

BrAIIn

Bridge management with AI for sustainAble engineering

Programm / Ausschreibung	Digitale Technologien, Digitale Technologien, AI for Green 2023	Status	laufend
Projektstart	05.02.2024	Projektende	04.02.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	37 Monate
Keywords	Asset Management; circular economy; artificial intelligence; bridge; Life Cycle Engineering;		

Projektbeschreibung

Die Baubranche, die für bis zu 50 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich ist, bietet ein erhebliches Potenzial zur Optimierung der Nachhaltigkeit. Brücken sind als wesentliche Bestandteile der Verkehrsinfrastruktur von immenser wirtschaftlicher und verkehrstechnischer Bedeutung und verbrauchen bei Bau und Instandhaltung erhebliche Ressourcen. Das BrAIIn-Projekt zielt darauf ab, eine Nachhaltigkeits-orientierte Transformation des Brücken-Asset-Managements über den gesamten Lebenszyklus hinweg voranzutreiben, dh vom Entwurf, der Planung und der Errichtung über den Betrieb und die Instandhaltung bis hin zum potenziellen Abriss und der etwaigen Material-Wiederverwertung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen durch die Reduzierung von Emissionen und des Ressourcenverbrauchs sowie die Förderung der Kreislaufwirtschaft.

Allein in Wien gibt es im Bestand der MA29 über 1.700 Brücken, während das österreichische Autobahnnetz, das von der ASFINAG verwaltet wird, mehr als 5.800 Brücken umfasst. Aufgrund dieser enormen Anzahl von Brücken und der damit eingehenden Daten ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) Methoden entscheidend. BrAIIn beinhaltet eine Analyse historischer und aktueller Daten zu Bau- und Erhaltungsprozessen, die wesentliche Erkenntnisse - erstmals unterstützt durch KI und Simulation - für künftige Entscheidungen von Infrastrukturbetreibern liefern.

Das derzeitige Brücken-Asset-Management basiert vorwiegend auf einer Planung der baulichen Lebenszykluskosten und einer tendenziell reaktiven Instandhaltungsstrategie. BrAIIn verfolgt die Transformation hin zu einem präventiven und nachhaltigen Asset-Management über den gesamten Lebenszyklus. Dazu wird der ökologische, ökonomische und soziale Ressourcenverbrauch mit Hilfe von Simulations- und KI-Modellen untersucht. Ziel von BrAIIn ist es, ein adaptives System zu entwickeln, das lediglich geringfügige Anpassungen an die unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen der Europäischen Länder und deren Asset-Management-System erfordert.

Das BrAIIn-Forschungskonzept folgt dabei zwei Schüsselschritten:

In Schüsselschritt 1 wird ein neuartiger interdisziplinärer Ansatz entwickelt, der KI und Simulationen kombiniert, um die

Auswirkungen von historischen Instandhaltungsstrategien aus Brückendaten zu identifizieren, insbesondere im Hinblick auf Alterungsfunktionen, Instandhaltungsintervalle und deren Auswirkungen auf die Brückenlebensdauer. KI-Methoden wie Text/Data Mining, Natural Language Processing & Machine Learning kombiniert mit Simulationen sollen Muster in Brückendatenbanken im Zusammenhang mit der Instandhaltung aufzeigen. Interne Studien zeigen, dass der Wechsel von der derzeitigen "Rebuild-and-Operate"-Strategie zu einer langfristigen und "bewahrenden" Erhaltungsstrategie den CO₂-Fußabdruck von Brücken deutlich reduziert (30-50 %), während die Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten minimal sind.

Schlüsselschritt 2 bewertet und quantifiziert die Auswirkungen historischer Instandhaltungsstrategien durch vergleichende Analysen der Lebenszykluskosten und der Ökobilanzen (z. B. CO₂-Fußabdruck, Verkehrsauswirkungen). Dieser Schritt beinhaltet auch einen umfassenden Vergleich mit konventionellen Lebenszyklusbetrachtungen.

Das BrAIIn Projekt zielt darauf ab, die CO₂-Emissionen im Erhaltungsmanagement von Brücken um bis zu 50 % zu senken und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur globalen Nachhaltigkeit.

Abstract

The construction industry, accounting for up to 50% of global CO₂ emissions, offers a significant opportunity for sustainability optimization. Bridges, major components of our transportation infrastructure, possess immense economic and traffic significance, consuming substantial resources during construction and maintenance. The BrAIIn project aims for a sustainability driven transformation for Bridge Asset Management along the entire Life Cycle, from design, planning & construction to operation, maintenance and potential demolition, rebuild and material reuse with a focus on achieving the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs) by reducing emissions, resource consumption and promoting circular economy.

In Vienna more than 1,700 bridges, managed by MA29, are being operated while the Austrian highway network, managed by ASFiNAG, includes more than 5,800 bridges. To provide successful transformation methodologies and processes based on this enormous number of bridges, it's imperative to employ all available technologies e.g. artificial intelligence (=AI), identifying, assessing, and implementing areas with the potential for improvement. The proposed sustainability optimization entails an in-depth analysis of historical and state-of-the-art knowledge regarding construction and maintenance practices, providing essential insights for future decision-making by bridge owners, for the first time supported by AI and simulation.

Current asset management decisions predominantly rely on construction life cycle costs, resulting in a reactive maintenance strategy. The BrAIIn research project enables the transformation toward a preventive and sustainable maintenance approach across the entire life cycle. This approach involves examining ecological, economic and social resource consumption using simulation and AI models. BrAIIn aims to construct an adaptive system capable of harmonizing asset management systems in Europe, with minor adjustments to different regulatory frameworks.

BrAIIn research concept follows two key steps:

Key Step 1 will develop a novel interdisciplinary approach, combining AI and simulation to identify historical bridge maintenance treatment strategies, including structural ageing functions, maintenance intervals, and their impact on bridge

performance. AI methods include Text/Data Mining, Natural Language Processing, Machine Learning, and simulations, reveal patterns in bridge databases related to maintenance. Preliminary internal studies using LCC and LCA benchmarks reveal that shifting from current "rebuild and operate" maintenance strategy to a long-term preservation maintenance strategy significantly reduces the carbon footprint of bridges (30-50%) while having a minimal impact on Life Cycle Costs.

Key Step 2 evaluates and quantifies the impact of historical maintenance strategies through comparative analyses of Life Cycle Costs and Environmental Life Cycle Assessment (e.g., carbon footprint, traffic impact). This step also includes a comprehensive comparison with preservation maintenance models for enhanced sustainability driven decision making and strategic maintenance planning.

BrAI aims to cut carbon emissions in bridge asset management by 50% , contributing significantly to global sustainability.

Projektkoordinator

- VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Wien
- Hochschule Campus Wien Forschungs- und Entwicklungs GmbH