

SHM: Spanndrahtbruchdetektion mittels Schallemissionsanalyse – dargestellt an verschiedenen Bauwerken

Sebastian SCHMIDT¹

¹ Bilfinger Noell GmbH, Würzburg

Kontakt E-Mail: sebastian.a.schmidt@bilfinger.com

Kurzfassung

Ein Großteil der Bestandsbrücken in Deutschland wurde in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts erbaut und erreicht nun das Ende ihrer geplanten Lebensdauer. Zudem wurden in den Spannbetonbrücken dieser Baujahre Spannstähle verbaut, welche anfällig für Spannungsrisskorrosion sind. Ein Versagen der Spanndrähte kündigt sich nicht an. Die Überwachung der Spannglieder und ihrer einzelnen Litzen gestaltet sich mit herkömmlichen Methoden schwierig oder liefert nur Momentaufnahmen des Bauwerkszustandes.

Die Möglichkeiten und Vorteile der SEP bei der Überwachung von Spanngliedern werden anhand der Ergebnisse von mehreren SHM-Projekten dargestellt.

Durch die Energie von Drahtbrüchen ist es möglich, dass ein einzelner Sensor einen weiten Bereich abdecken kann, sodass auch nicht oder schwer zugängliche Bereiche überwacht werden können. Es kann der exakte Zeitpunkt der Änderung des Tragwerks bestimmt und direkte Maßnahmen ergriffen werden. Die vollständig automatisierte Auswertung setzt im Schadensfall umgehend einen Alarm ab und bereitet die Messdaten für den Betreiber in einem Interface auf.



BiLFINGER

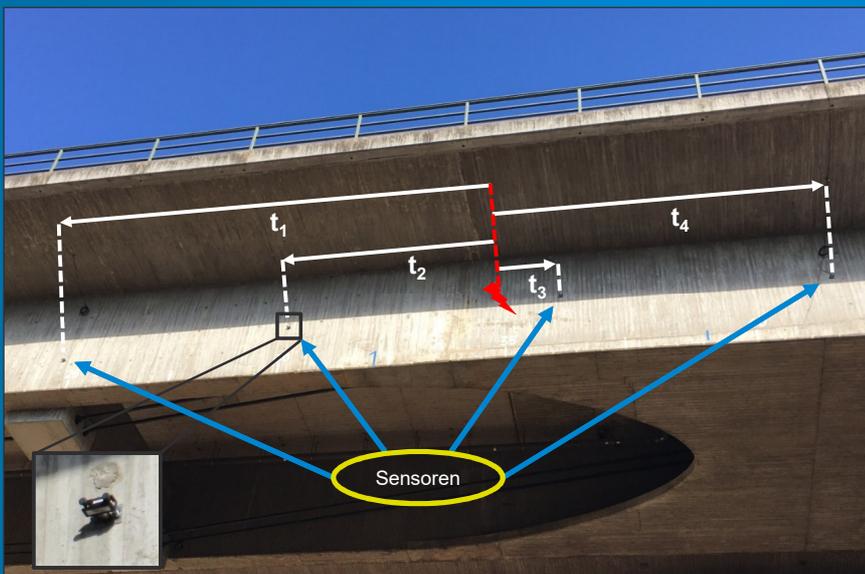
Structural Health Monitoring

Bilfinger Noell GmbH: Timo Kraus
02.02.2023

AE – Ortungsprinzip

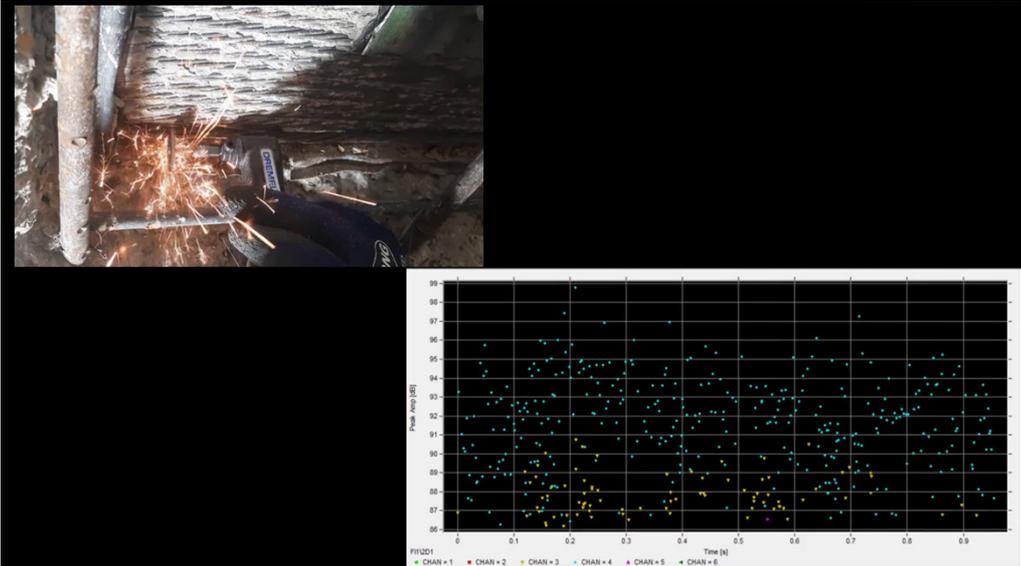


BiLFINGER



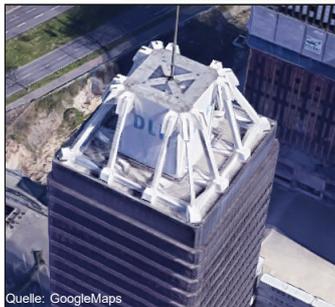
- Aus den verschiedenen Entfernung der Signale resultieren Zeitdifferenzen
- Der Quellort der Schallemissionen kann mit Hilfe von weiteren Materialparametern aus den Laufzeitdifferenzen berechnet werden
- Verschiedene Algorithmen lösen lineare, planare, kubische und sphärische Ortungsprobleme

AE - Drahtbruchvideo



AE – Dauermonitoring Projekte

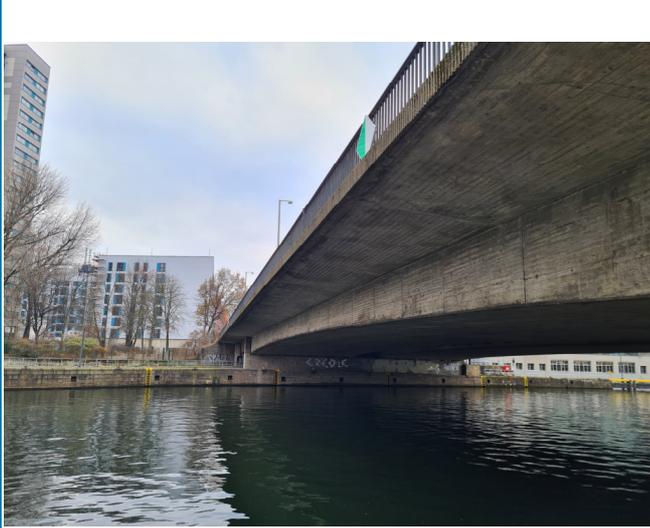
- Thalaubachtalbrücke, seit 2017
- Salzachtalbrücke, 2019 bis 2020
- Brücke am Altstädter Bahnhof, 2020 bis 2021
- Köhlbrandbrücke, seit 2020
- Quenzbrücke, seit 2021
- EÜ Neckarelz, seit 2022
- AK A1/A44, seit 2022
- **Mühlendammbrücke, seit 2022**
- **Luegbrücke, seit 2022**
- **DLF Funkhaus, seit 2022**
- **Altstadtringtunnel München, seit 2022**



Quelle: GoogleMaps

Mühlendammbrücke Berlin (Spanngliedüberwachung)

SHM – Structural Health Monitoring



Bilfinger Noell GmbH

Bauwerkszustand: 3

Gesamtlänge: 108 m

Fahrzeuge pro Tag: ca. 80.000

Errichtungsjahr: 1968

Ziel: Konstruktion leidet unter Korrosion. Überwachung der Spannglieder im Beton.

Projektdauer: bis Renovierung, geplant 2023

Material: Spannbetonträger

Aufgabe: Erkennung von Litzenbrüchen in den Spannseilen im Betonträger

Anzahl der Sensoren: 96

Seite 5

Mühlendammbrücke - Montage



1. Betonoberfläche abrasiv entfernen (Glätten, Reinigen der Oberfläche)

2. Bohren



3. Metallplatte anschrauben

4. Reinigen



5. Heißkleber als Koppelmittel

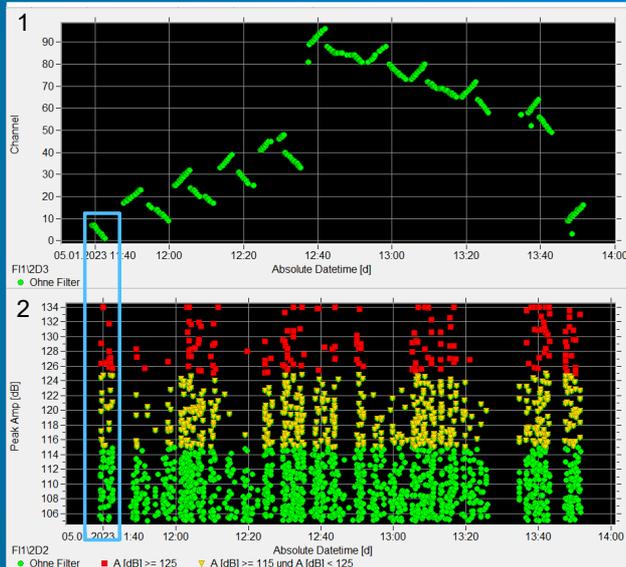
6. Magnethalterung mit Sensor platzieren



Bilfinger Noell GmbH | 11. April 2019

Seite 6

Mühlendammbrücke - Bauwerksprüfung



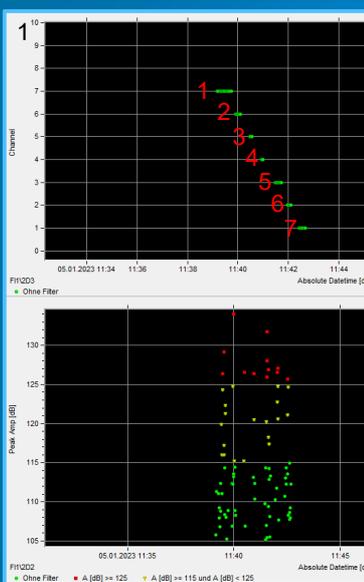
Das Diagramm 1 zeigt die getroffenen Sensoren aufgetragen über die Zeit. Das Diagramm 2 zeigt die Amplitude (dB) der Schallemissionsereignisse aller Sensoren über die Zeit.

Anzeichen auf Bauwerksprüfung:

- Sensoren werden oft hintereinander getroffen
 - Amplitude der getroffenen Sensoren hoch
- Deutet auf einen Geologenhammer hin

Der blau markierte Bereich in Diagramm 1 und 2 wird in der nächsten Folie vergrößert dargestellt.

Mühlendammbrücke - Bauwerksprüfung



Das Diagramm 1 zeigt beispielsweise den Beginn der Prüfung (Position 1). Hierbei ist ersichtlich, dass Sensor 7 mehrmals getroffen wird.

DateTime [d]	MSBC	CHAN	A [dB]
05.01.2023 11:39:18	100.2344	7	108
05.01.2023 11:39:19	513.3949	7	109
05.01.2023 11:39:20	61.2429	7	107
05.01.2023 11:39:22	82.2780	7	109
05.01.2023 11:39:23	481.2730	7	112
05.01.2023 11:39:24	16.6164	7	120
05.01.2023 11:39:26	57.5437	7	111
05.01.2023 11:39:26	855.2971	7	116
05.01.2023 11:39:27	905.5094	7	126
05.01.2023 11:39:28	456.5594	7	124
4. 11:39 Alarm Event detected			
05.01.2023 11:39:31	913.0410	7	129
05.01.2023 11:39:32	544.3362	7	117
05.01.2023 11:39:33	87.4900	7	116
05.01.2023 11:39:34	452.1605	7	114
05.01.2023 11:39:35	118.8234	7	108
05.01.2023 11:39:35	865.9173	7	122
05.01.2023 11:39:37	325.7694	7	121
05.01.2023 11:39:38	85.3567	7	108
05.01.2023 11:39:41	72.7512	7	105
05.01.2023 11:39:44	71.4441	7	109
05.01.2023 11:39:55	243.7915	6	107
05.01.2023 11:39:56	15.0691	6	112
05.01.2023 11:39:57	494.8845	6	112
05.01.2023 11:39:58	193.8873	6	125

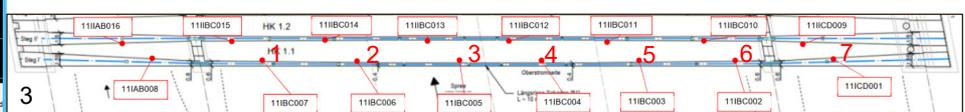
Datenausschnitt 2 zeigt den getroffenen Sensor (Chan) und die dazugehörige Amplitude.

- Amplitude beginnt bei einem kleineren Wert (108 dB)
- Steigt auf 129 dB an
- Fällt wieder auf 109 dB

→ Die Schallemissionsquelle bewegt sich zuerst auf den Sensor zu und im Anschluss wieder vom Sensor weg.

→ Nach den Signalen in der Nähe von Sensor 7 nimmt Sensor 6 Schallemissionen auf.

→ Somit lässt sich der Weg der vermutlichen Prüfung nachvollziehen (siehe Lageplan 3, 1-7)

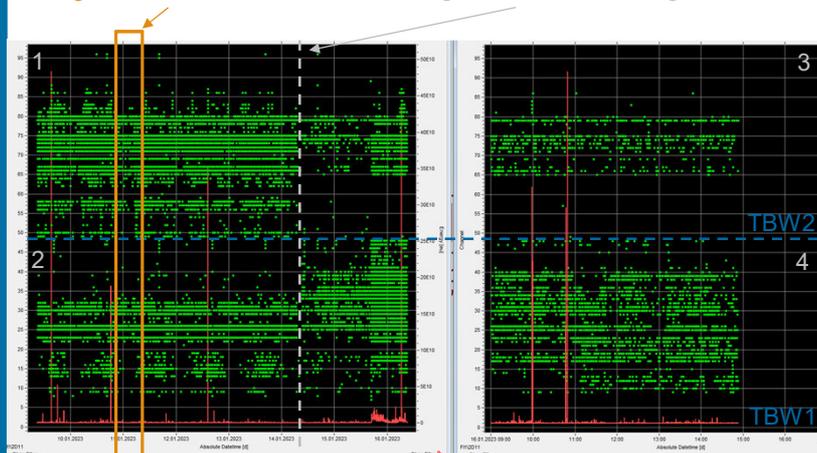




BILFINGER

Mühlendammbrücke – Änderung der Verkehrsführung

weniger Verkehr bei Nacht Änderung der Verkehrsführung



Das Diagramm zeigt die getroffenen Sensoren aufgetragen über die Zeit.

Bereich 1 und 2:

- Vor Änderung der Verkehrsführung
- Mehr Hits in TBW1 als in TBW2

Bereich 3 und 4:

- Nach Änderung der Verkehrsführung
- Mehr Hits in TBW2 als in TBW1

→ Änderung der Verkehrsführung lässt häufiger Sensoren in TBW2 anschlagen als in TBW1



BILFINGER

Luegbrücke Brennerautobahn A13 (Spanngliedüberwachung)

SHM – Structural Health Monitoring



Bauwerkszustand:

Gesamtlänge: 1805 m

Fahrzeuge pro Tag:

Errichtungsjahr: 1968

Ziel: Überwachung der Spannglieder im Beton an den Auflagepunkten.

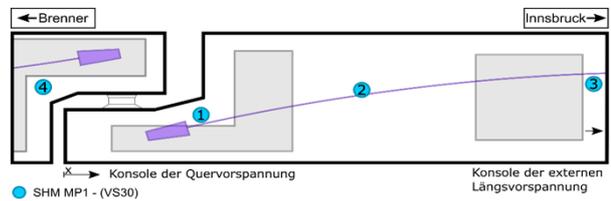
Projektdauer:

Material: Spannbeton

Aufgabe: Erkennung von Litzenbrüchen in den Spannseilen im Beton

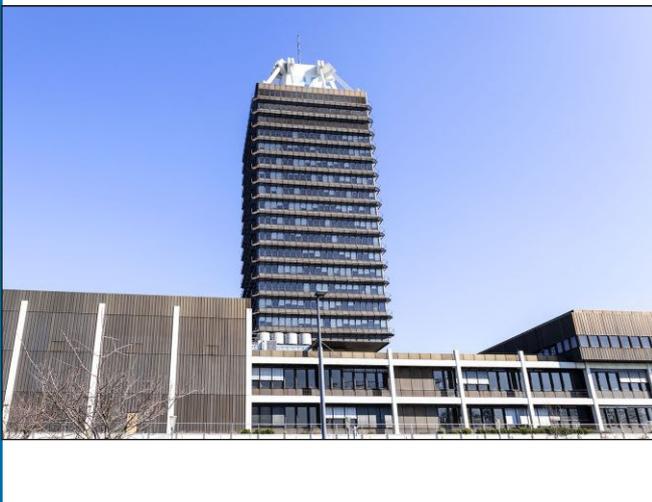
Anzahl der Sensoren: 36

Luegbrücke Brennerautobahn A13 (Spanngliedüberwachung)



DLF Köln (Spanngliedüberwachung)

SHM – Structural Health Monitoring



Bauwerkszustand:

Gesamthöhe: 102 m

Deutschlandfunk Hochhaus

Errichtungsjahr: 1973

Ziel: Überwachung der Spannglieder im Beton.

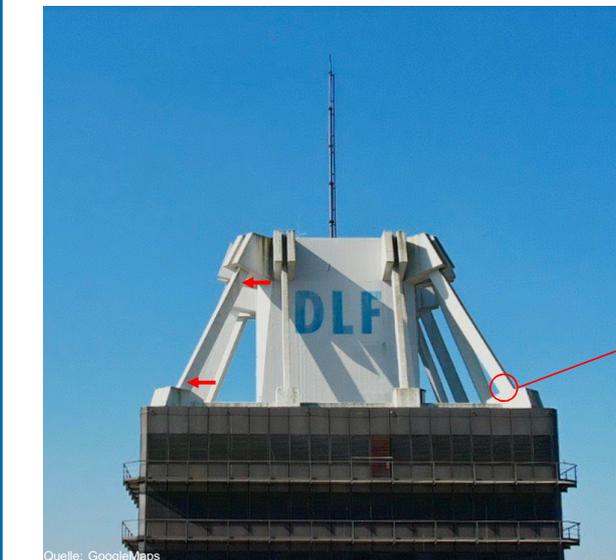
Projektdauer:

Material: Spannbetonträger

Aufgabe: Erkennung von Litzenbrüchen in den Spannseilen im Betonträger an dem das Hochhaus aufgehängt ist

Anzahl der Sensoren: 24

DLF Köln - Sensorpositionen



Quelle: Google Maps

Bilfinger Noell GmbH



Seite 13

Altstadtringtunnel München (Spanngliedüberwachung)

SHM – Structural Health Monitoring



Bauwerkszustand:

Gesamtlänge: 610 m

Fahrzeuge pro Tag: ca. 60.000

Errichtungsjahr: 1972

Ziel: Überwachung der Spannglieder in der Spannbetondecke

Projektdauer: 2022-2030

Material: Spannbetondecke

Aufgabe: Erkennung von Litzenbrüchen in den Spannseilen im Beton

Anzahl der Sensoren: 248

Bilfinger Noell GmbH | 25. Feb 2022

Seite 14

