

LiveBridge

Innovatives Bewertungstool zur Zustandserfassung und -prognose von Eisenbahnbrücken

Programm / Ausschreibung	MW 24/26, MW 24/26, Mobilitätswende 2024/2 - Mobilitätssystem	Status	laufend
Projektstart	01.10.2025	Projektende	30.09.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektaufzeit	36 Monate
Keywords	Eisenbahnbrücken; Digitalisierte Zustandsbewertung; Structural Health Monitoring; Prädiktive Instandhaltung; Digitale Zwillinge;		

Projektbeschreibung

In Österreich erfolgt derzeit ein kontinuierlicher Ausbau des Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnnetzes (z. B. Koralm- und Semmeringbahn). Dabei gelten Eisenbahnbrücken als Schlüsselkomponenten der Verkehrsinfrastruktur, welche durch steigende Verkehrsbelastungen – sowohl in Bezug auf Lastintensität als auch Taktfrequenz – zunehmenden Beanspruchungen ausgesetzt sind. Der sukzessive Ausbau des Bahnnetzes erfordert dabei eine möglichst wartungsarme Infrastruktur, die den Anforderungen der Zukunft gewachsen ist.

Die rund 8000 Eisenbahnbrücken in Österreich benötigen regelmäßige Zustandsüberprüfungen, auf deren Basis oft kostenintensive Instandhaltungsmaßnahmen veranlasst werden, um ihre Sicherheit und Funktionalität zu gewährleisten. Eine präzise und realistische Zustandsbewertung ist daher entscheidend, um die Lebensdauer der Brücken zu verlängern und gleichzeitig die Instandhaltungskosten gering zu halten. Die realistische Erfassung und Prognose der Interaktion zwischen Tragwerk und Oberbau sowie der auftretenden Schienenbeanspruchungen aufgrund kombinierter Wirkung von Temperatureinflüssen, Brückenbewegungen und Einwirkungen aus Verkehr im hochbeanspruchten Übergangsbereich zwischen Tragwerk und Vorland stellen dabei Infrastrukturbetreibende vor große Herausforderungen. Eine präzise Modellierung dieser Effekte sowie eine ganzheitliche Zustandsbewertung des Systems Eisenbahnbrücke sind mit aktuellen Methoden noch nicht zufriedenstellend möglich. Darüber hinaus sind aktuell verwendete Monitoringsysteme zur permanenten Zustandsüberwachung stets auf externe Energiequellen (Stromversorgung) angewiesen und in ihrer kabelgebundenen Umsetzung sehr aufwendig.

Aufbauend auf diesem Hintergrund ist das zentrale Ziel des Projektes LiveBridge die Entwicklung eines innovativen Bewertungstools zur Zustandserfassung und -prognose des Systems Eisenbahnbrücke, welches als Grundlage zur optimierten Planung von Instandhaltungsmaßnahmen und Prognose der Lebensdauer dient. Das zu entwickelnde Bewertungstool umfasst einen räumlichen Digitalen Zwilling in Verbindung mit einem energieautarkem funkbasierten Monitoringsystem, welches insbesondere die komplexe Interaktion zwischen Tragwerk und Oberbau realitätsnah wiedergeben kann und eine neartime-Zustandsbewertung (Erfassung des Ist-Zustandes) sowie eine prädiktive Zustandsprognose ermöglicht. Die Funktionsfähigkeit des Bewertungstools LiveBridge wird an ein bis zwei Eisenbahnbrücken

im Hochgeschwindigkeitsnetz gezeigt (Proof of Concept), wobei zur Entwicklung und Anwendung ein zweistufiges Monitoringkonzept zum Einsatz kommt. Dieses besteht aus einem temporären Monitoringsystem in Stufe 1 (Entwicklung), gefolgt von einem permanenten System in Stufe 2 (Anwendung). Das in Stufe 2 angewendete Monitoringsystem sieht innovative funkbasierete Sensoren an neuralgischen Punkten im System vor, welche durch einen energieautarken Betrieb vollkommen unabhängig von externen Stromversorgungsquellen sind.

Die angestrebten Lösungen und Ergebnisse tragen dazu bei, eine ressourceneffiziente und wirtschaftliche Erhaltungsmaßnahmenstrategie zu etablieren und damit eine nachhaltige und an die Mobilitätsanforderungen der Zukunft angepasste klimagerechte Verkehrsinfrastruktur zu schaffen. Die Übertragung des Konzeptes ist dabei auf andere Bestandstragwerke sowie neu zu errichtende Tragwerke möglich, wobei ein erhebliches Potential besteht, die Schaffung einer flächendeckenden digitalisierten Verkehrsinfrastruktur zu fördern.

Abstract

Austria is currently continuously expanding its high-speed railway network (e.g. Koralmbahn and Semmering railway lines). Railway bridges represent key transport infrastructure components, which are subjected to increasing strains due to rising traffic volumes – both in terms of load intensity and frequency. The successive expansion of the railway network requires a low-maintenance infrastructure that meets future challenges.

The approximately 8,000 railway bridges in Austria need regular condition checks, often leading to costly maintenance measures to ensure their safety and functionality. Therefore, a precise and realistic condition assessment is crucial to extending the bridges' lifespan while keeping maintenance costs to a minimum. The realistic assessment and prediction of the interaction between the supporting structure and the superstructure, as well as occurring rail stresses due to the combined effects of temperature influences, bridge movements and traffic in the highly stressed transition area between the bridge and the embankment, pose significant challenges for infrastructure managers. A precise modelling of these effects, as well as a holistic condition assessment of the railway bridge system, are not yet possible in a satisfactory way using current methods. Furthermore, the monitoring systems currently used for permanent condition monitoring are always dependent on external energy sources (power supply) and are laborious to implement due to their cable-based design.

Based on this background, the key aim of the LiveBridge project is to develop an innovative evaluation tool for the condition assessment and prognosis of the railway bridge system, which serves as a basis for optimising the planning of maintenance actions and the service life prognosis. The evaluation tool to be developed includes a three-dimensional digital twin in combination with an autonomous wireless monitoring system that can realistically simulate the complex interaction between the supporting structure and the superstructure, enabling a near-time assessment of the current condition and a predictive assessment of future conditions. The functionality of the LiveBridge evaluation tool will be demonstrated on one or two railway bridges in the high-speed network (proof of concept), using a two-stage monitoring concept for development and application. This concept consists of a temporary monitoring system in stage 1 (development) and a permanent system in stage 2 (application). The monitoring system used in stage 2 envisages innovative wireless sensors at neuralgic points, which are entirely independent of external power sources due to their energy-autonomous design.

The targeted findings and results will help to establish a resource-efficient and cost-effective maintenance strategy, thus creating a sustainable and climate-friendly transport infrastructure that is adapted to the mobility requirements of the future. The concept is transferable to other existing and new structures, with considerable potential for fostering the creation

of a comprehensive digitalised transport infrastructure.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- REVOTEC zt gmbh