Neue Prüftechniken zur Untersuchung von Zugtraggliedern (Brückenseilen, Spannseilen, Spanngliedern) auch in unzugänglichen Bereichen – Neuer Stand der Technik und erste Anwendungen

Jochen H. Kurz, Laurent Laguerre, Frank Niese, Laurent Gaillet,
Klaus Szielasko, Fabien Treyssède

FilameNDT

Seminar Nr. 18 - 2012/2013
„Moderne zerstörungsfreie Bauwerksdiagnose - wesentliches und unverzichtbares Hilfsmittel für Nachrechnungen von Brücken und Instandsetzungsplanungen"
VSVI Seminar, Trier, 19. März 2013

© Fraunhofer IFSTTAR

Fraunhofer IZFP

Übersicht

- **Fraunhofer IZFP**
  - **Institut**
  - **Leistungsspektrum**
  - **Geschäftsfelder**
  - **Joint Lab**
- **FilameNDT – ein dt.-franz. Projekt zur ZfP an Zugtraggliedern**
  - **Prüfung seilartiger Strukturen**
  - **MFL**
  - **Ultraschall**
  - **Monitoring**

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Fraunhofer IZFP
Campus E3 1
66123 Saarbrücken / Germany

info@izfp.fraunhofer.de
www.izfp.fraunhofer.de

Fraunhofer IZFP
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden / Germany

info@izfp-d.fraunhofer.de
www.izfp-d.fraunhofer.de

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Allgemeines

Mitarbeiter

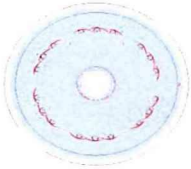
in SB		in DD
50	Wissenschaftler	48
33	Ingenieure	30
11	Techniker	10
32	Infrastruktur	15
126	Zusammen	**103**
106	Doktoranden	**80**
	Diplomanden	
	stud. Hilfskräfte	
	Auszubildende	
	Gastwissenschaftler	

Betriebshaushalt 2011
30,56 Mio €;
davon 13,34 Mio € Industrieerträge
998 Projekte

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP
Physik der ZfP



Ultraschall

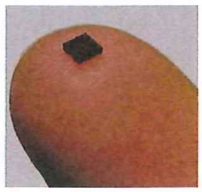
Ins Innere hören

Wirbelstrom

Mehr als nur Steckdose

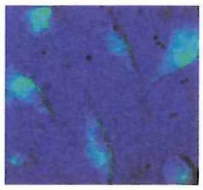
Magnetik

Hightech mit sensitiver Hülle



Streufluss

Winzige Riesen



Optik

Mehr als nur hell

Mikro- & Nano-ZfP

Technik im Kleinstformat

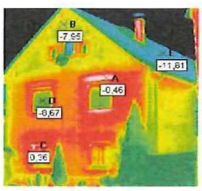
© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP
Physik der ZfP

Mikrowellen

Berührungslos

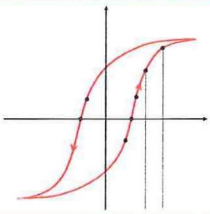


Thermografie

Aktiv oder passiv

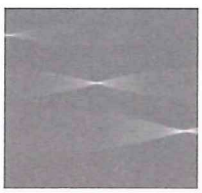
Röntgen

Nicht nur in der Medizin



Theorie

Mathematik und Physik der ZfP



Modellierung

Vorher wissen, was uns erwartet

Prozessmanagement

Steuern, Regeln, Überwachen

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP
Physik der ZfP

Structural Health Monitoring

Dauerhafte Sicherheit für Strukturen

Geräte

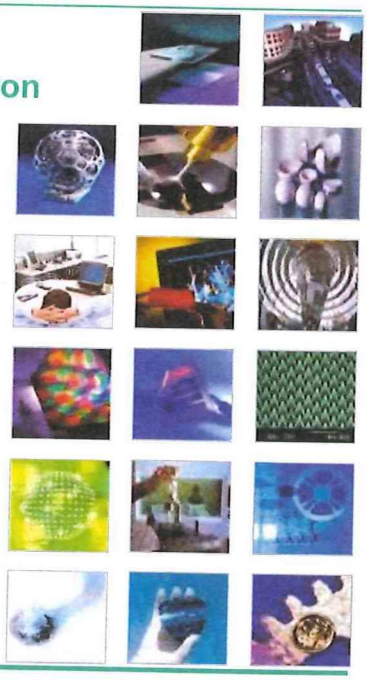
Unentbehrliche Helfer

© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

Bündelung der Kompetenzen durch Vernetzung
Allianzen mit Beteiligung des Fraunhofer IZFP

- **Adaptronik**
- Ambient Assisted Living AAL
- **Bau**
- Digital Cinema
- E-Government
- Energie
- Food Chain Management
- Generative Fertigung
- Grid Computing
- **Hochleistungskeramik**
- **Leichtbau**
- **Nanotechnologie**
- **Numerische Simulation von Produkten, Prozessen**
- Optic Surfaces
- Photokatalyse
- Polymere Oberflächen POLO
- Reinigungstechnik
- **SysWasser**
- **Verkehr**
- **Vision**



© Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

IZFP Geschäftsfelder in der Übersicht

Saarbrücken	Dresden
Automobil	Elektronik, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie
Bahn und Schiene	Umwelt, Energie, Lebenswissenschaften
Industrieanlagen	Luft- und Raumfahrt

© Fraunhofer

Fraunhofer IZFP

Fraunhofer IZFP

BAM

Fraunhofer IZFP

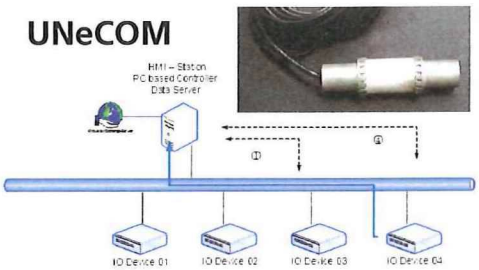
Seit 2005 gemeinsame Aktivitäten im Bereich ZfP Bau im Rahmen eines Joint Lab

BetoScan

OSSCAR bauwerkscanner

Machbarkeitsstudien

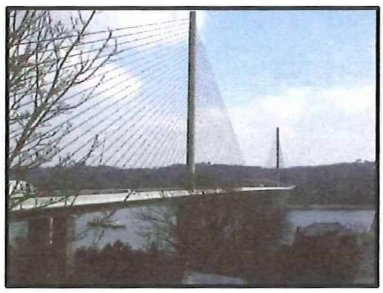
UNeCOM



© Fraunhofer IZFP

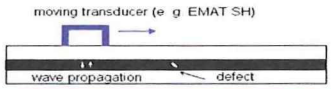
Fraunhofer IZFP

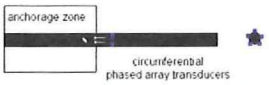
FilameNDT: Brückenseile, Spannseile, Spannglieder



Quelle: Milestone 1 Report, FilameNDT

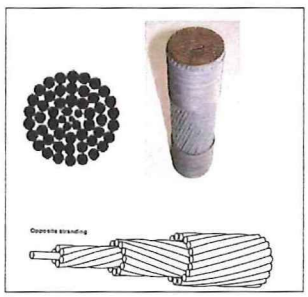
- Teilweise eingebettete, metallische Elemente von Infrastrukturbauwerken
- Spannglieder, Brückenseile, vollverschlossene Spiralseile etc.
- Entwicklung und Weiterentwicklung der Kombination verschiedener ZfP-Verfahren, um die Aussagekraft der Untersuchungen zu verbessern
- Monitoring Anwendungen

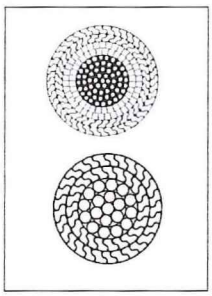


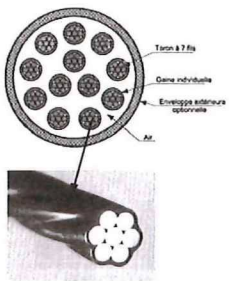


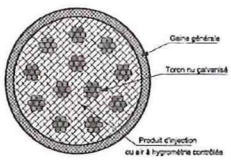
Brückenseile, Spannseile, Spannglieder: was macht die ZfP-Prüfung hier kompliziert?

- Pro: metallischer Werkstoff (Stahl), daher große Bandbreite an ZfP Methoden
- Contra: komplexe Geometrie, mehrlagiger Aufbau, teilseise sehr beschränkte Zugänglichkeit, Schädigung oftmals in verdeckten Bereichen
- Prüftechnik und Monitoring: aufgrund Geometrie insbesondere bei Ultraschallprüfung modenspezifische Effekte, für Monitoring sind diese Strukturen besser geeignet









Untersuchte Fallbeispiele

Kabel unterschiedlicher Durchmesser

Ultraschall geführte Wellen (EMUS (SH-Torsionsmode, L-Longitudinalmode)), Magn. Streufluss, 3MA

Ankerzone

Ultraschall geführte Wellen (EMUS (Torsionsmode, Longitudinalmode)), 3MA, SE (monitoring)

Vollverschlossene Spiralseile, und 7-adriges Spannseil

Magn. Streufluss 3MA (Monitoring, erste Ansätze, Testphase)

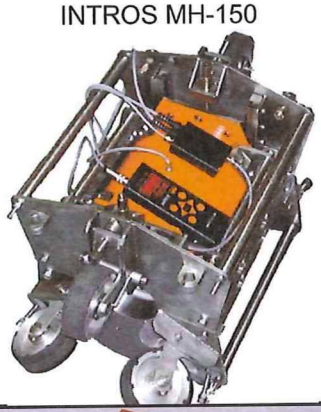
-Vollverschlossene Spiralseile: innere und Fehler unter Beschichtung
- 7-adriges Spannseil: Hüllrohr (Kunststoff), Fehler innenliegend

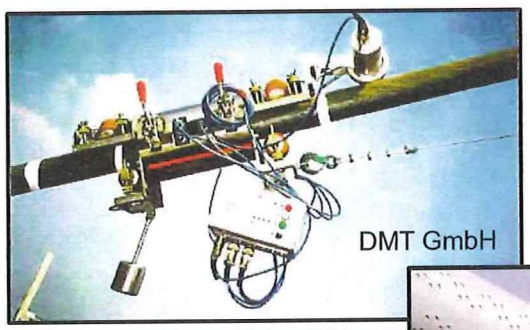
Hängebrücke steht für Inspektion und Monitoring zur Verfügung (Mettlach, Saarbrücke)

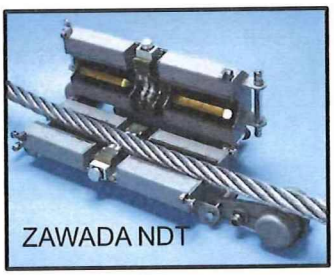
Ultraschall geführte Wellen (EMUS (SH-Torsionsmode, L-Longitudinalmode)), 3MA, und SE (Monitoring)

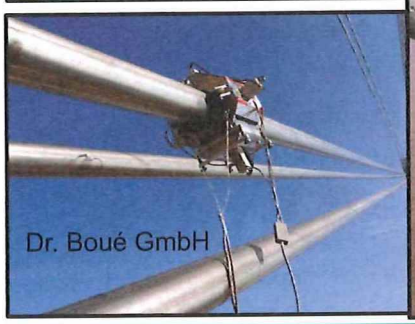
MFL
Stand der Technik

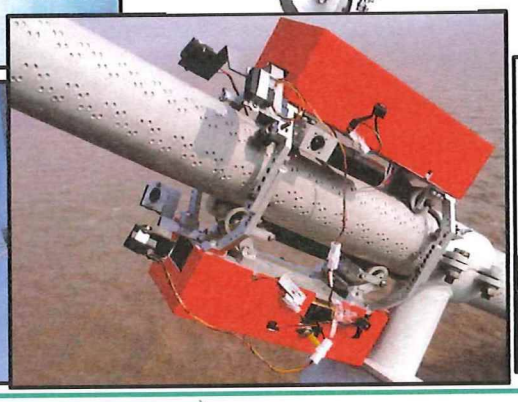
INTROS MH-150

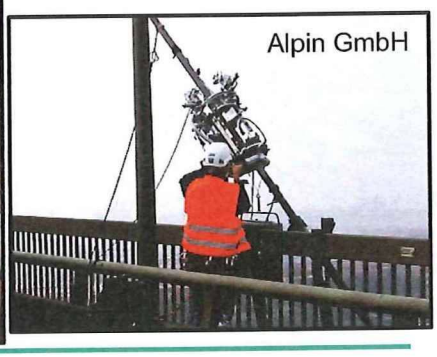








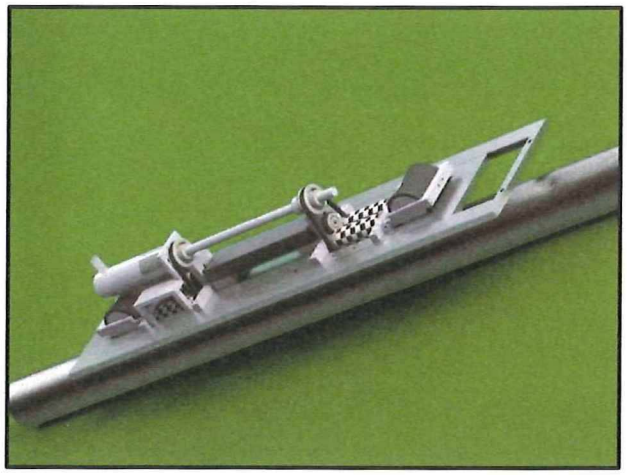




MFL
FluxCrawler

Magnetisches Streuflussprüfsystem, das Bestimmung der genauen Fehlerlage auch in Umfangsrichtung erlaubt

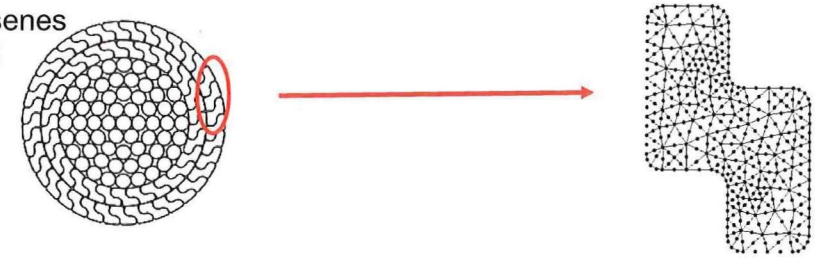
- **8-Kanal Hall-Sensor-Array**
- **Verstärker**
- **DSPIC Mikrocontroller**
- **Bluetooth Schnittstelle, langreichweitig**
- **Beschleunigungssensoren**
- **Raupenähnlicher Mechanismus zur Fortbewegung**



Modellierung geführter Ultraschallwellen

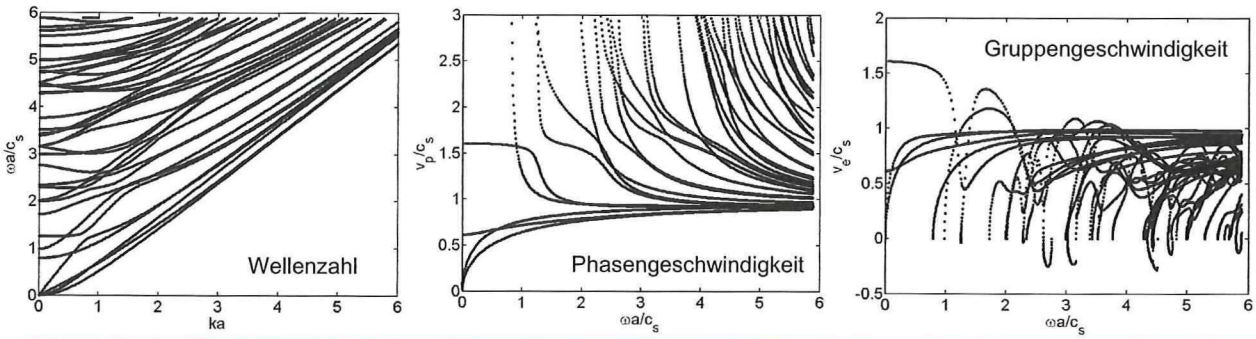
Semi-analytische Finite Elemente Berechnung eines Einzeldrahts (Z-förmig) eines vollverschlossenen Spiralseils

Vollverschlossenes Spiralseil



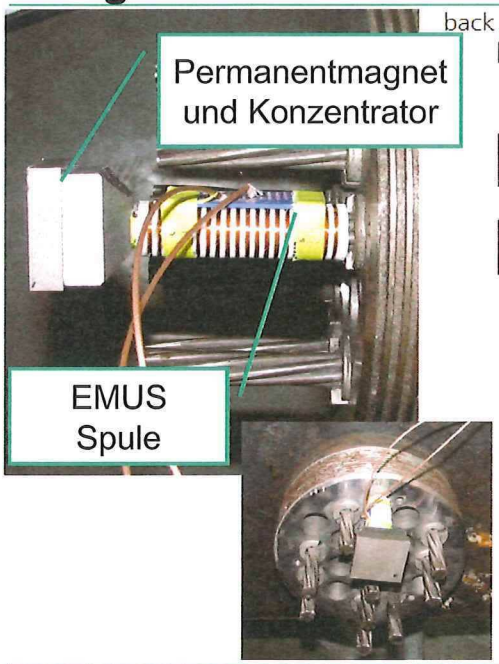
Einzeldraht Z-Form

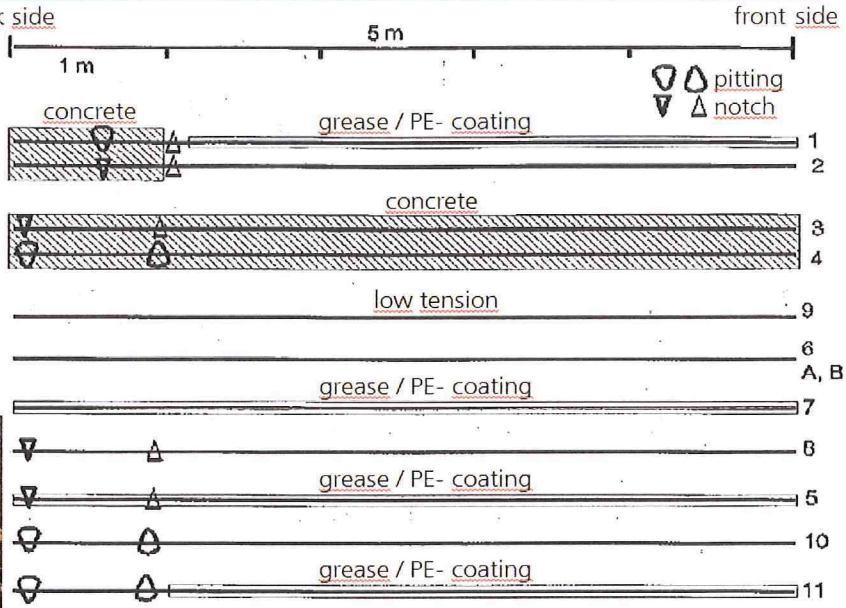
Einzeldraht, Z-Form Dispersionskurven



Ultraschall Inspection von 7-adrigen Spanndrähten (EMUS)

Longitudinalwellen



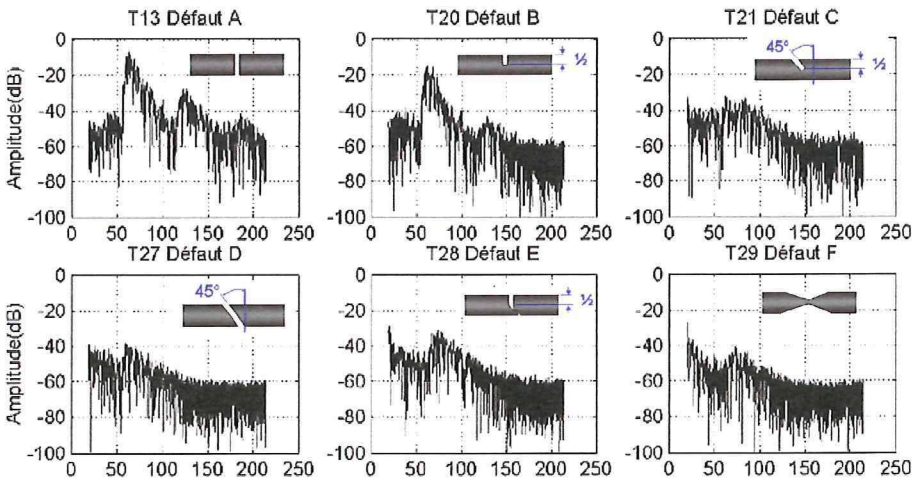


Ultraschall Reflektometrie (geführte Wellen, longitudinal, Draht für Draht)

HDPE beschichtet und fettverpresst 7-adriges Spannseil, vorgespannt (30% von UTS)

Kurzreichweitig ⇨ breitbandige, hochfrequente Anregung

Zeitsignal verschiedener künstlicher Fehler in einzelnen Litzen der helikalen Spannglieder



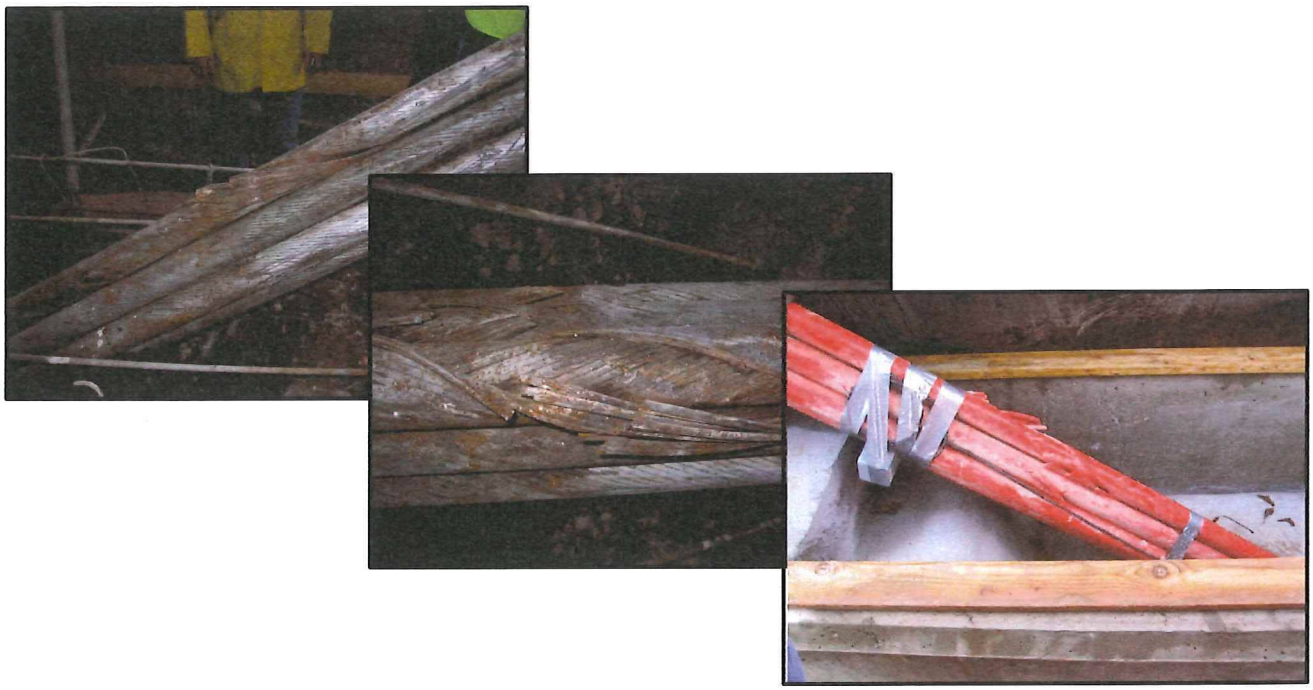
Ultraschall langreichweitige Inspektion

- Entweder: garantiert sicherer *Korrosionsschutz, keine Inspektion möglich, dafür technische Möglichkeit des* Austausches gegeben.
- Oder: neuartiger Korrosionsschutz, der optimiertes Design für Ultraschallinspektion ermöglicht, regelmäßige langreichweitige Überprüfung.

Brückenbauwerk für Feldtests, Saarbrücke in Mettlach

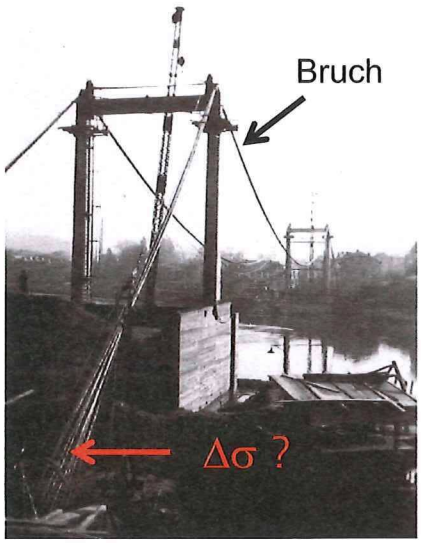
- **Mikromagnetisches Monitoring**
- **Monitoring mittels Schallemissionsanalyse**

Brückenbauwerk für Feldtests, Saarbrücke in Mettlach



Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)

- Ausgangssituation

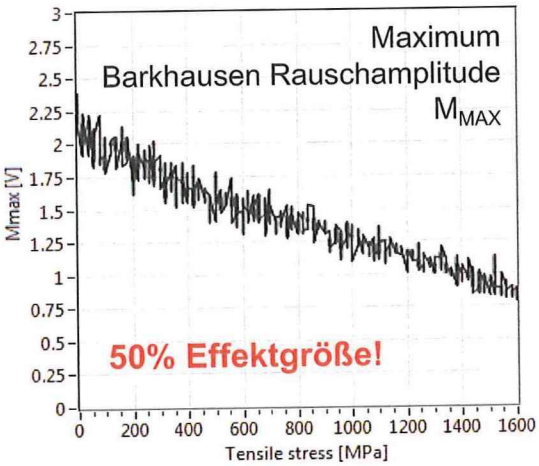


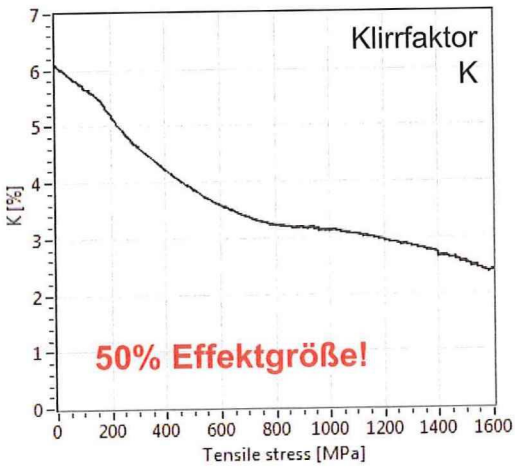
- Spannungsänderungen an Einzeldfraht
- Längenänderung
- Über größere Strecke detektierbar?

- Spannungssensitive Messgröße „K“ (Klirrfaktor, Oberwellenanalyse)

Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)

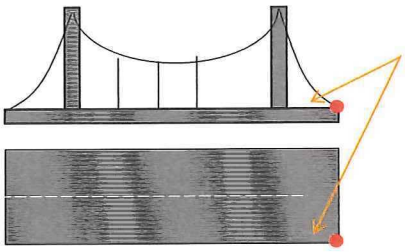
- Zugversuch an einem Spanndraht (Material von IFSSTAR)
- T15.7 Draht: E-Modul = 202 GPa
  Streckgrenze (0.02%) = 1750 MPa, UTS = 2020 MPa



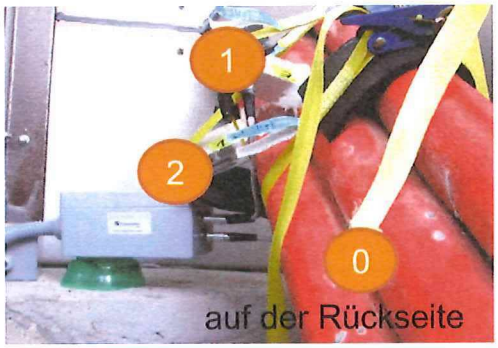


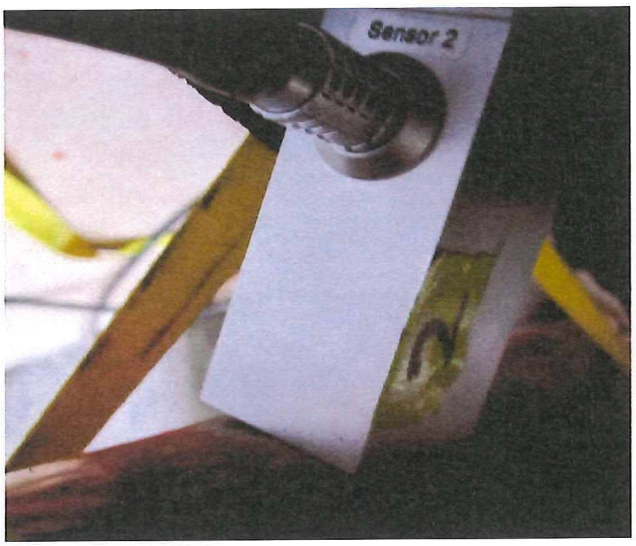
Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)

Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)



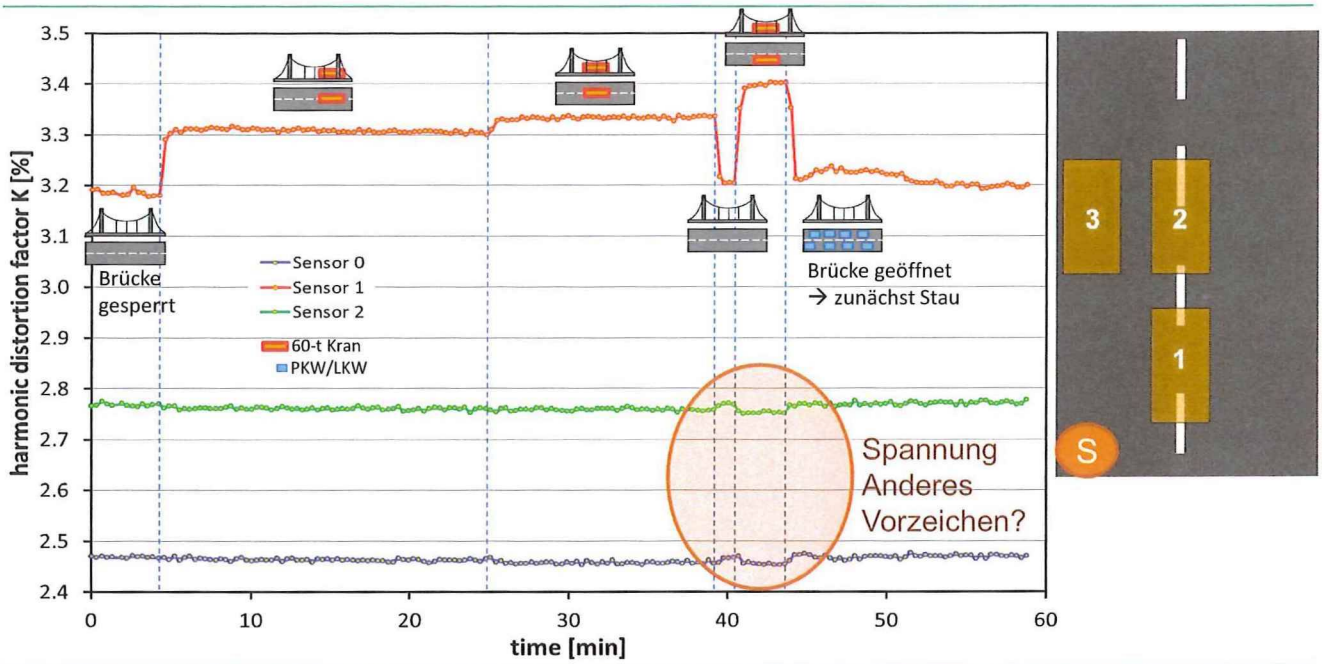
Position der Sensoren





Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)

Mikromagnetisches Monitoring von Laständerungen (Spannungsänderungen)



Zusammenfassung

- Brückenseile, Spannglieder und andere Zugtragglieder sind wichtige Elemente von Infrastrukturbauwerken, jedoch aus Sicht der ZfP und des Monitorings komplex für Inspektion und Überwachung.
- Weiterentwickelte Inspektionsmöglichkeiten mittels geführter Ultraschallwellen.
- Prüfgerechtes Design insbesondere für Ultraschall-Inspektion, Korrosionsschutz
- Mikromagnetisches- und Schallemissions-Monitoring System an Brücke in Mettlach installiert.
- Belastungstest bestätigt Einsetzbarkeit.
- Monitoring der Brücke mindestens bis Ende 2013, während Instandsetzung und danach.

Danksagung

- Für die finanzielle Unterstützung des Projekts 'NDT for Need Based Maintenance of Civil Infrastructure – External Prestressing Strands, Embedded Stay Cables, Internal Prestressing Strands and Rods' im Rahmen des Programme Inter Carnot Fraunhofer PICF

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE ANR

SPONSORED BY THE

Federal Ministry of Education and Research

© Fraunhofer

IFSTTAR

FilameNDT

Fraunhofer IZFP