

MON-Net

Nachhaltige Instandhaltung und Sanierung von Verkehrsinfrastruktur durch innovative SAW-basierte drahtlose Sensornetze

| | | | |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | MW 24/26, MW 24/26, Mobilitätswende 2024/2 - Mobilitätssystem | Status | laufend |
| Projektstart | 01.09.2025 | Projektende | 31.08.2028 |
| Zeitraum | 2025 - 2028 | Projektlaufzeit | 36 Monate |
| Keywords | Structural Health Monitoring, Nachhaltige Instandhaltung, Sensorik, Netzwerkkommunikation, Digital Twin Technologie | | |

Projektbeschreibung

Ausgangssituation und Motivation:

Die Instandhaltung und Sanierung von Gebäuden und Infrastrukturen, insbesondere Brücken, sind ressourcenintensive Prozesse. Eine rechtzeitige und präzise Zustandserfassung ist essenziell, um frühzeitig gezielte Maßnahmen zu setzen und eine kostenintensive Neubausanierung zu vermeiden. Derzeit werden Bauwerke meist durch visuelle Inspektionen oder Oberflächensensoren überwacht, was nur eingeschränkt Rückschlüsse auf den inneren strukturellen Zustand ermöglicht. Die Integration von Sensorik im Inneren statisch relevanter Bauelemente (z. B. Träger, Säulen) ist technisch herausfordernd, da aktive Sensoren eine eigene Energieversorgung benötigen und nur begrenzte Lebensdauer aufweisen. Die Entwicklung energieeffizienter, drahtloser und langlebiger Sensorlösungen ist daher ein dringendes Erfordernis, um eine nachhaltige Bauwerksüberwachung zu gewährleisten.

Ziele und Innovationsgehalt:

Das Forschungsprojekt MON-Net adressiert diese Herausforderungen durch den Einsatz passiver Surface Acoustic Wave (SAW)-Sensoren, die direkt in Beton eingegossen oder an bestehende Brückenstrukturen angebracht werden können. Diese Sensoren benötigen keine eigene Energieversorgung und können drahtlos von externen Readern ausgelesen werden. Die Reader fungieren als Kommunikationsknoten, wodurch ein robustes und selbstorganisierendes Sensornetz entsteht. Die Vision von MON-Net ist die Entwicklung eines innovativen Brückenmonitoringtools, das Sensordaten kontinuierlich an eine zentrale Auswertestation sendet. Dort werden die Daten mit Hilfe eines digitalen Zwillings analysiert, um präzise Instandhaltungsstrategien abzuleiten. Durch die Kombination von SAW-Sensorik, drahtlosen Sensornetzen und digitalen Zwillingen entsteht eine neue, energieeffiziente und skalierbare Lösung zur präzisen Zustandserfassung von Brücken.

Angestrebte Ergebnisse bzw. Erkenntnisse:

MON-Net wird ein funktionsfähiges Proof-of-Concept (TRL 4) demonstrieren, in dem die SAW-Sensoren, das drahtlose

Sensornetz und der digitale Zwilling in einer realitätsnahen Umgebung validiert werden. Die erwarteten Ergebnisse umfassen: 1) Weiterentwicklung der SAW-Sensorik für eine robuste und präzise Bauwerksüberwachung
2) Optimierung der Reader-Technologie zur effizienten drahtlosen Kommunikation
3) Entwicklung eines energieeffizienten selbstorganisierenden Sensornetzwerks, das alternative Datenrouten nutzt und Multipath-Fähigkeit besitzt
4) Integration der Sensordaten in einen digitalen Zwilling, um eine kontinuierliche Echtzeitüberwachung zu ermöglichen
5) Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsanalyse, um die Vorteile der Technologie für Infrastrukturbetreiber und öffentliche Institutionen zu bewerten

MON-Net leistet einen entscheidenden Beitrag zur nachhaltigen Transformation der Verkehrsinfrastruktur, indem es die Lebensdauer von Brücken verlängert, Instandhaltungskosten reduziert und die Kreislaufwirtschaft fördert. Durch die präzisere Zustandserfassung wird zudem Materialverschwendung minimiert, da überhöhte Sicherheitszuschläge bei Sanierungen reduziert werden können. Die Projektergebnisse stärken nicht nur die wissenschaftliche Relevanz der beteiligten Forschungsinstitutionen, sondern eröffnen auch neue Geschäftsmöglichkeiten für Unternehmen im Bereich IoT-basierter Bauwerksüberwachung.

Abstract

Initial Situation and Motivation:

The maintenance and renovation of buildings and infrastructure, particularly bridges, are resource-intensive processes. Timely and precise condition assessment is essential to implement targeted measures at an early stage and avoid costly full-scale reconstruction. Currently, structures are mainly monitored through visual inspections or surface sensors, which provide only limited insights into their internal structural condition. Integrating sensors within structurally relevant building elements (e.g., beams, columns) is technically challenging, as active sensors require an independent power supply and have a limited lifespan. The development of energy-efficient, wireless, and durable sensor solutions is therefore an urgent necessity to enable sustainable structural monitoring.

Objectives and Innovation Potential:

The MON-Net research project addresses these challenges by utilizing passive Surface Acoustic Wave (SAW) sensors, which can be embedded directly into concrete or attached to existing bridge structures. These sensors operate without an independent power supply and can be wirelessly read by external readers. The readers act as communication nodes, creating a robust and self-organizing sensor network. The vision of MON-Net is to develop an innovative bridge monitoring tool that continuously transmits sensor data to a central evaluation station. There, the data is analyzed using a digital twin to derive precise maintenance strategies. By combining SAW sensor technology, wireless sensor networks, and digital twins, a new energy-efficient and scalable solution for precise structural condition assessment of bridges is created.

Expected Results and Findings:

MON-Net will demonstrate a functional proof-of-concept (TRL 4), validating the SAW sensors, wireless sensor network, and digital twin in a realistic environment. The expected outcomes include:

- 1) Further development of SAW sensor technology for robust and precise structural health monitoring
- 2) Optimization of reader technology for efficient wireless communication

- 3) Development of an energy-efficient, self-organizing sensor network that utilizes alternative data routes and features multipath capability
- 4) Integration of sensor data into a digital twin to enable continuous real-time monitoring
- 5) Sustainability and economic viability analysis to evaluate the benefits of the technology for infrastructure operators and public institutions

MON-Net contributes significantly to the sustainable transformation of transport infrastructure by extending the lifespan of bridges, reducing maintenance costs, and promoting the circular economy. Additionally, more precise condition assessment minimizes material waste, as excessive safety margins in renovation projects can be reduced. The project's results will not only strengthen the scientific relevance of the participating research institutions but also create new business opportunities for companies specializing in IoT-based structural health monitoring.

Projektkoordinator

- Lakeside Labs GmbH

Projektpartner

- PSP - Petschacher Software und Projektentwicklungs GmbH
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- FH Kärnten - gemeinnützige Gesellschaft mbH
- SAW COMPONENTS Dresden GmbH