

Aktuelle Arbeiten zu Inspektions- und Monitoring-Techniken zur Erhaltung der Standsicherheit kritischer Infrastruktur am Beispiel Brückenbauwerke

Dirk Koster¹, Samuel Klein¹, Julia Emge¹, Marius Schäfer¹, Christoph Weingard¹

*¹Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP,
Campus E3 1 | 66123 Saarbrücken | Deutschland*

Zusammenfassung

Die Ermittlung des Zustands von Bauwerken gewinnt in Deutschland wegen der alternden Infrastruktur eine immer höhere Bedeutung, vor allem für die öffentliche Sicherheit und aus volkswirtschaftlichen Gründen. Besonders Brücken nehmen hier eine herausragende Rolle ein: In jüngster Vergangenheit mussten mehrere Brücken wegen strukturellen Schäden am Bauwerk für den Betrieb gesperrt werden, in Dresden ist es am 11.09.2024 sogar zum Einsturz des Brückenzug C der Carolabrücke gekommen. Mobile Inspektionen und kontinuierliches Monitoring mit Sensoren können einen entscheidenden Beitrag zur Standsicherheit kritischer Infrastruktur leisten, indem den zuständigen Bauingenieuren und Bauwerksprüfer Sensordaten schnell und auch vor Ort zugänglich gemacht werden. So können direkt weitere Schritte eingeleitet werden. Welche Sensordaten benötigt werden, muss individuell für jedes Bauwerk unter verschiedenen Randbedingungen entschieden werden. Das Fraunhofer IZFP hat deshalb verschiedene Technologien für das kontinuierliche Monitoring und die wiederkehrende Inspektion entwickelt. Dabei kommen moderne Techniken wie Hardware-Beschleuniger für sensornahe KI-Datenverarbeitung sowie die Integration der Sensordaten ins Building Information Modeling (BIM) zum Einsatz. Auf zwei Technologien wird in dieser Veröffentlichung näher eingegangen: die Multimodale Autarke Sensor-Plattform (MAUS) für energieeffizientes kontinuierliches Monitoring und das Sensor-EDGE als Komplettlösung für die umfassende Strukturdiagnose. Beide ermöglichen eine unkomplizierte, sichere und energieeffiziente Bereitstellung von Inspektions- und Überwachungsdaten und erleichtern damit eine genauere Zustandsbewertung von Infrastrukturbauwerken sowie die vorausschauende Instandhaltung.

Keywords: Bauwerksprüfung, zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (ZfPBau), Zustandsüberwachung, Structural Health Monitoring (SHM), Building Information Modeling, Edge Computing

23. ITG/GMA-Fachtagung, Sensoren und Messsysteme 2026
Nürnberg, 09. Juni 2026

Aktuelle Arbeiten zu Inspektions- und Monitoring-Techniken zur Erhaltung der Standsicherheit kritischer Infrastruktur am Beispiel von Brückenbauwerken

*Dirk Koster¹, Samuel Klein¹, Julia Emge¹, Marius Schäfer¹, Christoph Weingard¹,
¹Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken*

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer
IZFP
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Sensor und Datensysteme für
Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Motivation: Schutz kritischer Infrastruktur und Aufrechterhaltung öffentlicher Versorgungssicherheit



Dresden: Einsturz von Brückenzug C der Carolabrücke am 11.09.2024



Berlin: Vollsperrung der sogenannten Ringbahnbrücke der Stadtautobahn A100 am 19.03.2025 wegen eines ausbreitenden Risses im Tragwerk.



Bonn: Vollsperrung der Rheinbrücke Bonn-Nord (Friedrich-Ebert-Brücke) seit 03.06.2026 wegen strukturellen Schäden am Tragwerk der linksrheinischen Vorlandbrücke.

- Regelmäßige Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Straßen- und Wegenetz werden durchgeführt (DIN 1076).
- Frühzeitige Schadenserkenennung mit zeitnaher Analyse, Bewertung und Instandsetzung kann Kosten in Milliardenhöhe vermeiden.
- Die Bereitstellung einer umfassenden Daten- und Informationsgrundlage am Bauwerk selbst ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Lösung: Zustandsbewertung durch kontinuierliches Monitoring und wiederkehrender Inspektion direkt am Bauwerk

Seite 2

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Aber welche Technologie wird benötigt?



Seite 3

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Herausforderungen

Die Implementierung von Monitoring-Systemen unterliegt unterschiedlichsten Randbedingungen

- Spannungsversorgung:
 - Kabelgebunden
 - Autarke Energieversorgung (Solar)
- Kommunikation:
 - Lokale Infrastruktur vorhanden (LoRaWAN; WLAN/LAN usw.)
 - Lokale Infrastruktur nicht vorhanden (GSM, LTE, usw.)
- Sensordaten:
 - Welche Daten sollen ermittelt werden? Rohdaten oder bereits vorverarbeitete Informationen?
- Bewertung:
 - Wie sieht das Zielsystem aus? User-Interface? Wer administriert das Zielsystem und welche Daten sollen gespeichert werden?



Seite 4

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

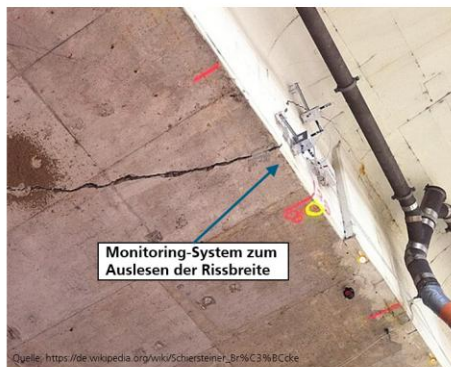
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Inspektions- und Monitoringtechniken für verschiedene Anforderungen kritischer Infrastruktur

Anforderungen der Betreiber aus der Überwachung und Prüfung nach DIN 1076

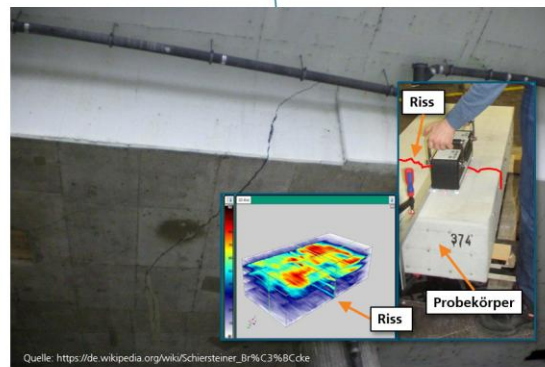
Anforderungen
Produktebene
Sensoren usw.

Kontinuierliches Monitoring



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Schiersteiner_Br%C3%BCke

Wiederkehrende Prüfung / Inspektion



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Schiersteiner_Br%C3%BCke

Seite 5

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Inspektions- und Monitoringtechniken für verschiedene Anforderungen kritischer Infrastruktur

Anforderungen

Produktebene

Sensoren usw.

Anforderungen der Betreiber aus der Überwachung und Prüfung nach DIN 1076

Kontinuierliches Monitoring

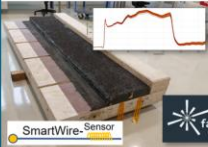
Wiederkehrende Prüfung / Inspektion

Multimodale Autarke Sensor-Plattform – MAUS für das autarke, energieeffiziente und kontinuierliche Monitoring



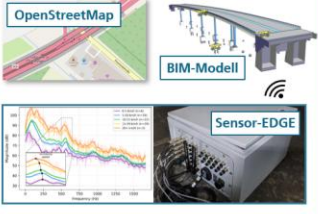
- Weg (Laser, magnetostruktiv, DMS), Vibration, Akustische Emission, Feuchte, (EM)US usw.
- Lufttemperatur, -feuchte

SmartWire-Sensor zur ortsgenauen Detektion von Feuchteintrag



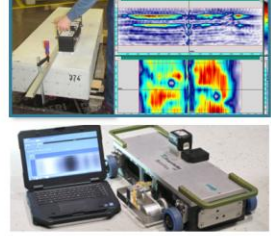
- Elektrischer Leiter (Kabel) mit Time (Frequency)-Domain-Reflectometry (TDR, FDR)
- Wetterdaten

Sensor-EDGE als Komplettlösung für die umfassende Infrastruktundiagnose



- Verschiedene Sensoren für das kontinuierliche Monitoring sowie Anbindung von ZfPBau-Systemen
- Vor-Ort Datenbank mit BIM-Darstellung
- Wetterdaten und a priori Informationen

Mobile ZfPBau-Systeme zur lokalen wiederkehrenden Prüfung



- Modulares **Ultraschall**-System für ZfPBau (ModUS-Bau)
- Streufluss**-Systeme zur Stahldetektion in Bauwerken (Spannglieder)

Seite 6

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP



Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI



Fraunhofer
IZFP

Fraunhofer-Institut für zerstörungs-
freie Prüfverfahren IZFP

Sensor und Datensysteme für
Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz

Multimodale Autarke Sensor-Plattform – MAUS für das energieeffiziente und kontinuierliche Monitoring

Seite 7

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP



Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

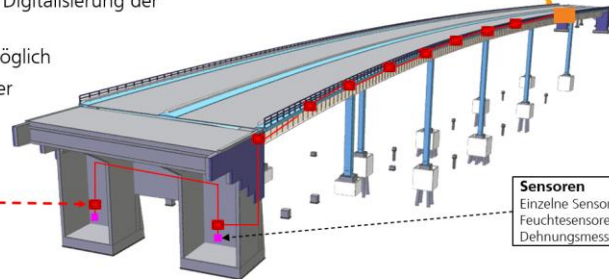
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Multimodale Autarke Sensor-Plattform – MAUS

Energieeffizientes und kontinuierliches Monitoring

- Energieeffizientes und -autarkes System (Solarpanel)
- Flexible Sensorenerweiterung und reduzierter Aufwand für die Verkabelung durch den Einsatz einer Daisy-Chain-Topologie (Serielle Verbindung von Sensor-Frontends)
- Störuneempfindlich durch frühzeitige Digitalisierung der Sensorsignale direkt am Sensor
- Fusion verschiedener Sensordaten möglich
- Datentransport direkt an die Betreiber

Sensor-Frontend (Mini-MAUS)
Sensornähe Elektronik zum Auslesen von Einzelsensoren und sehr nahen Vorverarbeitung.



Sensoren
Einzelne Sensorelemente wie Feuchtesensoren, akustische Emission, Dehnungsmessstreifen und viele weitere.

Datentransport
an die Betreiber

MAUS-Basiseinheit
Elektronik zum Auslesen, speichern, verarbeiten und versenden von Sensordaten.

Seite 8

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

MAUS: Konfigurationsbeispiel - Wegmessung



Messung der Lagerwege an einer Brücke

- Kontinuierliche Ermittlung der Lagerwege unter Einbeziehung von Umweltdaten (Lufttemperatur und -feuchte)
- Einsatz verschiedener Sensoren (Laser, magnetostruktiv)
- Kontinuierliche Energieversorgung über 230VAC
- Datenübertragung über das LoRaWAN-Netz der Stadtwerke



Seite 9

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

MAUS: Konfigurationsbeispiel - Wegmessung



Seite 10 10.06.2026 © Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
IZFP
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Sensor-EDGE als Komplettlösung für die umfassende Infrastrukturdiagnose

Ergebnisse aus dem öffentlichen Projekt ImaB-Edge

Fraunhofer
IZFP

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Sensor und Datensysteme für
Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz

Seite 11 10.06.2026 © Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
IZFP
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

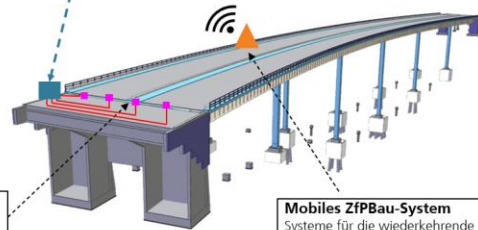
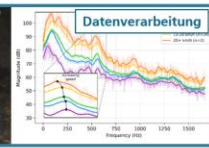
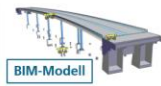
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Sensor-EDGE

Komplettlösung für die umfassende Infrastruktundiagnose

- Hochperformantes System (perspektivisch mit Solarpanel)
- Vielzahl von Sensoren, auch mit sehr hoher Datenrate, anbindbar (parallele Verbindung).
- Datenbank, unterstützt durch KI-Algorithmen, für eine maximale Datenreduktion.
 - Einlernphase mit hoher Datenrate zur Algorithmenentwicklung
 - Betriebsphase mit minimaler Datenrate
- Ergänzung von Sensordaten aus der wiederkehrenden Prüfung (mobiles ZfPBau-System) zur signifikanten Verbesserung der Infrastruktundiagnose.
- Ermöglicht eine vor Ort Bewertung verschiedener Bauwerke durch die Vorhaltung eines digitalen Sensorabbilds

Datentransport
an die Betreiber



Sensoren
Einzelne Sensorelemente,
auch mit hoher Datenrate.

Mobiles ZfPBau-System
Systeme für die wiederkehrende
Prüfung mit z.B. Radar oder Ultraschall

Seite 12

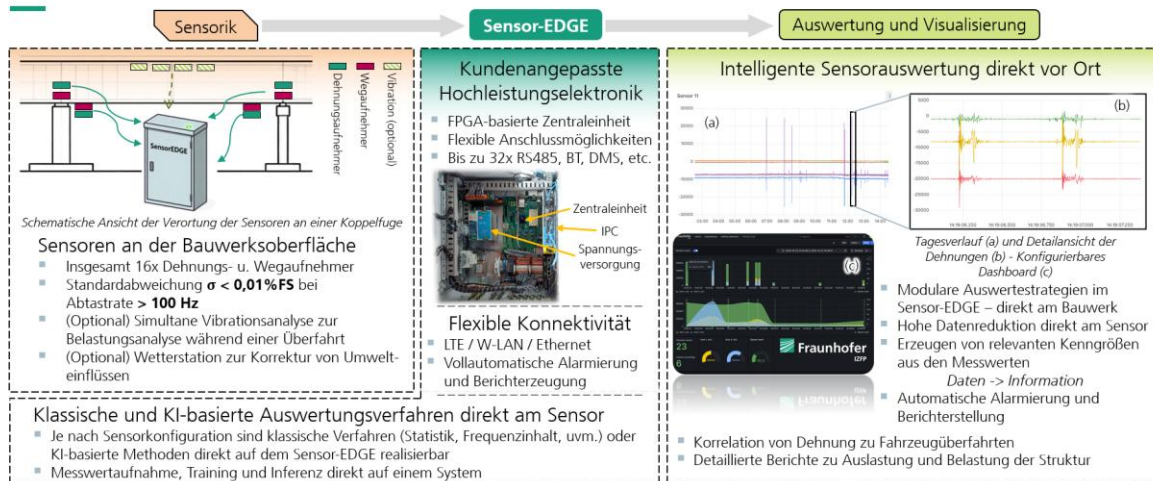
10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Sensor-EDGE: Überwachung von Dehnungs- und Lagerwegverläufen an einem Brückenbauwerk



Seite 13

10.06.2026

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Sensor-EDGE: Überwachung von Dehnungs- und Lagerwegverläufen an einem Brückenbauwerk



Seite 14 10.06.2026 © Fraunhofer IZFP

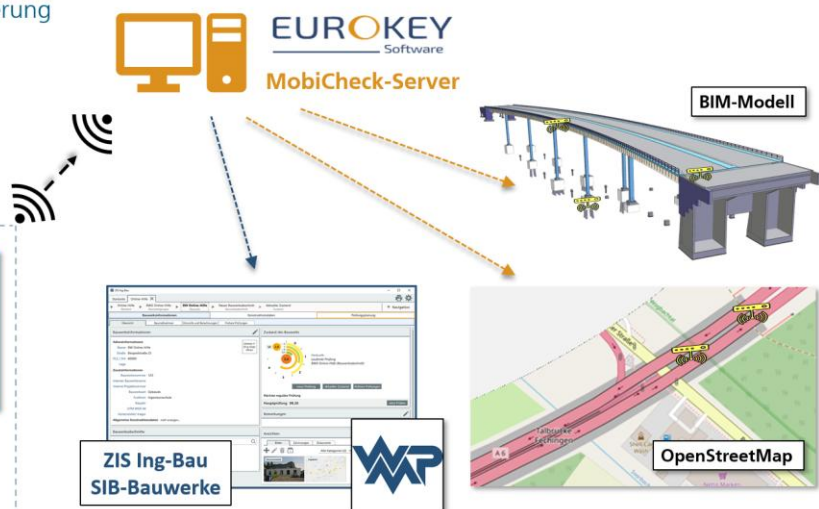
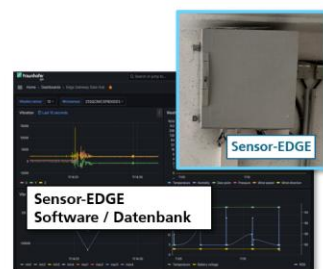
Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Datenhandling und -visualisierung

Digitalisierung und
Datenvisualisierung

Sensor-EDGE / MAUS
/ SmartWire-Sensor



Seite 15 10.06.2026 © Fraunhofer IZFP

Fraunhofer
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI



**Fraunhofer**
Fraunhofer-Zentrum für Sensor-Intelligenz ZSI

Fraunhofer-Zentrum für
Sensor-Intelligenz ZSI

**Fraunhofer**
IZFP

Fraunhofer-Institut für Zerstörungs-
freie Prüfverfahren IZFP

Sensor und Datensysteme für
Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dirk Koster, M.Sc.
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
Chief Scientist

Campus E3 1
66123 Saarbrücken

Telefon +49 (0) 681 9302-3894
Mobil +49 172 378 8091
Mail dirk.koster@izfp.fraunhofer.de