

## GreenInfraTwins

Adaptive digitale Zwillinge für Nachhaltigkeitsbewertungen im Infrastrukturbau

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, Mobilität 2023: DACH Verkehrsinfrastruktur	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.10.2023	<b>Projektende</b>	30.11.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	26 Monate
<b>Keywords</b>	Digitale Zwillinge, Ingenieurbauwerke, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft		

### Projektbeschreibung

Im Rahmen des Projektes werden Vorgehensweisen zum Aufbau von Digitalen Zwillingen für die Umsetzung effizienter Nachhaltigkeitsanalysen unter Berücksichtigung nationaler Anforderungen der DACH-Länder entwickelt und erprobt. Es erfolgt eine konkrete Umsetzung von Digitalen Zwillingen und ausgewählter nachhaltigkeitsbezogener Indikatoren für die Bewertung und Optimierung des Betriebs bzw. des Rückbaus von Ingenieurbauwerken hinsichtlich eines kreislaufgerechten Ressourcenmanagements. Im Fokus steht dabei die Entscheidungsunterstützung der Betreiber der Ingenieurbauwerke hinsichtlich Planung, Bauen, Betrieb und Rückbau. Auf Basis von Open Source Entwicklungen entsteht auch ein Implementierungsleitfaden, damit der Transfer und die Weiterentwicklung der Ergebnisse möglich werden. Für die Demonstration werden Digitale Zwillinge von bis zu drei Ingenieurbauwerken erstellt, mit Daten angereichert und für die Berechnung maßgebender Indikatoren zur Nachhaltigkeitsanalyse verwendet. Es werden zudem Hinweise gegeben, welche Daten in Zukunft zu erfassen und in Nachhaltigkeitsanalysen zu integrieren sind, damit Datenlücken geschlossen und transparente Entscheidungen getroffen werden können. Die Ergebnisse werden neben den Berichten auch in einem Positionspapier zusammengefasst und veröffentlicht.

### Abstract

Within the project, procedures for the development of digital twins for the implementation of efficient sustainability analyses will be developed and tested, taking into account the national requirements of the DACH countries. A practical implementation of digital twins and selected sustainability-relevant indicators for the evaluation and optimization of the operation and dismantling of civil engineering structures with regard to a cycle-oriented resource management will be carried out. The focus is on decision support for the operators of engineering structures with regard to planning, construction, operation and deconstruction. Based on open source developments, an implementation guide will be created to enable the transfer and further development of the results. For the demonstration, digital twins of up to three infrastructures will be created. They will be enriched with data and used to calculate relevant indicators for sustainability analysis. Guidance will also be provided on what data should be collected in the future and integrated into sustainability analysis to fill data gaps and enable transparent decision making. In addition to the reports, the results will be summarized and published in a white paper.

## Endberichtkurzfassung

Das Forschungsprojekt GreenInfraTwins adressiert zentrale Defizite bestehender Nachhaltigkeitsbewertungsansätze für Ingenieurbauwerke, insbesondere in der Nutzungs- und Rückbauphase. Während etablierte Bewertungsverfahren sich überwiegend auf Planungs- und Ausführungsphasen fokussieren, fehlen bislang geeignete Methoden sowie kontinuierlich verfügbare, belastbare Daten für den Betrieb. Vor diesem Hintergrund untersucht GreenInfraTwins das Potenzial Digitaler Zwillinge (DZ), Nachhaltigkeitsanalysen über den gesamten Lebenszyklus von Infrastrukturbauwerken systematisch, aktuell und nachvollziehbar zu unterstützen.

Auf Basis einer umfassenden Analyse normativer, methodischer und technologischer Grundlagen wurde zunächst ein konzeptioneller Rahmen für den Einsatz Digitaler Zwillinge in der Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturbauwerken entwickelt. Darauf aufbauend definierte das Projekt vier zentrale Anwendungsfälle für die Betriebsphase: Betriebsaufgaben, Instandhaltung, Lebensdauererlängerung und Rückbau. Für diese Anwendungsfälle wurden geeignete ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitsindikatoren identifiziert und in standardisierten Steckbriefen dokumentiert, einschließlich der erforderlichen Eingangsdaten, Berechnungsmethoden und Ergebnisgrößen.

Ein wesentliches Projektergebnis ist die Entwicklung und Umsetzung von Digitalen Zwillingen in Form von Demonstratoren, die an drei typisierten Brückenbauwerken aus Österreich, Deutschland und der Schweiz erprobt wurden. Die Demonstratoren basieren auf einer modularen, technologieoffenen Systemarchitektur und zeigen exemplarisch, wie DZ-gestützte Nachhaltigkeitsanalysen in realitätsnahen Entscheidungssituationen des Erhaltungsmanagements eingesetzt werden können. Ergänzend erfolgte eine fachliche Evaluation der Demonstratoren in Expertenworkshops, wobei die Rückmeldungen die Praxistauglichkeit und den Mehrwert des Ansatzes bestätigten.

Ein zentrales methodisches Ergebnis des Projekts ist der Linked-Data-basierte Ansatz zur Datenintegration, der es ermöglicht, heterogene Bauwerks-, Prozess-, Kosten- und Umweltdaten semantisch zu verknüpfen. Hierfür wurde die GrIT-Ontologie entwickelt, die als übertragbarer semantischer Layer zwischen Bauwerksmodellen, Maßnahmen, Nachhaltigkeitsindikatoren und zeitlichen Bezügen fungiert. GrIT ist bewusst generisch gestaltet und kann auf andere Bauwerkstypen und Anwendungsfälle übertragen werden.

Darüber hinaus liefert das Projekt konkrete Handlungsempfehlungen, die in einem Positionspapier zusammengefasst wurden. Diese Empfehlungen adressieren organisatorische, prozessuale und technologische Voraussetzungen für die Einführung Digitaler Zwillinge im nachhaltigkeitsorientierten Erhaltungsmanagement und richten sich an Betreiber, Entscheidungsträger und Fachakteure.

Als weitere wesentliche Deliverables stehen Prototypen, Demonstratoren, Quellcode sowie die entwickelte Ontologie GrIT öffentlich zur Verfügung. Diese Ergebnisse ermöglichen sowohl die Nachnutzung als auch die Weiterentwicklung des Ansatzes in Forschung und Praxis. Die Projektergebnisse sind abrufbar unter: [www.greeninfratwins.com](http://www.greeninfratwins.com).

Insgesamt zeigt das Forschungsprojekt GreenInfraTwins, dass Digitale Zwillinge ein praktikables, anschlussfähiges Instrument zur nachhaltigkeitsorientierten Entscheidungsunterstützung im Betrieb von Ingenieurbauwerken darstellen, wobei Datenqualität und Datenverfügbarkeit als entscheidende Erfolgsfaktoren identifiziert wurden.

## **Projektkoordinator**

- Ruhr-Universität Bochum - Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen

## **Projektpartner**

- Universität für Bodenkultur Wien
- HOCHTIEF Engineering GmbH
- Lombardi SA Ingegneri Consulenti
- Infrastructure Management Consultants GmbH (IMC)
- HOCHTIEF ViCon GmbH