen des Projektes festgelegt, dass die Prüfung im Teilsystem Energie gemäß der TSI ENE 2014 zu erfolgen hat. Hierbei ist anzuführen, dass bspw. die Entwurfsplanung für den Koralmtunnel mit 2007 genehmigt wurde, womit hier die TSI ENE 2002 galt. Diese unterschiedlichen technischen Vorgaben, Normen und Gesetze, galt es mit Bezug auf eine einheitliche Bewertung nach TSI ENE 2014 zusammenfassend darzustellen und bewertungstechnisch positiv abzuschließen!

Die Koralmbahn an sich umfasst in etwa eine Streckenlänge von 122 km, für die Prüfung im Teilsystem Energie bedeutete dies jedoch:

- I 85 km Deckenstromschienenanlagen
- I 253 km Kettenwerksoberleitungen der Type 1.2, 1.3, 2.1
- I 4 Betriebsbewilligungen seit 2012
- I 2 Streckenabschnitte und
- I jeweils 12 Bahnhöfe, Tunnel und Unterföhrungsbauwerke.

Zusammenfassend stellt dies 18 GB an Daten dar. Diese wurden dem DeBo zur Prüfung übergeben und am 02.10.2025 mit der positiven EG-Prüfbescheinigung abgeschlossen.

7.5 Zusammenfassung

Die Koralmbahn und vor allem der Koralmtunnel stellen ein Jahrhundertprojekt dar, welches unter Beachtung der unterschiedlichsten Einflussfaktoren als technisch anspruchsvoll gilt. Der Fachartikel beschreibt die Montage, Inbetriebnahme sowie die technisch funktionale Abnahme des durchgehenden Deckenstromschienensystems im längsten Eisenbahntunnel Europas. Aufgrund des geringen Tunnelquerschnitts, der hohen zulässigen Geschwindigkeit bis zu 250 km/h sowie der resultierenden aerodynamischen Effekte ergeben sich besondere Anforderungen an das Zusammenwirken von Stromabnehmer und Oberleitungsanlage. Aufgrund des kurzen und anspruchsvollen Zeitfensters wurde eine Arbeitsgemeinschaft zweier österreichischer Fachfirmen gegründet, wodurch alle vorgegebenen Zwischen- und Endtermine fristgerecht eingehalten werden konnten. In einer Hauptbauzeit von rund sieben Monaten wurden etwa 66 km Deckenstromschienensystem mit rund 9.300 DSS- und RL-Tragwerken, 66 km Rillenfahrdraht, 132 km Erdrückleitern sowie zahlreiche

Sonderbauteile verbaut. Für die erfolgreiche Umsetzung dieses Projekts kamen speziell entwickelte Werkzeuge und innovative Lösungen zum Einsatz, darunter ein Montagehöhenvermessungsgerät, eine Hebevorrichtung sowie das weiterentwickelte Oberleitungsvermessungssystem MOLMAK. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der erweiterten technisch funktionalen Abnahme, bei der neben der Regelwerkskonformität insbesondere singuläre Stellen wie Übergänge, Streckentrenner und Dilatationen umfassend geprüft wurden. Ergänzend wurden dynamische Kontaktkraftmessungen unter Hochgeschwindigkeitsbedingungen durchgeführt, um die Anforderungen der TSI ENE nachzuweisen und eine sichere Inbetriebnahme zu gewährleisten.