

Untersuchung neue Werkstoffe

Gestaltungsleitfaden Innovatives Monitoring

Verteilte faseroptische Messungen für die Zustandsüberwachung

DB InfraGO AG

Zukunftsinitiative Bahnbau
Produktivität & Innovation

ZIB-Team „Baustoffe der Zukunft“

München, den 20.11.2024

„Baustoffe der Zukunft“

Gestaltungsleitfaden: Innovatives Monitoring

Verteilte faseroptische Messungen für die Zustandsüberwachung

Allgemeine Arbeitsgruppe:

Die Arbeitsgruppe setzt sich zusammen aus 13 Vertretern der DB InfraGO AG, KIBAG, LEUBE, MKP, Kleihues, König Bau, CBING, C³, RWTH Aachen, TU Dresden, EPFL Lausanne, MKIngenieure, FOLAB)

Die Unterlage wurde extern geprüft von:

Prof. em. Dr. Eugen Brühwiler
EPFL - ETH Lausanne
beratender Ingenieur
Schweiz

Das Vertiefungsdokument wurde erstellt von:

FOLAB:
Dr. Katarzyna Zdanowicz

Bilder: Abb. 1 bis 8 FOLAB GmbH, Titelbild: nerve-sensors.com

Alle Dokumente wurden durch die DB InfraGO AG begleitet und geprüft:

Grundsätze Infrastrukturplanung und -projekte - Abteilung Baukapazität, Umwelt und Logistik:
I.IIG 41: Conrad Pelka

Bauartenverantwortung Ingenieurbau - Brückenbau und LS-Anlagen Technik
I.IAI 31: Tristan Mölter
I.IAI 31: Peter Dul

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
1.1 Vorstellung der Technologie.....	4
2 Einsatzgebiete	6
2.1 Technologien und Methoden der faseroptischen Messung.....	6
2.2 Einsatzmöglichkeiten von DFOS im Brückenmonitoring.....	6
2.2.1 Erkennung von lokalen Schäden und Rissen	6
2.2.2 Dehnungsüberwachung	7
2.2.3 Vibrationserkennung und Verkehrsüberwachung	7
2.2.4 Integration in bestehende Überwachungsprotokolle	7
2.3 Installation und Betrieb.....	7
2.3.1 Planung und Installation faseroptischer Messsysteme	7
2.3.2 Datenverarbeitung und Analyse von DFOS-Signalen	8
3 Chancen für Ökologie, Ökonomie und Soziales	9
3.1 Nachhaltigkeitsanalyse	9
3.2 Kosten.....	9
3.3 Soziales	9
4 Risikobewertung	10
5 Anwendungsbeispiele	11
5.1 EÜ Oder Küstrin - DFOS-Rissüberwachung.....	11
5.2 Itztalbrücke - AKR-Dehnungsüberwachung.....	12
5.3 Saalebrücke BW09 (Fugenüberwachung).....	13
5.4 DZSF Digitales-Testfeld	14

1 Einleitung

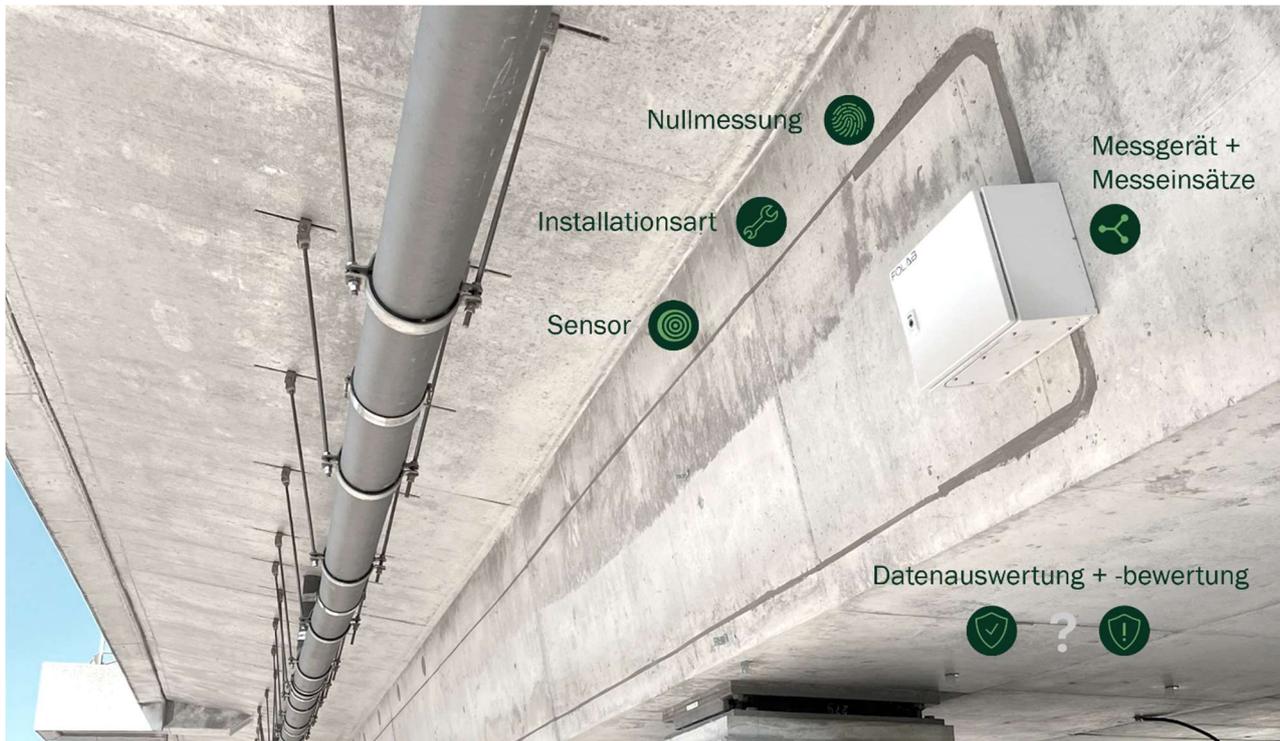


Abbildung 1: Aufbau des DFOS-Messsystems (Quelle:

1.1 Vorstellung der Technologie

Die traditionelle Überwachung von Brücken stützt sich häufig auf periodische Inspektionen, bei denen Ingenieure vor Ort den Zustand des Bauwerks visuell überprüfen und Messungen an ausgewählten Stellen durchführen. Diese Methoden, obwohl weit verbreitet, haben einige Einschränkungen. Visuelle Inspektionen sind stark von der Erfahrung und dem Urteil der Ingenieure abhängig. Kleine Risse oder Veränderungen können übersehen werden, was die Genauigkeit der Bewertung beeinträchtigen kann. Schädigungsmechanismen können oft erst in einem fortgeschrittenen Stadium festgestellt werden. Die Zustandsaufnahme von Brücken, insbesondere bei großen oder schwer zugänglichen Infrastrukturobjekten, erfordert erhebliche Ressourcen in Bezug auf Zeit, Personal und Ausrüstung inkl. Zugangstechnik.

In den letzten Jahren haben sich eine Vielzahl von modernen Überwachungstechnologien entwickelt, die viele der Herausforderungen der traditionellen Methoden überwinden können. Diese Technologien ermöglichen eine kontinuierliche, automatisierte und verteilte Überwachung des gesamten Bauwerks und bieten Ingenieuren wertvolle Daten. Zu den wichtigsten neuen Ansätzen im Bauwerksmonitoring gehören unter anderem verteilte faseroptische Messsysteme (DFOS, eng. distributed fibre optic sensing). Diese Technologie nutzt Glasfasern, um über lange Strecken kontinuierlich Messdaten zu sammeln und physikalische Größen wie Dehnung, Temperatur und Vibrationen entlang der gesamten Faserlänge zu erfassen. DFOS-Sensoren stehen im Gegensatz zu den punktuellen Messungen mit Sensoren, wie z. B. Dehnungsmessstreifen, die nur punktuelle Daten an den Stellen, an denen sie installiert sind, liefern.

Die Grundlage der faseroptischen Messtechnik sind optische Fasern, Lichtwellenleiter. Eine Glasfaser besteht aus einem lichtleitenden Kern, der von einem Mantel umgeben ist. Licht, das in diesen Kern eingekoppelt wird, breitet sich aufgrund des Totalreflexionsprinzips entlang der Faser aus. Während der Ausbreitung wird ein Teil des Lichtes durch verschiedene Streuphänomene beeinflusst. Diese Streuprozesse liefern Informationen über physikalische Veränderungen in der Umgebung der Faser, wie Dehnung, Temperatur oder Vibrationen. Die drei wichtigsten Arten der Streuung, die für faseroptische Messungen genutzt werden, sind die Rayleigh-, Brillouin- und Raman-Streuung.

Distributed Fibre Optic Sensing (DFOS) nutzt die oben beschriebenen Streuphänomene, um physikalische Veränderungen entlang einer Glasfaser zu messen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Sensoren, die nur an bestimmten Punkten Messungen durchführen, agiert eine Glasfaser bei DFOS-Systemen als kontinuierlicher Sensor entlang ihrer gesamten Länge. Dies ermöglicht eine verteilte Messung von Parametern wie Dehnung, Temperatur oder Vibration über mehrere Meter hinweg.

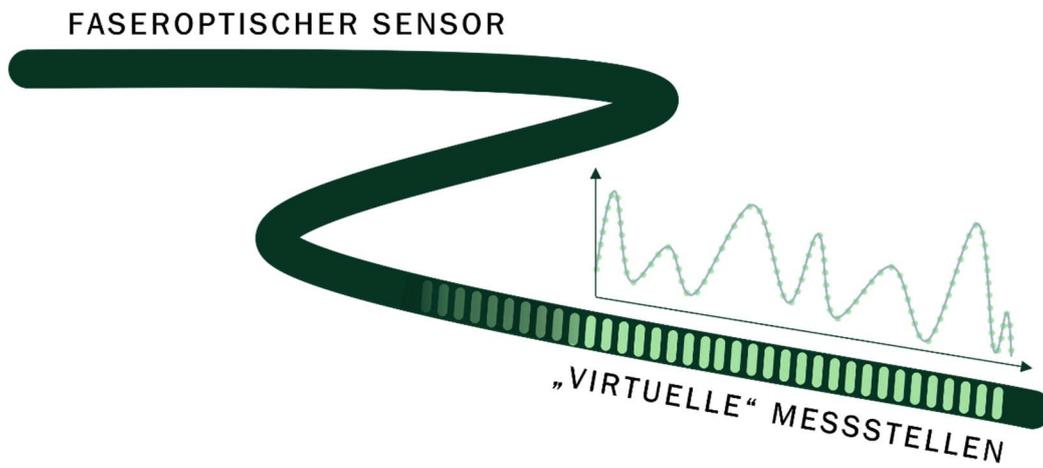


Abbildung 2: Schematische Darstellung von faseroptischen Messungen

2 Einsatzgebiete

2.1 Technologien und Methoden der faseroptischen Messung

In der faseroptischen Messtechnik gibt es verschiedene Technologien, die jeweils unterschiedliche physikalische Parameter messen. Diese Methoden umfassen Distributed Strain Sensing (DSS), Distributed Acoustic Sensing (DAS) und Distributed Temperature Sensing (DTS).



Abbildung 3: Was alles gemessen werden kann

Die Wahl der geeigneten faseroptischen Technologie hängt stark von den spezifischen Anforderungen des Überwachungsprojekts ab. Jede der oben dargestellten Methoden ist für unterschiedliche Anwendungsszenarien optimiert.

DSS (Verteilte Dehnungsmessung) ist ideal für die Überwachung statischer und dynamischer Dehnungen. Diese Technologie eignet sich besonders für den Einsatz bei Langzeitüberwachungen, bei denen Dehnungsänderungen eine entscheidende Rolle spielen.

DTS (Verteilte Temperaturmessung) bietet die präziseste Methode zur Messung und Überwachung thermischer Veränderungen entlang eines Sensors.

DAS (Verteilte akustische Messung) ist die beste Wahl, wenn es um die Erfassung von Vibrationen oder plötzlichen Ereignissen geht. Es ermöglicht eine Echtzeitüberwachung dynamischer Prozesse und ist daher ideal für die Erkennung von kurzfristigen Veränderungen wie z.B. Spanndrahtbrüche oder Verkehrsüberwachung.

In vielen Fällen kann die Kombination mehrerer Technologien die umfassendste Lösung bieten, um verschiedene Arten von Veränderungen gleichzeitig zu überwachen. Zum Beispiel können bei einer Brücke sowohl Dehnungen (mit DSS) als auch Vibrationen (mit DAS) überwacht werden, während DTS für die Temperaturmessungen sorgt und eine thermische Kompensation von Dehnungswerte ermöglicht.

2.2 Einsatzmöglichkeiten von DFOS im Brückenmonitoring

2.2.1 Erkennung von lokalen Schäden und Rissen

Eines der Hauptziele des Brückenmonitorings ist die frühzeitige Erkennung von Schäden, welche die Bauwerksintegrität beeinträchtigen könnten. DFOS-Systeme können bereits kleinste Dehnungen oder Veränderungen detektieren, die auf das Auftreten von Rissen oder Materialermüdung hinweisen. Durch die hohe räumliche Auflösung von DFOS-Systemen, können mikroskopische Risse oder lokale Defekte erkannt werden, bevor sie zu sichtbaren Schäden führen. Diese Technologie ermöglicht die präventive Wartung und trägt zur Vermeidung kostenintensiver Reparaturen bei. Darüber hinaus ermöglichen DFOS-Messungen die präzise Ortung von Schäden entlang der Glasfaser, wodurch die betroffenen Bereiche gezielt untersucht und repariert werden können.

2.2.2 Dehnungsüberwachung

Die Dehnungsmessungen sind ein zentraler Bestandteil des Structural Health Monitorings (SHM) von Brücken. DFOS-Systeme bieten eine lückenlose Messung der Dehnung entlang der Brückenbauwerke, was insbesondere bei langfristigen Belastungen durch Verkehr und Umweltfaktoren wichtig ist. Faseroptische Sensoren ermöglichen die Messung sowohl statischer als auch dynamischer Dehnungen, somit kann zum Beispiel das Verhalten der Brücke unter verschiedenen Verkehrsbedingungen detailliert untersucht werden.

2.2.3 Vibrationserkennung und Verkehrsüberwachung

Neben den Dehnungsmessungen können DFOS-Systeme auch zur Erfassung von Vibrationen und akustischen Signalen verwendet werden, insbesondere durch Distributed Acoustic Sensing (DAS). Damit können die durch Fahrzeuge verursachten Vibrationen gemessen werden, was die Überwachung von Verkehrslasten und die Analyse von deren Auswirkungen auf die Brücke in Echtzeit ermöglicht. DAS-basierte Systeme sind in der Lage plötzliche Ereignisse, z. B. Spanndrahtbrüche oder Unfälle, sofort zu erfassen und eine Alarmierung in Echtzeit zu ermöglichen.

2.2.4 Integration in bestehende Überwachungsprotokolle

Ein großer Vorteil von DFOS-Systemen ist die einfache Integration in bestehende Überwachungs- und Instandhaltungsprotokolle. Die Technologie kann entweder als eigenständiges System oder in Kombination mit anderen Sensortechnologien (wie drahtlosen Sensoren oder traditionellen Messgeräten) verwendet werden, um ein hybrides, umfassendes Überwachungssystem von Brückenbauwerken zu ermöglichen. Darüber hinaus können beispielsweise die aus den Messergebnissen automatisch lokalisierten Rissstellen mit den Ergebnissen von handnahen Bauwerksprüfungen verglichen werden. Moderne Datenverarbeitungssysteme können die kontinuierlich erfassten Daten analysieren und potenzielle Anomalien automatisch identifizieren, allerdings es soll betont werden, dass die Dauermonitoring mit DSS sowie DAS-Messeinsätze große Menge von Daten erzeugen.

2.3 Installation und Betrieb

2.3.1 Planung und Installation faseroptischer Messsysteme

Die Planung und Installation faseroptischer Messsysteme ist ein entscheidender Schritt, um eine effektive Überwachung von Brückenbauwerken zu gewährleisten. Der Erfolg eines solchen Überwachungssystems hängt von der präzisen Planung, der korrekten Platzierung der Sensoren und der Berücksichtigung technischer sowie baulicher Anforderungen ab. Die wesentlichen Aspekte bei der Installation von faseroptischen Systemen auf Brücken und deren Integration in bestehende und neue Bauwerke umfassen:

- Robustheit und Schutz der Glasfaser: Glasfaserkabel müssen vor mechanischen Belastungen, Witterungseinflüssen und potenziellen Beschädigungen geschützt werden, es sollen geeignete, baustellentaugliche Sensoren verwendet werden.
- Minimale Signalverluste: um die Integrität der Messdaten sicherzustellen, sollten Glasfasern so verlegt werden, dass Signalverluste minimiert werden, hier sollen z. B. Biegeradien eingehalten werden.
- Redundanz: ein gut geplantes System sollte auch Redundanz bieten, um im Falle eines Faserausfalls weiterhin zuverlässige Daten zu liefern.
- Optimale Platzierung der Sensoren, um zu gewährleisten, dass kritische Bereiche des Bauwerks überwacht werden.

Die Implementierung von faseroptischen Messsystemen unterscheidet sich je nach Art des Bauwerks und dem Zeitpunkt der Installation. Es gibt zwei Hauptansätze: die Integration in Neubauten und die nachträgliche Installation in bestehenden Brücken. Bei der Planung neuer Brücken können faseroptische Systeme von Anfang an in das Bauwerk integriert werden. Dies bietet den Vorteil, dass die Sensoren direkt im Tragwerk eingebettet werden können und die Messdatenerfassung ab „Stunde Null“ ermöglichen, damit kann auch eine optimale Positionierung

der Sensoren bereits in der Planungsphase sichergestellt werden. Bei bestehenden Brücken ist die nachträgliche Installation von faseroptischen Systemen möglich. Um DFOS-Sensoren optimal zu verlegen, ohne die Integrität der Brücke zu beeinträchtigen, werden die Sensoren auf der Brückenoberfläche (bei Massivbauwerken in kleinen Nuten, bei Stahlbauwerken auf die gereinigte Oberfläche) verlegt.

2.3.2 Datenverarbeitung und Analyse von DFOS-Signalen

Die Datenverarbeitung und Analyse spielen eine zentrale Rolle in der effektiven Nutzung von Distributed Fibre Optic Sensing Systemen. Da die DFOS-Systeme kontinuierlich große Mengen an Daten entlang der gesamten Sensorlängen generieren, sind leistungsfähige Methoden zur Erfassung, Speicherung und Interpretation unerlässlich, um relevante Informationen über Veränderungen des Bauwerkszustands und potenzielle Schäden zu gewinnen. Die Rohdaten, die von DFOS-Systemen erfasst werden, müssen einer weiteren Verarbeitung unterzogen werden, um nützliche Informationen über den Zustand der Brücke zu extrahieren. Die Verarbeitung umfasst mehrere Schritte, von der Rauschunterdrückung und Anomalie-Erkennung bis zur Extraktion der physikalischen Werte wie Dehnung oder Temperatur. Die aus den Daten extrahierten Werte müssen weiterhin interpretiert werden, um Zustandsveränderungen, Risse oder andere Schäden zu identifizieren. Es bestehen bereits Algorithmen, die solche Analysen ermöglichen. Die Datenverarbeitung und Analyse von DFOS-Signalen ist ein komplexer, aber entscheidender Prozess für die effektive Nutzung dieser Technologie im Brückenmonitoring.

3 Chancen für Ökologie, Ökonomie und Soziales

Der Einsatz von faseroptischen Überwachungssystemen (DFOS) für Brücken bietet weitreichende Chancen, die über rein technische Verbesserungen hinausgehen. Diese Technologie kann positive Auswirkungen auf ökologische, ökonomische und soziale Bereiche haben, indem sie die Nutzungsdauer von Brücken verlängert, die Sicherheit erhöht und gleichzeitig zur Ressourcenschonung beiträgt. Im Folgenden werden die wichtigsten Chancen in diesen drei Bereichen näher erläutert.

3.1 Nachhaltigkeitsanalyse

- **Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit:** Durch den Einsatz von DFOS-Messsystemen können Schäden frühzeitig erkannt und präventive Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden, bevor schwerwiegende Schäden entstehen. Dies verlängert die Nutzungsdauer von Brücken und reduziert die Notwendigkeit für umfassende, ressourcenintensive Reparaturen oder sogar einen vorzeitigen Abriss und Neubau.
- **Reduktion von CO₂-Emissionen:** Traditionelle Brückenwartungen und Reparaturen erfordern oft umfangreiche Bauarbeiten, die mit einem hohen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen verbunden sind. Durch präventive Wartung und optimierte Instandhaltungspläne, die auf den kontinuierlich erhobenen Daten von DFOS basieren, kann der CO₂-Fußabdruck verringert werden.

3.2 Kosten

- **Kosteneffizienz durch präventive Wartung:** DFOS-Systeme ermöglichen eine Zustandsüberwachung von Ingenieurbauwerken, wodurch potenzielle Probleme frühzeitig erkannt werden. Dies kann zu erheblichen Kosteneinsparungen führen, da durch präventive Maßnahmen die kostenintensiven Notfallreparaturen oder der Ersatz beschädigten Bauwerken vermieden werden können.
- **Reduzierte Betriebskosten durch Reduzierung von teuren, manuellen Inspektionen:** langfristig gesehen sind faseroptische Systeme wartungsarm und erfordern nur geringe laufende Kosten im Vergleich zu herkömmlichen manuellen Prozessen. Durch die präzise und umfassende Überwachung lassen sich Instandhaltungsmaßnahmen besser planen und durchführen, was die Betriebskosten senkt.
- **Niedrige Installationskosten in Neubauten:** wenn die Sensoren bereits in die Neubauphase installiert werden, können die Informationen über Zustand von Bauwerken bereits ab „Stunde Null“ bereitgestellt werden. Die im Vergleich zu den Baukosten vernachlässigbare Installationskosten bieten nachher wertvolle Informationen für die Betriebsphase.

3.3 Soziales

- **Erhöhte Sicherheit, aber auch Transparenz und Vertrauen:** durch die kontinuierliche Überwachung von Dehnungen, Vibrationen und Temperaturänderungen können potenzielle Gefahren frühzeitig erkannt werden. Dies reduziert das Risiko von Brückeneinstürzen oder schweren Schäden, die nicht nur wirtschaftliche, sondern auch menschliche Verluste zur Folge haben könnten. Eine gut überwachte Infrastruktur fördert das Vertrauen der Bevölkerung in die Verkehrsinfrastruktur.
- **Vermeidung von Verkehrsunterbrechungen:** Notfallreparaturen an Brückenbauwerken führen häufig zu Verkehrsbehinderungen oder -umleitungen, die Unannehmlichkeiten für die betroffene Bevölkerung zur Folge haben. Messdaten aus DFOS-Systemen ermöglichen es, Reparaturen frühzeitig zu planen und mit minimalen Auswirkungen auf den Verkehr durchzuführen.
- **Förderung von Innovation:** die Implementierung von DFOS-Systemen fördert technologische Innovationen und erfordert spezialisiertes Wissen und Fachkräfte. Dies schafft neue Arbeitsplätze im Bereich der Infrastrukturüberwachung. Die Ausbildung von Ingenieuren und Technikern in der Nutzung dieser fortschrittlichen Technologien trägt zu einer Wissensökonomie bei, die auf Innovation und langfristige Nachhaltigkeit setzt.

4 Risikobewertung

Die Implementierung von DFOS-Überwachung in Brückenbauwerken bietet zahlreiche Vorteile, bringt jedoch auch spezifische Risiken mit sich, die berücksichtigt werden müssen, um die langfristige Zuverlässigkeit und Effizienz zu gewährleisten. Zu den wesentlichen Risikofaktoren gehören:

- **Zerstörung des Sensors im Zuge des Einbaus.** Während der Installation von DFOS-Sensoren besteht das Risiko, dass die Sensoren beschädigt werden, insbesondere durch Abknicken. Diese Art von Beschädigung kann die Funktion des Systems langfristig gefährden. Um das Risiko von Beschädigungen zu minimieren, ist eine präzise Installation unter Einhaltung der vorgegebenen Biegeradien und Belastungsgrenzen erforderlich.
- **Fehlerhafte Datenübertragung nach dem Einbau.** Eine mangelhafte Datenübertragung kann auf Beschädigungen der Glasfaser während des Einbaus oder technische Fehler im System zurückzuführen sein. Eine gründliche Inspektion und Prüfung der DFOS-Sensoren vor und nach dem Einbau trägt dazu bei, potenzielle Fehlerquellen frühzeitig zu erkennen.
- **Probleme mit langfristiger Datenstabilität durch Materialalterung und Umweltbedingungen.** Glasfasern und ihre Schutzmaterialien können im Laufe der Zeit durch Alterungsprozesse beeinträchtigt werden, was zu Signalverzerrungen führen kann. Ebenfalls kann eine langfristige Exposition gegenüber UV-Strahlung oder extremen Temperaturen die Integrität der Fasern beeinträchtigen. Um die Datenstabilität über mehrere Jahrzehnte zu gewährleisten, sollten geeignete Sensortypen und Installationsarten verwendet werden.
- **Technologische Obsoleszenz.** Die Technologie im Bereich der faseroptischen Sensorik entwickelt sich schnell weiter. Es besteht das Risiko, dass die installierten Systeme veraltet werden und Ersatzteile oder technischer Support nicht mehr verfügbar werden. Neue Hardware-Erweiterungen könnten mit bestehenden Systemen nicht kompatibel sein, was zu zusätzlichen Kosten für Upgrades oder Systemaustausch führen kann.

Die erfolgreiche Implementierung von DFOS-Systemen im Bauwerksmonitoring erfordert eine umfassende Risikobewertung und proaktive Maßnahmen zur Risikominimierung. Durch sorgfältige Planung, hochwertige Materialien, regelmäßige Wartung und effektive Kommunikation zwischen allen beteiligten Parteien können die genannten Risiken erheblich reduziert werden.

5 Anwendungsbeispiele

In diesem Kapitel werden Anwendungsbeispiele vorgestellt, die verdeutlichen, wie DFOS in realen Projekten eingesetzt wurde, um Integrität und Sicherheit von Brücken zu gewährleisten. Diese Beispiele bieten wertvolle Einblicke in die praxisnahen Vorteile der Technologie, von der Frühwarnung bis zur Optimierung von Instandhaltungsstrategien, und zeigen, wie DFOS dazu beiträgt, Infrastrukturbauwerke sicherer und nachhaltiger zu bewirtschaften.

Die Anwendungsbeispiele wurden in zwei Ausführungsvarianten unterteilt: neue Bauwerke, bzw. Installationen während Erneuerungsarbeiten, und Bestandsbauwerke. Bei diesen Varianten sollen die Besonderheiten von Installationsprozessen, und die damit verbundenen Effekte auf die Messdatenauswertungen, berücksichtigt werden:

Neubau

Bei Neubau von Massivbauwerken kann die Installation der DFOS-Sensoren bereits während des Bauprozesses erfolgen, da die Sensoren direkt in dem Bewehrungskorb integriert werden können. Dies bietet den Vorteil, dass die Sensoren einen guten Verbund mit der Umgebung haben und präzise Messungen von Dehnungen und Temperaturveränderungen ab „Stunde Null“ ermöglichen.

Bestandsbau

In bestehenden Bauwerken werden die Sensoren nachträglich auf der Oberfläche (Stahlbauwerken) oder in vorbereiteten, gefrästen Nuten (Massivbauwerken) eingeklebt. Die Erfassung von Messdaten beginnt unmittelbar nach der Installation.

5.1 EÜ Oder Küstrin - DFOS-Rissüberwachung

Die Eisenbahnüberführung über die Oder besteht aus einer Netzwerkbogenbrücke mit Carbonhänger mit einer Stützweite von 130 m (Achsen 10 bis 20) und einem Vorlandfeld mit Stützweiten von jeweils ca. 45 m. 16 faseroptische DFOS-Sensoren mit einer Gesamtlänge von 1600 m wurden direkt in der Stahlbetonfahrbahnplatte zur Überwachung der Rissentwicklung eingebettet.



Abbildung 4: Installation von Sensoren an der EÜ Oder
(links: Übersicht von Messstrecken, rechts: DFOS-Sensor im Bewehrungskorb)

Die DFOS-Technologie ermöglichte mit einer sehr hohen Auflösung auch kleine Rissbreitenänderungen (Mikrorissbildung entlang der Netzwerkbogenbrücke) zu beobachten.

Auf Basis der erfassten Dehnungsänderungen an bestimmten Positionen war es möglich, durch Hydratation verursachte Mikrorisse in der Stahlbetonplatte präzise zu lokalisieren. Diese aus brückenbautechnischer Sicht unproblematische Mikrorisse wurden in der Draufsicht der Platte eingetragen, wodurch auf automatisierte Weise eine Art Risskataster entstand. Dieses Kataster ermöglicht eine systematische Erfassung und Visualisierung der Mikrorisse und bietet die Grundlage für eine kontinuierliche Überwachung des Bauwerkszustands in den kommenden Jahren.

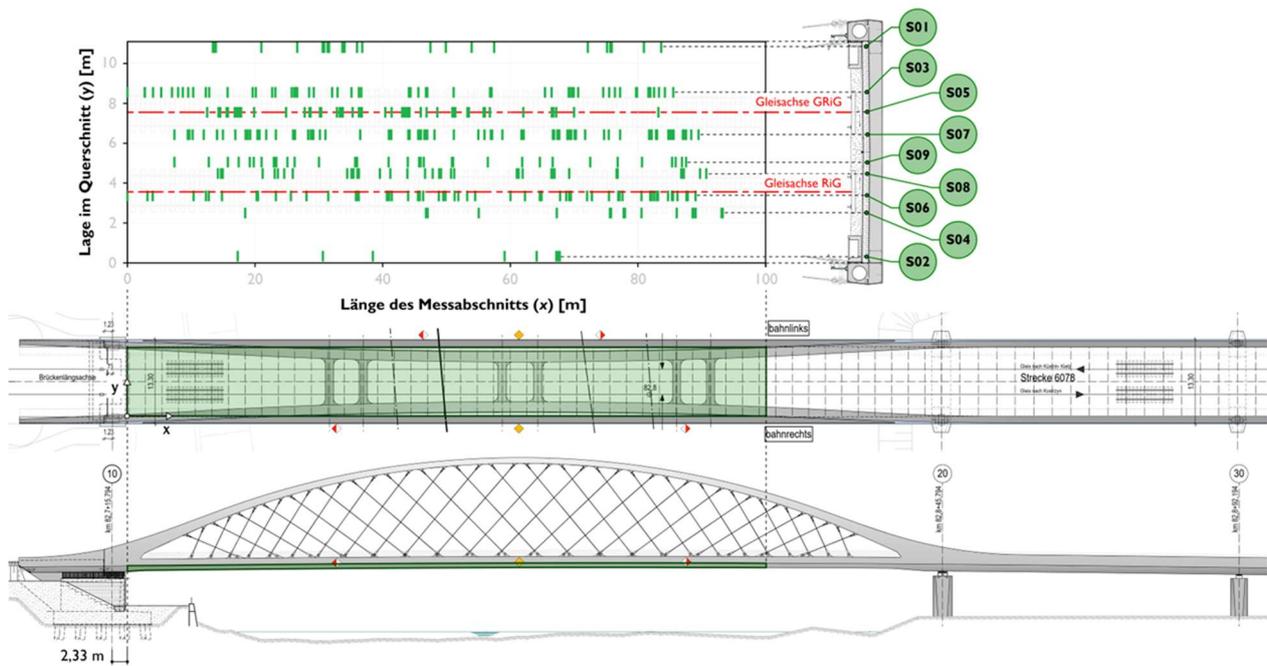


Abbildung 5: Beispielergebnisse eines DFOS-Risskatasters

5.2 Itztalbrücke – AKR-Dehnungsüberwachung

Im Rahmen des Schutzes der Pfeilerköpfe an der Eisenbahnüberführung (EÜ) Itztalbrücke wurden diese mit einem rissüberbrückendem Oberflächenschutzsystem beschichtet. Das macht eine spätere visuelle Beurteilung der Risse an der Oberfläche unmöglich. Aus diesem Grund wurden faseroptische Sensoren in die Nuten eingesetzt, um die verteilten Dehnungsmessungen durchzuführen und somit den Reaktionsfortschritt der Degradationsprozesse im Beton und die Veränderungen einzelner Risse als auch die Gesamtlängenänderung ganzer Oberflächenbereiche in horizontaler und vertikaler Richtung kontrollieren zu können.



Abbildung 6: Pfeilerköpfe der EÜ Itztalbrücke nach der Beschichtung, wobei DFOS-Sensoren bereits in den Nuten eingeklebt wurden



Abbildung 7: Installation von DFOS-Sensoren vor Aufbringung der Beschichtung

5.3 Saalebrücke BW09 (Fugenüberwachung)

Im Zuge der Instandsetzung der Saalebrücken 8, 9, 10 und der Saaleflutbrücken 11 auf der Strecke 6340 von Halle nach Guntershausen, werden die bestehenden Fahrbahnwannenelemente aus den 1960er Jahren durch neue Fahrbahnplatten ersetzt. Aufgrund der zu erwartenden geringfügigen Bewegungen im Fahrbahnplattensystem, wurde beschlossen, einen vereinfachten Fugentyp (Kontaktfuge) zu verwenden. Um das Verhalten der Kontaktfugen und des Bauwerks zu überwachen und zu bewerten, wurde beschlossen, es mit Hilfe von verteilten faseroptischen Messungen zu beaufsichtigen. Das Ziel von verteilten faseroptischen Messungen ist es, den Dehnungs- und Risszustand in den neuralgischen Punkten des Tragwerks zu beobachten und die Überwachung des Tragwerks in den Punkten der Fugenausbildung sicherzustellen. Damit werden sowohl die Dehnungsmessungen in den Fugenbereichen als auch die präzise Erfassung und Lokalisierung von Rissen sowie die Entwicklung von deren Rissbreiten möglich.

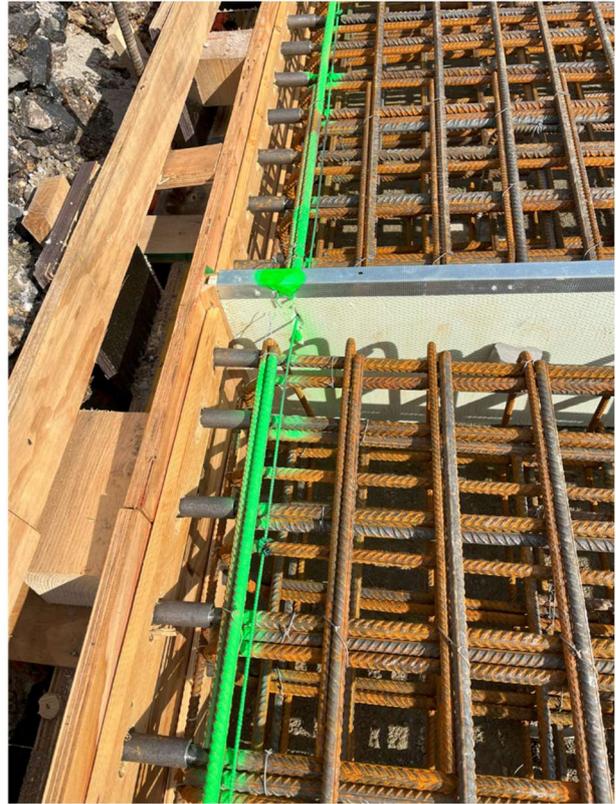


Abbildung 8: Installation von DFOS-Sensoren in der Platte
(links: Übersicht, rechts: Detail der Sensorführung durch eine Querfuge)

5.4 DZSF Digitales-Testfeld

Im Rahmen des Forschungsprojekts - DZSF - Messtellen für Ingenieurbauwerke im Offenen Digitalen Testfeld waren Messungen mit verteilten faseroptischen Sensoren geplant. DFOS-Sensoren wurden für die Erfassung von Dehnungen und Rissen an einem Bauwerk vorgesehen, sowohl am Überbau als auch an den Schienen. Die DFOS-Sensoren haben zum Ziel der Dehnungszustand und Rissbreitenentwicklung am Überbau sowie die Schienendehnungen zu erfassen. Die Messungen sollen in definierten Zeitintervallen, statisch und dynamisch (während Zugüberfahrten) erfolgen.



Abb. 7. Installation: die Sensoren teilweise in die gefräste Nut eingeklebt



Abb. 8. Der Brückenbauwerk mit installierten DFOS-Sensoren