

## TUNSPEKT

Innovative Straßen-Tunnelinspektion mit Hilfe von KI-Ansätzen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	MW 24/26, MW 24/26, Mobilitätswende: DACH 2024 Strasseninfrastruktur	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.10.2024	<b>Projektende</b>	31.03.2027
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2027	<b>Projektlaufzeit</b>	30 Monate
<b>Keywords</b>	Tunnel-Zustandserfassung, 3D-Tunnelscan, Tunnel-KI, Datenfusion, BIM-Erstellung		

### Projektbeschreibung

Im D.A.CH Verkehrsinfrastruktur-Call 2024 wird Thema 2 "Automatisierte Zustandserfassung und Schadenserkenkung im Straßentunnel" beantwortet. Das multinationale Konsortium vereint vier Partner mit umfassenden Referenzen in Tunnelscan, Tunnelvermessung, Verkehrsinfrastrukturplanung, -umsetzung und -instandhaltung, und drei F&E Partner mit weitreichender Erfahrung in der industriellen Umsetzung ihrer Lösungen in Sensorik, Robotik, Datenauswertung und -interpretation, sowie KI.

Der Schwerpunkt liegt auf schwer zugänglichen Bereichen und KI-basierten Methoden zur Schadbildererkennung und -analyse, sowie BIM mit Erhaltungsplanung, Maßnahmenableitung und wirtschaftlichen Überlegungen.

Die Umsetzung umfasst eine Use-Case Analyse, einen Überblick bekannter Verfahren und Komponenten zur Schadenserkenkung (Sensorik & Robotik, Datenaufbereitung / Fusionierung / Kartierung, KI-Mechanismen, BIM) sowie Multi-Sensor und Multi-Temporal Demonstrationen neuartiger Sensorik, Auswertungen und Präsentation an konkreten Tunnels. Bestehende F&E Ansätze dienen als Ausgangspunkt. Konkrete Innovationen umfassen den opto-akustischen „LaserBeat“ zum berührungslosen Aufspüren von Hohlstellen, einen multispektralen Laserscanner zur Detektion von Feuchtigkeit (ein Verfahren mittels Wärmeträgheit wird komplementär getestet) und ein adaptiertes Dibat-Altira System zur Einbringung von Sensorik in schwer zugängliche Bereiche.

Datenfusionierung adressiert die 3D sowie die 2D Zusammenführung unterschiedlicher aber ko-registrierter Sensordaten und unterstützt die räumliche Assoziation von physikalisch getrennten Tunnelbereichen zum beidseitigen Aufspüren von Artefakten.

Neue KI-Ansätze nutzen die so zueinander (auch in schwer zugänglichen Bereichen) in Bezug gebrachten Datenquellen – gemeinsam mit Daten aus optischer und Infrarot- (auch thermal) Sensorik, sowie Umgebungsdaten wie Temperatur und Feuchtigkeit – zur multi-modalen Schadbild- Erkennung / Kategorisierung.

TUNSPEKT adaptiert Methoden zur automatisierten BIM-Überführung schwer zugänglicher Tunnelbereiche. KI-basierte Objekterkennungs- und Segmentierungsansätze lokalisieren Tunnelausrüstungen und IoT-Geräte präzise und werden als Grundlage für digitale Zwillinge verwendet.

„Demo-1“ fokussiert auf Tunnelbereiche mit bekannten Schäden, welche aber mittels RGB-Photogrammetrie Verfahren aber nicht oder nur schwer zu erkennen sind. Sie kombiniert mehrere bahnbrechende Innovationen von der Sensorik bis hin

zur KI-basierten Schadstellen-Kategorisierung unterschiedlicher, speziell schwer zugänglicher, Tunnelteilbereiche. Eine multi-temporale „Demo-2“ wird einen weltweit einzigartigen Datensatz bereitstellen, welcher flächendeckend, über einen mehrjährigen Zeitraum (2018, 2024, 2025, 2026) und mit unterschiedlicher Sensorik Zustandsentwicklungen eines Straßentunnels zur Analyse bereitstellt. Dazu werden die KI-Mechanismen um eine multi-temporale Komponente erweitert. Demo-Resultate werden basierend auf unabhängigen Referenzmessungen sowie vorhandener Ground-Truth und Referenzaussagen eines/einer Tunnelsachverständigen über relevante Schädigungen und Objekte validiert. Zusätzlich zu den Demo-Daten, Demos, Berichten über die Anforderungen, bestehender Lösungen sowie die vorgeschlagenen und verwendeten Lösungen in Sensorik, Robotik, Modellierung & Fusionierung, KI und BIM steht am Ende für die Auftraggeber ASFINAG, BAST und ASTRA eine Analyse der mittel- und langfristigen F&E Roadmap zur Verfügung.

## **Abstract**

In the D.A.CH Transport Infrastructure Call 2024, topic 2 “Automated condition recording and damage detection in road tunnels” will be answered. The multinational consortium brings together four partners with extensive references in tunnel scanning, transport infrastructure planning, and maintenance, and three R&D partners with extensive experience in the industrial implementation of their solutions in sensor technology, robotics, data evaluation and interpretation, and AI.

The focus is on areas difficult to access and AI-based methods for damage detection and analysis, as well as BIM with related aspects of maintenance planning and economic considerations.

The implementation includes a use case analysis, an overview of known methods of the individual components of damage detection (sensors & robotics, data preparation / fusion / mapping, AI mechanisms, BIM) as well as multi-sensor and multi-temporal demonstrations, the new sensor technology and implement evaluation and data representation on specific tunnels.

Existing R&D approaches are used as a starting point. Concrete innovations include the opto-acoustic “LaserBeat” for the remote detection of cavities, a multispectral laser scanning for the automated detection of moisture (a process using thermal inertia is being tested in addition) and the adapted Dibat-Altira system for the insertion of sensor technology in areas that are difficult to access.

Data fusion addresses the 3D and 2D fusion of different but co-registered sensor data and supports the spatial association of physically separated tunnel areas to detect artefacts on both sides.

New AI approaches use the combined data sources (including areas with difficult access) - together with data from optical and infrared (also thermal) sensors, as well as environmental data such as temperature and humidity - for multi-modal damage detection / categorization.

TUNSPEKT adapts methods for the automated BIM creation including tunnel areas that are difficult to access. AI-based object recognition and segmentation approaches precisely localize tunnel equipment and IoT devices as the basis for digital twins.

‘Demo-1’ focuses on tunnel areas with known damage, but which are difficult or impossible to recognize using RGB photogrammetry methods. It combines several ground-breaking innovations from sensor technology to AI-based damage categorization of different tunnel sections, especially those that are difficult to access.

A multi-temporal 'Demo-2' will provide a worldwide unique data set, containing condition developments of a road tunnel for extensive analysis, over a period of several years (2018, 2024, 2025, 2026) and with different sensor technology. For this purpose, the AI mechanisms are expanded to include a multi-temporal component.

Demo results are validated based on independent reference measurements as well as existing ground truth and reference statements from a tunnel expert about relevant damage and objects.

In addition to the demo data, demos, reports on the requirements, existing solutions as well as the proposed and used solutions in sensor technology, robotics, modelling, datafusion, AI and BIM, an analysis of the medium and long-term R&D roadmap will be made available for the clients ASFINAG, BAST and ASTRA at the end.

### **Projektkoordinator**

- DIBIT Messtechnik GmbH

### **Projektpartner**

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- ILF Consulting Engineers Austria GmbH
- Pro2Future GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- ILF Beratende Ingenieure AG
- Grunicke Urs Heinrich Dipl.-Ing.