



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG e.V.



Sponsor:



Fachtagung Bauwerksdiagnose Mit zerstörungsfreier Prüfung und Überwachung zu digitalen Bauwerksmodellen

mit Geräteausstellung

29. FEBRUAR – 1. MÄRZ 2024 | BERLIN

unterstützt von



Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Eisenbahn-Bundesamt



Programm	1
Kurzfassungen	7
Aussteller	43
Liste der Autor*innen	50
Tagungskalender	51

TAGUNGSSORT

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Ludwig-Erhard-Saal, Haus 5

ORGANISATION

DGZfP e.V. | Steffi Dehlau

Max-Planck-Str. 6, 12489 Berlin

Tel.: +49 30 67807-128

E-Mail: tagungen@dgzfp.de

09:00

Workshop: Methoden der Dauerüberwachung von Bauwerken

- **Monitoring von Bauwerken** | C. Sodeikat, IB Schiessl Gehlen Sodeikat, München
- **Vorstellung Merkblatt B9 „Dauerüberwachung“** | J. Villing, MPA, Universität Stuttgart
- **Vorstellung Merkblatt B12 „Korrosionsmonitoring“** | T.F. Mayer, IB Schiessl Gehlen Sodeikat, München
- **Vorstellung Merkblatt „Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemissionsanalyse“** | S. Pirskawetz, BAM, Berlin
- **Faseroptisches Monitoring** | K. Hicke, BAM, Berlin

10:30 –
12:00

Technik-Demonstrationen in der Messhalle

13:00

Begrüßung

Alexander Taffe, Vorsitzender des DGZfP-FA ZfP im Bauwesen, HTW Berlin
Ulrike Ganesh, Leiterin Zerstörungsfreie Prüfung, BAM, Berlin
Andreas Rogge, Leiter Bauwerkssicherheit, BAM, Berlin
Jochen Kurz, Vorsitzender DGZfP e.V., Berlin

Methoden und Regelwerke

Sitzungsleitung: A. Taffe

1

13:20

Relevant, abgesichert, vergleichbar – ZfP-Ergebnisse bei der Zuverlässigkeitsbewertung von Bauwerken

S. Küttenbaum¹, T. Braml², A. Taffe³, S. Maack¹

¹ BAM, Berlin; ² Universität der Bundeswehr München, Neubiberg; ³ HTW Berlin

2

13:40

Qualitätssicherung bei der Ausführung von ZfP Bau Verfahren im Unternehmen

A. Walther¹, N. Becker¹

¹ Kiwa GmbH, Berlin

3

14:00

Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau)

S. Feistkorn¹, D. Algernon², R. Arndt³, G. Ebell⁴, M. Friese⁵, C. Große⁶, R. Holstein¹, E. Niederleithinger⁴, M. Schickert⁷, S. Schulze⁸, A. Taffe⁹, A. Walther¹⁰, J. Wolf¹¹, A. Zoëga¹²

¹ DGZfP, Berlin; ² SVTI Nuklearinspektorat, Wallisellen, Schweiz; ³ Fachhochschule Erfurt; ⁴ BAM, Berlin; ⁵ Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt, Dresden; ⁶ TU München; ⁷ MFPA Weimar; ⁸ Hupfer Ingenieure, Hamburg; ⁹ HTW Berlin; ¹⁰ Kiwa GmbH, Berlin; ¹¹ DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt, Geotechnik & Geodäsie Technologiezentrum, Bremen; ¹² TFI Aachen GmbH, Aachen

4 Chloridinduzierte Korrosion – Anwendung der Merkblätter B03 und B12 in der Praxis

14:20

T.F. Mayer¹

¹ Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat, München

14:40

Pause

Bauwerksüberwachung

Sitzungsleitung: K. Hupfer

5 Schallmissionsanalyse in der Praxis

15:15

C. Sodeikat¹, R. Groschup¹

¹ Ingenieurbüro Schiessl · Gehlen · Sodeikat GmbH, München

6

Versuche an der Brücke Altstädtischer Bahnhof, Brandenburg/H.

15:30

F. Kaplan¹, O. Steinbock², T. Brauer¹

¹ Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Hoppegarten; ² TU, Dresden

7

Monitoring von Straßenbrücken – aktueller Einsatz und zukünftige Anwendung

15:50

I. Hindersmann¹

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

8

Brückenmonitoring mit faseroptischen Sensoren – Potentiale im Neubau und Bestand

16:10

M. Herbers¹, B. Richter¹, S. Marx¹

¹ TU Dresden

9

Viel Information oder nur viele Sensoren? – Beispiel eines Brückenmonitorings mit FBG

16:30

F. Lehmann¹, M. Schreiner¹, F.I. Harger Sakiyama²

¹ MPA Universität Stuttgart; ² Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys (UFVJM), Teófilo Otoni, Brasilien

17:00

Postersession, anschließend Gerätevorführung in Halle 21 mit Buffet

Praxisanwendungen I

Sitzungsleitung: S. Maack

10 **Digitale Zustanderfassung von Betonkonstruktionen**

08:30 B. Marbacher¹

¹ Screening Eagle Technologies, Schwerzenbach, Schweiz

11 **Fauls Holz – zerstörungsfrei gefunden!**

08:50 A. Hasenstab¹, H. Urban²

¹ Ingenieurbüro Dr. Hasenstab, Augsburg; ² ZETCON Ingenieure GmbH, Augsburg

12 **Durchstrahlungsprüfung an Stahl- und Spannbeton – was so möglich ist**

09:10 S. Schulze¹

¹ bauray GmbH, Hamburg

09:30 **Pause**

Praxisanwendungen II

Sitzungsleitung: S. Maack

13 **Erwartungshaltung des Bauherren am Beispiel der Markierung von Spanngliedern**

09:45 M. Euler¹

¹ Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Frankfurt am Main

14 **Gefügeforensik – ZfP-Verfahren am Bauwerk**

10:05 T. Harke¹, C. Voigt¹

¹ MKP GmbH, Weimar

15 **Werterhalt von Denkmälern durch ZfP-Verfahren**

10:25 A. Walther¹, A. Hasenstab²

¹ Kiwa GmbH, Berlin; ² Ingenieurbüro Dr. Hasenstab, Augsburg

10:40 **Pause**

Digitalisierung

Sitzungsleitung: J. Kurz

16 **SHM Leistungsbewertung durch einen digitalen Brückenzwilling**

11:15 A. Mandler¹

¹ TU München

17 **UACIS – Entwicklung eines drohnenbasierten Systems für die zerstörungsfreie Bauwerksdiagnostik**

11:35 C. Thurnherr¹, A. Müller¹, D. Algernon¹

¹ SVTI, Wallisellen, Schweiz

- 18**
11:55 **Entwicklung einer flexiblen Datenablage zur sicheren Speicherung von Bauwerksdaten – mFUND Forschungsprojekt „CASPAR“**
S. Maack¹, T. Braml²
¹ BAM, Berlin; ² Universität der Bundeswehr München, Neubiberg
- 19**
12:15 **Digitalisierung der Bauwerksdiagnostik zur realitätsnahen Bewertung von Ingenieurbauwerken**
C. Voigt¹, C. Fritsch¹, T. Hackel², R. Arndt³
¹ MKP GmbH, Weimar; ² Hamburg Port Authority AöR, Hamburg; ³ Fachhochschule Erfurt
- 20**
12:35 **Wie können Ergebnisse der Bauwerksdiagnose dauerhaft zugänglich gemacht werden? – Eine Standortbestimmung**
M. Schickert¹, C. Ullerich²
¹ Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar;
² Hamburg Port Authority AöR, Hamburg
- 12:50** **Pause**
- Abschlussvortrag**
Sitzungsleitung: A. Taffe
- 21**
13:25 **Röntgen ohne gefährliche Strahlung alles Gute kommt von oben**
E. Niederleithinger¹, R. Kaiser²
¹ BAM, Berlin; ² Lynkeos Ltd., Glasgow, Großbritannien
- 13:55** **Schlusswort**

- P1** **Anwendung aktiver Thermografie im Hochbau**
G. Dittié¹
¹Dittié Thermografie, Königswinter
- P2** **Verlängerung der Restnutzungsdauer von AKR- und Chlorid-geschädigten Parkbauten am Beispiel des Parkhauses am Holstentor in Lübeck**
D. Kahl¹, M. Gutermann²
¹Ingenieurgesellschaft Experimentelle Statik (IGES), Bremen; ²Hochschule Bremen
- P3** **Entwicklung einer verteilten Sensorelektronik zur energieeffizienten und proaktiven Instandhaltung von Bauwerken**
U. Rabe¹, R. Moryson¹, J. Oswald¹, H. Theado¹, D. Koster¹
¹Fraunhofer IZFP, Saarbrücken
- P4** **Mehrwert der objektbezogenen Schadensanalyse für das Bauwerks-erhaltungsmanagement**
T. Brauer¹, S. Nowak¹
¹Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Hoppegarten
- P5** **Verteilte POF-basierte faseroptische Sensoren zur Infrastrukturüberwachung in der Geotechnik**
A. Wosniok¹, K. Königsbauer¹, N. Nöther², J. Färber³, M.-B. Schaller³, K. Krebber¹
¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ²fibrisTerre Systems GmbH, Berlin; ³GGB Gesellschaft für Geomechanik und Baumesstechnik mbH, Rötha
- P6** **Ultraschalluntersuchungen zur Sicherstellung der nachträglichen Verankerung von Spanngliedern**
D. Czeschka¹, G. Schacht¹, J. Diers¹
¹MKP, Hannover
- P7** **Potenziale verteilter faseroptischer Sensoren für die Langzeitüberwachung von durch Spannungsrisskorrosion gefährdeten Bauwerken**
B. Novák¹, E. Stein¹, J. Reinhard², A. Dudon¹
¹Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Stuttgart;
²Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Kleinostheim
- P8** **Digitale Werkzeuge für die moderne Bauwerksdiagnose**
S. Kraus¹
¹Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
- P9** **Verbesserung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen durch Bauwerksdiagnose: Ein Einblick in das Projekt REINCARNATE**
S. Kruschwitz¹, C. Völker¹, G.A. Zia¹, B. Moreno Torres², T. Hartmann²
¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin; ²Technische Universität Berlin

- P10** Der Wasserturm in Schillingsfürst – Überregionales Kulturgut erhalten, durch genaue Untersuchung, zerstörungsfreie Prüfung und Stahl-Struktur erhaltende Opferanoden
A. Hasenstab¹, M. Trzybinski², A. Walther³
¹Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH, Augsburg; ²Stadt Schillingsfürst, Schillingsfürst; ³BauConsulting GmbH, Brandenburg
- P11** Bauwerksuntersuchung bei Angriffen von Chloriden auf Bewehrung funktionierende Lösung durch Opferanoden an Stahl in Parkhäusern und Tiefgaragen
A. Hasenstab¹, K. Zorzi², A. Walther³
¹Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH, Augsburg; ²IPG Instandsetzungsplanungs GmbH, Landshut; ³BauConsulting GmbH, Brandenburg
- P12** Neues DGZfP-Merkblatt B 01 „Mobile Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen“
S. Schulze^{1,2}
¹Unterausschuss Durchstrahlungsprüfung im Fachausschuss ZfP im Bauwesen der DGZfP, Berlin; ²bauray GmbH, Hamburg
- P13** Innovative Dauerüberwachung von Rissen an Stahlbrücken basierend auf Schallemission
M. Prokofyev¹, P. Rossik¹
¹TÜV Austria, Wien, Österreich
- P14** Mikrowellen-Feuchtemessung in Schichtaufbauten
A. Göller¹, B. Jungstand¹
¹hf sensor GmbH, Leipzig, Deutschland

Kurzfassungen

VORTRAG 1

Relevant, abgesichert, vergleichbar – ZfP-Ergebnisse bei der Zuverlässigkeitsbewertung von Bauwerken

S. Küttenbaum¹, T. Braml², A. Taffe³, S. Maack¹

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Berlin; ² Universität der Bundeswehr München, Neubiberg; ³ HTW Berlin

Die Nachrechnung, d. h. die Zuverlässigkeitsbewertung von bestehenden Brücken, ist aufgrund der alternden Infrastruktur und sich verändernden Anforderungen an die Bauwerke eine fortwährend große Herausforderung in Wissenschaft, Praxis und Standardisierung. Ein wesentlicher Vorteil bei der Nachrechnung besteht gegenüber dem Neubautentwurf in der Möglichkeit, Informationen über den tatsächlichen Zustand der Bauwerke zu erheben im Idealfall ohne wesentliche destruktive Eingriffe in die Bausubstanz. Deren Verwendung bei der Zuverlässigkeitsanalyse dient der Zuschärfung von Berechnungsmodellen und ermöglicht realitätsnähere Bauwerksbeurteilungen. Die Einbeziehung von Messdaten bei der Zuverlässigkeitsbewertung setzt jedoch voraus, dass die Qualität der gemessenen Informationen bekannt und deren Vergleichbarkeit sichergestellt ist. Darüber hinaus sollte die Relevanz der messbaren Informationen beziffert werden, um wirtschaftliche Inspektionen am Bauwerk gezielt durchführen zu können. In diesem Beitrag wird am Beispiel von Ultraschall- und Radarmessungen an einer Spannbetonbrücke gezeigt, wie ZfP-Ergebnisse bei der Zuverlässigkeitsbewertung von Bestandsbauwerken mit probabilistischen Methoden genutzt werden können. Betrachtet werden innere geometrische Abmessungen wie die Lage der Bewehrung oder von Spanngliedern. Die Relevanz der messbaren Informationen wird anhand von Sensitivitätsanalysen beziffert. Messunsicherheitsbetrachtungen dienen der Bezifferung der Qualität der gemessenen Informationen und der Gewährleistung deren Vergleichbarkeit. Abschließend werden die möglichen Auswirkungen der Berücksichtigung von ZfP-Ergebnissen auf die Bauwerkszuverlässigkeit in einem Nachweis einer Spannbetonbrücke gemäß Eurocode demonstriert.

VORTRAG 2

Qualitätssicherung bei der Ausführung von ZfPBau Verfahren im Unternehmen

A. Walther¹, N. Becker¹

¹ Kiwa GmbH, Berlin

Die Nutzung von zerstörungsfreier Prüfung in der Bauwerksuntersuchung stellt ein effizientes Mittel zur Strukturaufklärung dar. Dabei spielen die zu erkennenden Materialkenngrößen (Dicke, Inhomogenitäten etc.) eine wichtige Rolle. Damit alle Mitarbeiter auch in unterschiedlichen Niederlassungen eines größeren Unternehmens vergleichbare Ergebnisse bei gleichen Prüfproblemen erhalten ist auf die Qualitätssicherung der Ausführung der Arbeiten zu achten. Im Vortrag werden Prüfprozeduren beispielhaft dargestellt und Herausforderungen bei der Umsetzung präsentiert.

VORTRAG 3**Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau)**

S. Feistkorn¹, D. Algernon², R. Arndt³, G. Ebell⁴, M. Frieße⁵, C. Große⁶, R. Holstein¹, E. Niederleithinger⁴, M. Schickert⁷, S. Schulze⁸, A. Taffe⁹, A. Walther¹⁰, J. Wolf¹¹, A. Zoëga¹²

¹ Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), Berlin; ² SVTI Nuklearinspektorat, Wallisellen, Schweiz; ³ Fachhochschule Erfurt; ⁴ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ⁵ Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt, Dresden; ⁶ Technische Universität München, Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung, München; ⁷ Materialforschungs- und -prüfanstalt (MFPA) an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar; ⁸ Hupfer Ingenieure, Hamburg; ⁹ HTW – Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin; ¹⁰ Kiwa GmbH, Berlin; ¹¹ DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt, Geotechnik & Geodäsie Technologiezentrum, Bremen; ¹² TFI Aachen GmbH, Aachen

Der Unterausschuss Ausbildung (UA-A) im Fachausschuss ZfP im Bauwesen (FA ZfPBau) wurde im Jahr 2018 mit dem Ziel reaktiviert, langfristig einheitliche Ausbildungsstandards für die ZfPBau zu etablieren. In der Gruppe ZfPBau-Ausbildung in der Industrie wurden nach intensiven Diskussionen detaillierte theoretische und praktische Ausbildungsinhalte für grundlagen-, verfahrens- sowie für prüfaufgabenspezifische Module zusammengestellt. Nach Vorstellung des erarbeiteten Konzepts im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung wurde positiv über die Einrichtung eines nationalen Normungsprojekts zu diesem Thema entschieden, sodass die inhaltliche Arbeit an der Norm DIN 4871 mit dem Arbeitstitel „Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau)“ im Juni 2020 aufgenommen werden konnte. Unter Berücksichtigung der formalen Anforderungen an eine DIN-Norm sowie bereits bestehender Regelwerke wurden Verantwortlichkeiten, Qualifizierungsstufen, Zulassungsvoraussetzungen, Schulungsinhalte und -zeiten, Qualifizierungsprüfungen sowie eine mögliche Zertifizierung für ZfPBau Personal definiert. Der erarbeitete Entwurf der DIN 4871 wurde im April 2021 dem NMP übergeben und konnte im September 2022 veröffentlicht werden. Im Rahmen dieses Vortrags wird das erarbeitete Ausbildungskonzept unter Berücksichtigung der Besonderheiten der ZfPBau vorgestellt und im Kontext gültiger Regelwerke der Personalqualifizierung erläutert. Es werden die wichtigsten Aspekte der DIN 4871 zusammengefasst und zusätzlich Einblicke in den aktuellen Stand der Normung gegeben.

VORTRAG 4

Chloridinduzierte Korrosion – Anwendung der Merkblätter B03 und B12 in der Praxis

T.F. Mayer¹

¹ Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat, München

Chloridinduzierte Korrosion stellt für unsere Infrastrukturbauwerke den zentralen Schädigungsmechanismus dar und stellt uns gleichzeitig sowohl beim Auffinden aktiver Korrosion als auch bei der Messung und Bewertung des Korrosionsfortschritts immer wieder vor Herausforderungen. Aktuell befassen sich gleich zwei Merkblätter der DGZfP mit diesem Themenkomplex: das Merkblatt B03 Elektrochemische Potentialmessungen zur Detektion von Bewehrungsstahlkorrosion und das Merkblatt B12 Korrosionsmonitoring von Stahlbetonbauwerken. Der Beitrag zeigt anhand von Beispielen, wie die darin beschriebenen Verfahren bei der Zustandserfassung und -überwachung während der weiteren Nutzung kombiniert werden können.

VORTRAG 5

Schallemissionsanalyse in der Praxis

C. Sodeikat¹, R. Groschup¹

¹ Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat GmbH, München

Viele ältere Bauwerke insbesondere Brücken weisen zunehmende Belastungen infolge hohem Bauwerksalter, gestiegenem Schwerverkehr und auch mangelnder Wartung/-Instandhaltung auf. Bei zahlreichen Brücken ist die Spannbewehrung stark korrosions-geschädigt oder spannungsrissskorrosionsgefährdet. Dies kann dazu führen, dass die Gefährdungslage zunächst unklar ist, oder bereits feststeht, dass nicht mehr mit vertretbarem Aufwand instand zu setzen und ein Ersatzneubau erforderlich ist. In beiden Fällen ist zum Aufrechterhalten eines fortdauernden sicheren Betriebs bzw. eines temporären Betriebs bis zur Fertigstellung eines Ersatzneubaus eine Dauerüberwachung bzw. ein Monitoring erforderlich.

Dieses besteht in der Regel aus einer Integration verschiedener Messsysteme. Das Monitoringsystem bzw. die einzelnen Messsysteme sind den möglichen Schadensszenarien des jeweiligen Bauwerks und den daraus resultierenden Schadreaktionen anzupassen.

Die Schallemissionsanalyse (SE) oder Acoustic Emission (AE) stellt dabei das einzige Verfahren dar, mit dem Spannstahlbrüche direkt detektiert werden können. Geodätische Verformungsmessungen und Dehnungsmessungen am Bauwerk, z. B. mittels DMS, induktiven Wegaufnehmern oder Glasfaseroptik sind hierzu i.d.R. nicht geeignet, da beim Bruch einzelner Spannstähle keine Änderungen des Verformungs- und Schwingungsverhaltens auftreten. Diese sind erst bei einem Aufreißen des Brückenquerschnitts zu erwarten. Insbesondere bei Brücken, bei denen das Riss vor Bruchkriterium nicht eingehalten wird (Nachrechnungsrichtlinie), ist deshalb die Installation und der Betrieb eines SE-Systems erforderlich. Die Schallsignale infolge von Spannstahlbrüchen können von anderen Schallereignissen unterschieden werden. Für Schallereignisse sind in der Steuerungs- bzw. Auswertesoftware Schwellwerte festzulegen, die bei potentiellen Bruchereignissen Alarme für den zuständigen Personenkreis generieren. Jedes Alarmereignis ist nachträglich zu analysieren. Dabei ist zu bewerten, ob es sich tatsächlich um einen Bruch handelt oder eine andere Schallquelle alarmauslösend war. Die Sensorik muss für jedes Bauwerk speziell geplant werden. Es empfiehlt sich, anhand von Vorversuchen die Dämpfungseigenschaften und Schallgeschwindigkeiten des Bauwerks zu bestimmen. Anhand dieser Kennwerte sind dann Schallsensoren mit geeigneter Verstärkung auszuwählen und die Sensoranordnung möglichst so festzulegen, dass Bruchsignale von mehreren Sensoren detektiert werden können, um den Bruchort zu bestimmen.

VORTRAG 6

Versuche an der Brücke Altstädtischer Bahnhof, Brandenburg/H.F. Kaplan¹, O. Steinbock², T. Brauer¹¹ Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Hoppegarten; ² TU Dresden

Die Brücke am Altstädter Bahnhof in Brandenburg an der Havel wurde im Dezember 2019 für den Verkehr von Straßenbahnen und Kraftfahrzeugen gesperrt, nachdem im Rahmen der Bauwerksprüfung eine erhebliche Zunahme von Rissen festgestellt wurde. Bei den anschließenden Untersuchungen waren insbesondere das spröde auf Spannungsrisskorrosion zurück zu führende Versagen der Spanndrahtproben im Zugversuch und die festgestellten Anrisse die Ursache für die Anordnung einer umfangreichen Monitoringanlage zur Messung von Durchbiegungen des Überbaus, Temperaturverläufen im Überbau und Spanndrahtbrüchen in den Längsträgern. Während der Laufzeit der Messanlage konnten an der Brücke zahlreiche Spanndrahtbrüche detektiert werden und bei anschließenden Bauwerksprüfungen teilweise Schadenszunahmen festgestellt werden. Der permanent fortschreitende Schädigungszustand zeichnet sich besonders durch die Längsrisse im Steg der Längsträger aus, die auf Höhe des Spanngliedes verlaufen. Diese Rissbilder konnten an einzelnen Längsträgern bereits im Zuge der Bauwerksprüfung seit Dezember 2019 festgestellt werden. Somit sind am Bauwerk Altstädter Bahnhof die folgenden vier Schädigungszustände (bezogen auf die Längsträger) vorhanden:

- Längsträger ohne Längsrisse
- Längsträger mit Längsrissen (vor Juni 2020)
- Längsträger mit detektierten Spanndrahtbrüchen (seit Juni 2020) ohne Längsrisse
- Längsträger mit detektierten Spanndrahtbrüchen (seit Juni 2020) mit Längsrissen

An dem Bauwerk bestand die Möglichkeit die verschiedenen o. g. Schädigungszustände unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Hierfür wurde das Bauwerk im Rahmen eines zerstörenden Versuchs kontrolliert geschädigt. Dabei wurden die o.g. Schadensbilder generiert und messtechnisch erfasst. Bei der Messtechnischen Erfassung wurden u.a. die folgenden Verfahren angewendet: Monitoring mittels Schallemissionsanalyse, Monitoring mittels Faseroptik, Schwingungsmonitoring, geodätische Messung der Biegelinie, zerstörungsfreie Messung sowie Photogrammetrie. Der Mehrwert der hier Erkenntnisse geht weit über das konkrete Bauwerk hinaus. Es konnten zu erwartende Schadensbilder, die auf andere Bauwerke mit konzentrierten Spanngliedern (Spannblockverfahren und Baur-Leonhardt-Verfahren) übertragbar sind, dokumentiert werden. Durch die systematische Auswertung der Versuchsdaten wurden Grundlagen geschaffen, durch die bei Vorliegen entsprechender Schadensbilder, fundierte Bewertungen zur Resttragfähigkeit ermöglicht werden.

VORTRAG 7

Monitoring von Straßenbrücken – aktueller Einsatz und zukünftige Anwendung

J. Hindersmann¹

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Aufgrund der starken Zunahme des Verkehrs und konstruktiver sowie stoffbezogener Mängel kann es bei Brückenbauwerken zu Tragfähigkeitsdefiziten und Beschränkung der Restnutzungsdauer kommen. Eine Verstärkung oder der Ersatz aller betroffenen Bauwerke ist kurzfristig nicht möglich. Um das Bauwerk länger sicher nutzen zu können, kann Monitoring eingesetzt werden. Im Rahmen des Artikels werden der aktuelle Einsatz von Monitoring in der Praxis dargestellt und verschiedene Anwendungsfälle erläutert. Aktuell ist der Einsatz von Monitoring bei Brückenbauwerken der Bundesfernstraßen begrenzt, wie eine Abfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder ergeben hat. Als Ursache hierfür lassen sich verschiedene Hemmnisse identifizieren.

Um die vielfältigen Möglichkeiten für den Einsatz von Monitoring zu verdeutlichen, werden unterschiedliche Anwendungsfälle von Monitoring und deren Potenziale betrachtet. Relevante häufige Anwendungsfälle sind Monitoring bei bekannten lokal verorteten Schäden“ oder Monitoring bei bekannten Defiziten aus Nachrechnung oder Konstruktion aber auch Anwendungsfälle mit zukünftigen Potenzialen wie Monitoring zu Unterstützung der Bauwerksprüfung oder Geburtszertifikate.

VORTRAG 8

Brückenmonitoring mit faseroptischen Sensoren – Potentiale im Neubau und Bestand

M. Herbers¹, B. Richter¹, S. Marx¹

¹ Technische Universität Dresden

Der Einsatz von faseroptischen Sensoren (engl. Distributed Fiber Optic Sensors, DFOS) bietet aufgrund der Möglichkeit, Dehnungen quasi-kontinuierlich mit hoher Ortsauflösung messen zu können, ein enormes Potential für das Bauwerksmonitoring. Komplexe Ingenieurbauwerke können entlang der gesamten Länge überwacht und Schäden, wie z. B. Risse, zuverlässig detektiert und präzise lokalisiert werden. Anhand experimenteller Untersuchungen werden die Potentiale und Herausforderungen des Monitorings ab Stunde Null und im Bestand vorgestellt.

VORTRAG 9

Viel Information oder nur viele Sensoren? – Beispiel eines Brückenmonitorings mit FBG

F. Lehmann¹, M. Schreiner¹, F.I. Harger Sakiyama²

¹ MPA Universität Stuttgart; ² Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys (UFVJM), Teófilo Otoni, Brasilien

Die erfolgreiche Dauerüberwachung eines Bauwerks ist wesentlich von der Platzierung der richtigen Sensoren an den richtigen Stellen abhängig. Es gibt dafür keine allgemeingültige Lösung, da jedes Bauwerk und die spezifischen Fragestellungen unter den jeweiligen Randbedingungen unterschiedlich sind. Zur sicheren Detektion von Änderungen im Trag- oder Verformungsverhalten der überwachten Bauwerke werden tendenziell immer mehr Sensoren installiert, natürlich auch bedingt durch deren sinkenden Kosten. Eine intelligente Auswertung der Daten wird mit der steigenden Datenmenge zunehmend wichtiger, wobei sich die geforderte Intelligenz nicht nur auf die autonome Bewertung aller einzelnen Datensätze bezieht, sondern auch die Benachrichtigung der Verantwortlichen auf Grundlage relevanter Kriterien und Kombinationen davon.

An der Spannbetonbrücke einer Bundesstraße mit einer Hohlkörperplatte als Feldquerschnitt und Sigma-Stahl als Spanngliedern wurde ein quasi-verteiltes, faseroptisches Monitoringsystem mit weitspannenden Faser-Bragg-Gitter Sensoren (LGFBGS) installiert, um eine lückenlose Echtzeiterkennung von Tragwerksänderungen zu ermöglichen. Insbesondere wurde hierfür ein neuer Algorithmus entwickelt und eingesetzt, der alle Messdaten unmittelbar während der Laufzeit bewertet und nur bei einer Inzidenz mehrerer unabhängiger Indikatoren die Messdaten abspeichert und eine Benachrichtigung auslöst. Das Monitoringsystem kann damit äußerst sensitives eingestellt werden, bei gleichzeitiger Reduktion der Fehlalarme auf ein Minimum.

VORTRAG 10**Digitale Zustandserfassung von Betonkonstruktionen**B. Marbacher¹¹ Screening Eagle Technologies, Schwerzenbach, Schweiz

Die Zustandserfassung von Bauwerken und Infrastrukturobjekten stellt für Firmen eine grosse Herausforderung dar. Dies liegt daran, dass es sich hierbei um einen komplexen Prozess handelt, der sowohl technisches Fachwissen als auch eine hohe Genauigkeit erfordert. Eine der grössten Herausforderung ist dabei die Erfassung des aktuellen Zustands eines Objektes.

in unserem Vortrag sprechen wir über die neusten Technologien und Methoden der digitalen Zustandserfassung, die Ihnen dabei helfen, Ihre Projekte schneller, effizienter und sicherer zu überwachen.

Screening Eagle Technologies bietet Lösungen um detaillierte Daten, Bilder und Videos von Ihrer Infrastruktur zu erstellen und diese anschliessend auszuwerten.

Entdecken Sie, wie Sie mit der digitalen Zustandserfassung potenzielle Probleme frühzeitig erkennen und beseitigen können, bevor sie zu grösseren Schäden oder Gefahren für die Öffentlichkeit führen.

VORTRAG 11

Faules Holz – zerstörungsfrei gefunden!

A. Hasenstab¹, H. Urban²

¹ Ingenieurbüro Dr. Hasenstab, Augsburg; ² ZETCON Ingenieure GmbH, Bochum

Faules Holz entsteht bei einer Holzfeuchte von über 20% in Kombination mit ubiquitären (überall vorhandenen) Sporen von holzzerstörenden Pilzen. So wird trockenes Holz durch Fäulnis zu faulem Holz.

Beim Abklopfen der Struktur und bei Ultraschallmessungen am Holz zeigt sich der Unterschied zwischen gesundem, klingendem, Schall leitenden Holz und krankem, dämpfenden, faulem Holz. Dass das gesunde Holz klingt kennt jeder noch von den Klangstäben im Musikunterreich (nach Carl Orff) und dass faule Holz dumpf klingt, ist von verfaultem Holz im Wald bekannt.

Für die Untersuchung der Integrität der Holzstruktur werden derzeit mehrere Verfahren verwendet. Hierbei kann mit dem an der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) in den Jahren 2002-2005 entwickelten Ultraschallechoverfahren die innere Struktur des Holzes untersucht werden und es können nicht sichtbare innere Schäden wie Innenfäulnis oder Risse erkannt bzw. ausgeschlossen werden. Für Ultraschallechomessungen ist ein koppelmittelfreier direkter Kontakt zur Bauteiloberfläche erforderlich faules Holz dämpft die Ultraschallsignale und verrät sich durch Signalauslöschung bei sonst gleichen Randbedingungen. Mit dem Bohrwiderstandverfahren kann punktuell mit einer 3mm dünnen Bohrnadel die Holzstruktur untersucht werden, wobei hier bei einem gleichbleibenden Vorschub der Bohrnadel der Bohrwiderstand und der Bohrdruck aufgezeichnet wird. Faules Holz wird durch einen geringeren Bohrwiderstand erkannt.

Ergänzend sollte immer die Holzfeuchte bestimmt werden mittels Rammelektrode (Widerstandsmessung) oder kapazitiv.

So ist es möglich mit der flächigen Ultraschallmessung, der punktuellen Bohrwiderstandsmessung und der ergänzenden Holzfeuchtemessung Bestandsholz gesund zu prüfen und innere Schäden wie faules Holz auszuschließen bzw. einzugrenzen. Im Beitrag werden Untersuchungen an Bestandsbauwerken wie einer ehemaligen Kavalleriekaserne, einem Fachwerkhause und einem Tempel in Indien vorgestellt. Altes gesundes Holz kann im trockenen Zustand für die Konstruktion für statische Nachweise komplett angesetzt werden was bedeutet, dass mit einer genauen Untersuchung viel Bausubstanz erhalten werden und so hohe Kosten für Sanierung eingespart werden können und der Bauablauf zudem beschleunigt wird.

VORTRAG 12**Durchstrahlungsprüfung an Stahl- und Spannbeton – was so möglich ist**S. Schulze¹¹ bauray GmbH, Hamburg

In der ZfPBau wird Röntgen in Deutschland bislang nicht systematisch angewandt, obwohl sich dank Weiterentwicklungen insbesondere im Bereich der digitalen, mobilen Radiographie viele praktische Einsatzmöglichkeiten anbieten. Qualitätssicherung im Neubau, Schadensbewertung im Bestand oder die noninvasive Untersuchung von Spannbeton und Denkmalschutzbauten die Palette ist breit gefächert. Der Vortrag soll anhand von aktuellsten Praxisbeispielen das Potential des Verfahrens in der Praxis der ZfPBau demonstrieren.

VORTRAG 13

Erwartungshaltung des Bauherren am Beispiel der Markierung von Spanngliedern

M. Euler¹

¹ Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Frankfurt am Main

Aus der Sicht und Verantwortung von Hessen Mobil, soll dargestellt werden, welche Anforderungen an den Auftragnehmer bei der Sanierung eines Bauwerkes gestellt werden sollten.

In wessen Verantwortung die auszuführenden Arbeiten am Bauwerk liegen, so dass eine fachgerechte Sanierung durchgeführt werden kann, um diese an den Auftragnehmer ohne Mängel zurückgeben zu können.

Nachhaltigkeit der Sanierung sowie möglichst geringe Beeinträchtigung für den Verkehr, durch die Sanierung, sollten von hoher Priorität sein.

VORTRAG 14

Gefügeforensik – ZfP-Verfahren am BauwerkT. Harke¹, C. Voigt¹¹ MKP GmbH, Weimar

Das Wort Forensik ist in seiner Herkunft und Bedeutung leider sehr negativ geprägt. Forensik ist ein Sammelbegriff für wissenschaftliche und technische Arbeitsgebiete, in denen kriminelle Handlungen systematisch untersucht werden.

In der modernen Verwendung des Wortes forensisch wird dies als eine Form der juristischen Beweisführung und als eine Kategorie der öffentlichen Präsentation verwendet. Ersetzt man kriminelle Handlungen durch Bauwerke bzw. Baumängel und entfernt man das Wort juristisch, so entsteht ein Kontext, der die Arbeitsweise und Methoden der Bauwerksdiagnostik bestens wiedergibt.

Der Zeitpunkt, an dem eine Bauwerksdiagnostik gefordert wird, ist oftmals das Auftreten sichtbarer Schadensbilder. Zu diesem Zeitpunkt sind dies bereits Resultate von mehreren Ursachen und zum Teil komplexen Schadensabfolgen. Dabei liegen sichtbarer Schaden und Ursache nicht immer in unmittelbarer Nähe. Auch ist der sichtbare Schaden nur der kleinste Teil eines größeren Schadensausmaßes.

Grundlage zur Ermittlung der tatsächlichen Schadensursachen ist eine systematische Untersuchung. Diese beginnt mit einer, sehr oft vernachlässigten, visuellen Inspektion der Gesamtkonstruktion und der Bestandspläne. Die daraufhin abgeleiteten Schadenshypothesen werden zielgerichtet mit den anwendbaren zerstörungsfreien Prüfverfahren systematisch untersucht, gefolgt von minimalinvasiven zerstörungssarmen Untersuchungen zur Verifizierung und Kalibrierung der ZfP-Daten. Am Ende erhält man eine Beweiskette von der eigentlichen Schadensursache bis hin zum sichtbaren Schaden und deckt das gesamte Schadensausmaß auf.

Anhand von aktuellen Beispielen werden der Ablauf und die Bedeutung derart systematischer Untersuchungen unter Zuhilfenahme von ZfP-Verfahren verdeutlicht.

VORTRAG 15

Werterhalt von Denkmälern durch ZfP-Verfahren

A. Walther¹, A. Hasenstab²

¹ Kiwa GmbH, Berlin; ² Ingenieurbüro Dr. Hasenstab, Augsburg

Gebäude mit historisch wichtiger Bausubstanz sind für die nachkommenden Generationen in Ihrer Struktur zu bewahren.

Häufig sind solche Gebäude aus verschiedensten Epochen der Baukultur mit unterschiedlichsten Wissenstand der Baumeister erstellt worden.

Für den Werterhalt gilt es nach heutigen Maßstäben die Tragstruktur zu erfassen, zu kontrollieren und sicherzustellen, dass die Standsicherheit gewährleistet wird.

Für Tragwerksplaner stellen somit alle Informationen, von der verformungsgerechten Darstellung bis hin zur Erfassung der Materialkennwerte ein wichtiges Hilfsmittel dar. Im Vortrag wird am Beispiel eines Wasserturms im wilhelminischen Leuchtturmstil das Vorgehen zur zerstörungsfreien Ermittlung von Kenngrößen der Stahleinbauten präsentiert. Ebenso die visuelle Inspektion als Mittel zur Erfassung von Strukturschäden.

Zusätzlich wird aufgezeigt, dass trotz Strukturdefizite ein Werterhalt möglich ist und dieser Wasserturm als Wahrzeichen einer Stadt erhalten werden kann.

VORTRAG 16**SHM Leistungsbewertung durch einen digitalen Brückenzwilling**A. Mender¹¹ Technische Universität München

Die Leistungsbewertung ist ein systematisches Verfahren zur Untersuchung der Diagnostizierbarkeit von Bauwerksschäden. Die zugrundeliegende Frage ist welche Schäden detektiert und welche nicht von Messrauschen und anderen Störgrößen unterschieden werden können. In bisherigen Studien erfolgt die Leistungsbewertung über empirische Studien und Laborexperimente, wobei die Auswertung erst nach Eintreten des Schadensereignisses erfolgt, z. B. über sogenannte Probability-of-Detection (POD) Kurven. Im Gegensatz dazu wird in diesem Beitrag ein POD Verfahren präsentiert, bei dem die Diagnostizierbarkeit vor Schadenseintritt bestimmt werden kann. Das Verfahren basiert auf Daten vom unbeschädigten Bauwerk und einem analytischen Modell des Prüfkörpers, wobei der minimal diagnostizierbare Schaden als relative Änderung in einer ingenieurtechnischen Bemessungsgröße angegeben wird (z.B. Änderung im Material, Querschnittswerten oder Vorspannkräften). Es eignet sich insbesondere für die Dauerüberwachung von einzigartigen Bauwerken, teuren Prüfkörpern und anderen Tragwerksstrukturen, die während der Fertigung nicht bis zum Versagen geprüft werden können. Zur Veranschaulichung werden numerische Fallstudien zur Leistungsbewertung vorgestellt. Hierbei werden die minimal diagnostizierbaren Änderungen zuerst vorhergesagt und anschließend über Simulation im beschädigten Zustand validiert.

VORTRAG 17

UACIS – Entwicklung eines drohnenbasierten Systems für die zerstörungsfreie Bauwerksdiagnostik

C. Thurnherr¹, A. Müller¹, D. Algernon¹

¹ SVTI Schweizerischer Verein für technische Inspektionen, Wallisellen, Schweiz

Das Vorhaben Unmanned Aerial Concrete Inspection System (UACIS) steht für die Einführung moderner und höchst leistungsfähiger Drohnentechnologie in die Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (ZfPBau). Drohnen werden als Schlüssel zu Effizienz und Effektivität in der Zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) identifiziert.

Ziel der Entwicklung ist die Anwendung des Systems auf Infrastrukturbauten ebenso wie auf Tragwerke in der Energietechnik. Insbesondere Brücken, Containments oder Kühltürme stehen aufgrund ihrer Altersstruktur, Exposition und begrenzten Zugänglichkeit im Fokus der Bauwerksuntersuchungen.

Neben der kontaktlosen Inspektion wird das Drohnensystem zusätzlich in der Lage sein, mechanische Anpresskräfte auf Bauteiloberflächen in fast beliebiger Orientierung aufzubringen. Sonst nur schwer zugängliche Bereiche werden so auch für Kontaktprüftechniken erschlossen und ökonomisch prüfbar. Die zusätzliche Einbindung innovativer Technologien wie insbesondere der Künstlichen Intelligenz trägt neben der Kombination verschiedener Prüfverfahren an einer Drohne dazu bei, vorausschauend Instand zu setzen und damit die Lebensdauer relevanter Bauwerksstrukturen zu maximieren.

VORTRAG 18

Entwicklung einer flexiblen Datenablage zur sicheren Speicherung von Bauwerksdaten – mFUND Forschungsprojekt „CASPAR“S. Maack¹, T. Braml²¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ² Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

Bestandsunterlagen von älteren Bauwerken sind bezüglich einer rechnerischen Zustandsbewertung häufig nur in einem unzureichenden Umfang verfügbar. Dies gilt sowohl für den privaten als auch für den öffentlichen Bereich. Der Wert von Bestandsunterlagen für Gebäude oder Brücken ist Vielen nicht bekannt. Soll jedoch der aktuelle Zustand von Bauwerken bewertet, sollen Restlebensdauern abgeschätzt oder soll umgebaut werden, stellen Bestandsunterlagen die Grundlage dafür dar. Liegen diese nicht vor, so muss die Bauweise des Bauwerkes kostenintensiv nachvollzogen und mit nachträglichen Untersuchungsverfahren bewertet werden. Vor allem ist dies darauf zurückzuführen, dass die Aufbewahrung der Bestandsunterlagen dem Bauherrn obliegt und diese meist in Papierform vorliegen und dann bei Umzügen, Betriebsschließungen, Eigentümerwechsel etc. verloren gehen.

Die Digitalisierung im Bauwesen bietet hier Möglichkeiten diese Probleme künftig zu vermeiden. Bereits heute nimmt die digitale Planung im Bauwesen eine immer größere Rolle ein. Mehr und mehr Bauvorhaben werden schon jetzt in sogenannten BIM Modellen (Building Information Modelling) geplant. Um die Akzeptanz einer digitalen Lösung zu gewährleisten muss die Vertrauenswürdigkeit von Daten auch langfristig garantiert sein. Naturgemäß unterliegen Erkenntnisse, die aus Daten gewonnen werden, häufig vielen Prozessschritten mit unterschiedlichen Beteiligten. Es lässt sich vor dem Hintergrund der üblichen Lebensdauern von Bauwerken leicht erkennen, dass es schwierig ist diese Prozesskette, von der Datenerhebung bis zur teilweise jahrzehnte späteren Nutzung, beweissicher und rückführbar zu gestalten. Diese Attribute sind es aber, die die Vertrauensbasis für die Qualität und somit auch die Akzeptanz von digitalisierten Daten bilden. Im Projekt CASPAR erarbeiten wir eine mögliche technologische Grundlage, um Bauwerksdaten langfristig und manipulationssicher zu speichern.

VORTRAG 19

Digitalisierung der Bauwerksdiagnostik zur realitätsnahen Bewertung von Ingenieurbauwerken

C. Voigt¹, C. Fritsch¹, T. Hackel², R. Arndt³

¹ MKP GmbH, Weimar; ² Hamburg Port Authority AöR, Hamburg; ³ Fachhochschule Erfurt, Erfurt

Im Bauingenieurwesen können wir auf vielfältige Weise zur Bewältigung aktueller Herausforderungen unserer Zeit beitragen. Durch eine umfassende Beurteilung und Bewertung des vorhandenen Bestandes an Ingenieurbauwerken kann beispielsweise eine längere Nutzung der Bauwerke und damit eine Einsparung von Ressourcen erreicht werden. Bauwerksdiagnostische Untersuchungen ermöglichen realitätsnahe Aussagen über die vorhandene Konstruktion, die tatsächlichen Materialeigenschaften und vorhandene Schäden bis in die Tiefe der Bauteile und bilden damit eine wesentliche Grundlage für eine Bestandsbewertung. Die Prozesse hinter der Bauwerksdiagnostik sind zumeist noch äußerst analog und enden oftmals in einem mehrere hundert Seiten starken Bericht in semidigitaler PDF-Form. Im Beitrag werden die wesentlichen Erkenntnisse aus Projekten und Forschungstätigkeiten vorgestellt und die Chancen der konsequenten Digitalisierung und Harmonisierung der sonst sehr heterogenen Datenbestände auch im Kontext der Building-Information-Modeling-Methode (BIM-Methode) aufgezeigt.

VORTRAG 20

**Wie können Ergebnisse der Bauwerksdiagnose dauerhaft zugänglich gemacht werden?
Eine Standortbestimmung**

M. Schickert¹, C. Ullerich²

¹ Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar; ² Hamburg Port Authority AöR, Hamburg

Bauwerksdiagnostische Verfahren – zerstörungsfrei, zerstörungsarm oder zerstörend – charakterisieren Bauteile und Bauwerke. Eine Vielzahl verschiedener Verfahren steht zur Verfügung, um gezielt Materialeigenschaften und innere Geometrien zu bestimmen und Fehler zu identifizieren.

Aus Sicht des Eigentümers von Bauwerken ist die Situation aber noch wenig zufriedenstellend. Die derzeitigen analogen Arbeitsabläufe führen zu zahlreichen Dokumenten und verstreuten Dateien in einer Vielzahl von Datenformaten. Durch die vielen Einzelberichte geht der Überblick verloren, welche Verfahren an welchem Bauteil mit welchem Ergebnis durchgeführt wurden. Die Informationen sind in langen Prüfberichten versteckt, Ergebnisse in Tabellen haben unklare Randbedingungen.

Um diese Situation zu verbessern, sind Fragen zu beantworten: Wie können Ergebnisse der Bauwerksdiagnose strukturiert und dauerhaft zugänglich gemacht werden? Welche Anforderungen an die Ergebnisform gibt es? Wie könnte eine Prozesskette für den digitalen Arbeitsablauf aussehen? Was bedeutet das für die Arbeitsweise der Prüfeningenieure?

In einer geführten Diskussion zwischen einem Vertreter der Eigentümer- und Auftraggeberseite und einem Vertreter der Bauwerksdiagnose versuchen wir eine Standortbestimmung im Sinne einer digitalen Transformation der Bauwerksdiagnose. In einer Bestandsaufnahme benennen wir die Positionen und Probleme und schlagen Wege zur Lösung vor, die unter anderem auf dem Prozess des Building Information Modeling (BIM) beruhen.

VORTRAG 21: Abschlussvortrag

Röntgen ohne gefährliche Strahlung alles Gute kommt von oben

E. Niederleithinger¹, R. Kaiser²

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ² Lynkeos Ltd., Glasgow, Großbritannien

Bis in die 1980er Jahre wurden Röntgenverfahren in der praktischen Bauwerksprüfung genutzt. Die Bilder aus dem Inneren von Stahl- und Spannbeton boten eine gegenüber anderen Verfahren unerreichte Präzision und Auflösung. Aufgrund von immer schärferen Strahlenschutzvorschriften und damit verbundenen Kosten ist das Verfahren inzwischen kaum noch in der Anwendung.

Was wäre nun, wenn wir ohnehin vorhandene kosmische Strahlung zum Röntgen nutzen könnten? In einem einzigartigen Experiment haben wir mit der Universität Glasgow und der Lynkeos Ltd. eine Stahlbetonplatte in einem eigentlich für Fässer mit radioaktiven Müll gedachten Myonen-Detektor untersucht. Die Ergebnisse sind für einen ersten Versuch ganz erstaunlich. Wir zeigen die Bilder im Vergleich zu Ultraschall-, Radar- und Röntgenergebnissen.

POSTER 1**Anwendung aktiver Thermografie im Hochbau**G. Dittié¹¹Dittié Thermografie, Königswinter

Die aktive Thermografie spielt als zerstörungsfreies Diagnoseverfahren im Hochbau eine immer weiter zunehmende Rolle, wobei die Erfahrung als Bausachverständiger zeigt, dass die große Mehrheit der Prüfaufgaben immer gleich sind oder sich stark ähneln. Auf dem Poster wird eine Tabelle mit den Aufgabenstellungen gezeigt, die in der Praxis am häufigsten vorkommen und deshalb als Standardfälle angesehen werden können. Diese Tabelle soll Anwendern von Thermografie als ZfP-Verfahren zur Orientierung dienen, wie ein Standardprüffall erfolgversprechend zu bearbeiten ist und zu welchem Fall die geeigneten Kombination aus Anregungsmethode und -dauer, Aufnahmeart und Auswertemethode am besten passt. Rund um die Anwendungstabelle werden drei Beispiele zu den einzelnen Prüfaufgaben vorgestellt.

POSTER 2**Verlängerung der Restnutzungsdauer von AKR- und Chlorid-geschädigten Parkbauten am Beispiel des Parkhauses am Holstentor in Lübeck**

D. Kahl¹, M. Gutermann²

¹Ingenieurgesellschaft Experimentelle Statik (IGES), Bremen; ²Hochschule Bremen

Das Parkhaus am Holstentor in Lübeck wurde 1992 errichtet. 2017 wurde durch ein Sachverständigenbüro festgestellt, dass umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen notwendig sind, um den Betrieb des Parkhauses für eine Restnutzungsdauer von 2-3 Jahren aufrecht zu erhalten. Dabei waren sowohl statische als auch beton-technologische Sachverhalte zu berücksichtigen. Mit einem Konzept aus Instandsetzung, temporärer Verstärkung und Belastungsversuchen wurde bereits 2020 die ausreichende Tragsicherheit der Stahlbetonrahmenkonstruktion fest- und wiederhergestellt. Experimentelle Methoden loten die Tragwerksreserven bestehender Bauwerke aus und können selbst dann ein erfolgsversprechender Lösungsansatz sein, wenn umfangreiche rechnerische Analysen unbefriedigende Ergebnisse erzielt haben.

Mit einem anschließenden Monitoring wurde überwacht, ob sich der Zustand in den Folgejahren weiter verschlechtert. Anfang 2023 wurde der Zustand erneut begutachtet. Visuell identifizierte Verschlechterungen, insbesondere an den Bauwerksfugen, waren der Anlass, die Tragsicherheit der mangelbehafteten Stockwerksrahmen erneut mit Belastungsversuchen nachzuweisen. Mit einem erweiterten Monitoringkonzept sollt das Bauwerk weitere 2 Jahre fortgenutzt werden, bis ein Neubau den AKR- und Chlorid-geschädigten Bestand ersetzen muss.

Nachzuweisen war die ausreichende Tragsicherheit der Stockwerksrahmen in mehreren Bauwerksachsen zwischen dem Erd- und 2. Obergeschoß im Bestand. Der Untersuchungsbereich wurde so eingerichtet, dass die maximale Versuchslast mit mobilem Belastungsgerät durch hydraulische Pressen im Kräftekreislauf auf den Rahmen eingeleitet werden konnten. Als Gegengewicht für die Versuchslasten wurde das Eigengewicht der 2 darunter- bzw. darüberliegenden Stockwerke genutzt. Die Versuchsziellast ext FZiel 260 kN wurde erreicht, ohne eines der definierten Abbruchkriterien (z. B. Einzelmesswerte: Rissweiten, Durchbiegung, Schubverformungen,) zu verletzen. Dieses Projekt zeigt exemplarisch, dass eine umfassende Bauwerksanalyse die Basis für ein wirtschaftliches Instandsetzungskonzept sein muss. Neben einer klassischen fachmännischen Instandsetzung gut zugänglicher Bauteile konnte das Risiko anderer Bereiche aus einer Kombination von Sanierung, experimenteller Tragsicherheitsbewertung und Monitoring soweit minimiert werden, dass eine begrenzte Weiternutzung (2-3 Jahre) vertretbar war.

POSTER 3**Entwicklung einer verteilten Sensorelektronik zur energieeffizienten und proaktiven Instandhaltung von Bauwerken**

U. Rabe¹, R. Moryson¹, J. Oswald¹, H. Theado¹, D. Koster¹

¹Fraunhofer IZFP, Saarbrücken

Eine Dauerüberwachung in Kombination mit lokaler zerstörungsfreier Prüfung in ausgewählten schadensrelevanten Bereichen kann die vorbeugende Instandhaltung von Bauwerken erleichtern. Im Verbundprojekt Verteilte Sensorelektronik zur energieeffizienten und vorausschauenden Instandhaltung von Bauwerken - ImaB-Edge soll ein Gesamtsystem entwickelt werden, das die Erfassung, Auswertung und Fusion von Monitoring- und ZfPBau-Daten unterstützt. Das Vorhaben wird vom BMBF im Rahmen des Programms Elektroniksysteme für vertrauenswürdige und energieeffiziente dezentrale Datenverarbeitung im Edge-Computing (OCTOPUS) gefördert. Die Forschungspartner Fraunhofer IZFP, Fraunhofer IPMS und BAM erarbeiten zusammen mit Industriepartnern und Anwendern zunächst ein Konzept für ein Gesamtsystem, bestehend aus einem EDGE-Gateway als zentralem hoch performantem Knoten und einer variablen Anzahl von Sensor-EDGE Einheiten, die die Verbindung zwischen den Sensoren des permanenten Monitoringsystems und dem EDGE-Gateway herstellen. Das EDGE-Gateway stellt zusätzlich a-priori-Informationen zur Verfügung und stellt die Verbindung mit der Cloud her. Um die erforderliche Rechenleistung energieeffizient zur Verfügung zu stellen, werden seitens der Elektronik RISC-V Prozessoren und Hardware-Beschleuniger eingesetzt. In diesem Beitrag wird das Konzept des Gesamtsystems vorgestellt.

POSTER 4

Mehrwert der objektbezogenen Schadensanalyse für das Bauwerkserhaltungsmanagement

T. Brauer¹, S. Nowak¹

¹ Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Hoppegarten

Die objektbezogene Schadensanalyse ist ein wichtiges Werkzeug zur Bewertung des Bauwerkszustandes. Durch sie lassen sich wichtige Informationen über den Zustand von Brückenbauwerken gewinnen insbesondere wenn die Ursache, der Umfang oder die Auswirkung von Bauwerksschäden unklar sind.

Im Erhaltungsmanagement für Brücken ergibt sich durch die konsequente und bedarfsorientierte Durchführung von objektbezogenen Schadensanalysen ein deutlicher Mehrwert. Die vorgesehenen Maßnahmen können hierdurch verifiziert werden. Des Weiteren kann der erforderliche Maßnahmenzeitpunkt exakter bestimmt sowie die richtige Maßnahmenart festgelegt werden. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die Maßnahmenplanung (insb. bei Verstärkungen und Grundhaften Instandsetzungen) effizienter umgesetzt werden kann, da umfangreiche Grundlagedaten zuvor durch die Untersuchungen der OSA ermittelt worden sind.

In dem Poster soll die entsprechende Interaktion zwischen Bauwerksbewertung und Bauwerksmanagement visualisiert werden. Hierbei sollen die Mehrwerte der Objektbezogen Schadensanalyse für das Erhaltungsmanagement hervorgehoben werden, so dass die Ansätze des LS auf der Fachtagung Bauwerksdiagnose 2024 mit der Fachöffentlichkeit diskutiert werden können.

POSTER 5

Verteilte POF-basierte faseroptische Sensoren zur Infrastrukturüberwachung in der Geotechnik

A. Wosniok¹, K. Königsbauer¹, N. Nöther², J. Färber³, M.-B. Schaller², K. Krebber¹

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ²fibrisTerre Systems GmbH, Berlin; ³GGB Gesellschaft für Geomechanik und Baumesstechnik mbH, Rötha

Wir präsentieren unsere Forschungsergebnisse zur Entwicklung eines faseroptischen Sensorsystems mit polymeroptischen Fasern integriert in Geokunststoffe für die Überwachung von geotechnischen Anlagen. Das Sensorsystem dient der räumlichen Auflösung lokaler Dehnungsereignisse im für Anwender signifikanten Größenordnungsbereich von 3 % bis 10 %. Das gesamte Sensorkonzept besteht aus einem praxistauglichen Messsystem basierend auf der digitalen inkohärenten optischen Frequenzbereichsreflektometrie (I-OFDR) und einer Sensormatte in Form eines Geotextils mit integrierten faseroptischen perfluorierten polymeroptischen Fasern (PF-POFs). PF-POFs sind im Gegenteil zu Glasfasern viel stärker dehnbar und können somit, wie hier anwendungsspezifisch gefordert, für Überwachung von Dehnungszuständen weit über 3 % eingesetzt werden. In der Vorauswahl der Geotextilien als Sensorträgermaterialien wurden solche Lösungen präferiert, die bereits über Zulassungen verfügen sowie Aspekten der Umwelt genügen.

Das entwickelte Messsystem auf Basis der digitalen I-OFDR wurde in Hardware zwecks Reduzierung der Gesamtkosten und Erreichung der für den Baustelleneinsatz geforderten Robustheit optimiert. Hierfür wurde der standardmäßig im Laboraufbau verwendete vektorielle Netzwerkanalysator durch ein integriertes digitales System/Board zur optischen Frequenzbereichsanalyse ersetzt. Dabei wurden sowohl die Kernaufgaben der Signalsynthese für Intensitätsmodulation der optischen Quelle als auch die Signalanalyse des Rückstreusignals vollständig auf das integrierte digitale System übertragen. Unsere Entwicklung wies eine deutliche Verbesserung des Dynamikumfangs sowie der Sensitivität gegenüber dem klassischen Messsystem basierend auf dem analogen Netzwerkanalysator auf. Die Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Demonstrators erfolgte in Feldtests beim Einbau zweier Geomatten mit integrierten PF-POFs auf der Baustelle B 91 Werchen im Großraum Leipzig. Die Ergebnisse unter Einbeziehung der an den in die Geomatten miteingewirkten Glasfasersensoren durchgeführten Brillouin-basierten Referenzdehnungsmessungen zeigen eine gelungene Einbettung der Geomatten mit integrierten polymeroptischen Sensoren ins Erdreich und bestätigen die Feldtauglichkeit unseres Messsystems auf Basis der digitalen I-OFDR.

Die Sensortechnologie auf Grundlage optischer Polymerfasern bietet trotz verbleibender Herausforderungen der industriellen dehnungsgekoppelten Sensorintegration neue Chancen bezüglich Robustheit, Anwendungsfreundlichkeit und Kosteneffizienz.

POSTER 6**Ultraschalluntersuchungen zur Sicherstellung der nachträglichen Verankerung von Spanngliedern**

D. Czeschka¹, G. Schacht¹, J. Diers¹

¹MKP, Hannover

Beim abschnittsweisen Rückbau von Spannbetonbrücken ergeben sich häufig Zustände, in denen Spannglieder abseits von Ankerkonstruktionen durchtrennt werden müssen. Für eine wirtschaftliche Ausführung des Rückbaus kann jedoch die weitere statische Nutzung der durchtrennten Spannglieder erforderlich sein. Die Neuverankerung kann über Verbund geschehen. Voraussetzung dafür ist einerseits ein ausreichend guter Verpresszustand, andererseits ein gutes Betongefüge, um die resultierenden Spaltzugkräfte aufnehmen zu können.

Im Zuge des Rückbaus der Talbrücke Unterrieden wurden umfangreiche Untersuchungen zur nachträglichen Verankerung durchgeführt. Mithilfe des Ultraschallverfahrens wurden im Vorfeld der geplanten Trennschnitte Untersuchungen bezüglich des Betongefüges und des Verpresszustandes durchgeführt. Unmittelbar vor und nach dem Durchtrennen der Spannglieder wurden zusätzliche Messungen durchgeführt, um eine mögliche Spaltrissbildung im Zuge der Neuverankerung zu detektieren.

Mithilfe von Ultraschalluntersuchungen können während der Rückbauplanung von Spannbetonbrücken frühzeitig wichtige Erkenntnisse über das Betongefüge und den Verpresszustand gewonnen werden. Die Informationen ermöglichen es bereits in einem frühen Stadium auf Abweichungen zum Soll-Zustand zu reagieren und erhöhen damit die Planungs- und Ausschreibungssicherheit.

Auf dem Poster werden die Untersuchungsstellen im Kontext des Rückbaus sowie die Messergebnisse der Ultraschalluntersuchungen mitsamt Erläuterungen dargestellt.

POSTER 7

Potenziale verteilter faseroptischer Sensoren für die Langzeitüberwachung von durch Spannungsrissskorrosion gefährdeten Bauwerken

B. Novák¹, F. Stein¹, J. Reinhard², A. Dudonu¹

¹ Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Stuttgart;

² Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Kleinostheim

Aufgrund der Altersstruktur der Brücken in Deutschland und des überproportional steigenden Schwerlastverkehrs werden umfangreiche Erhaltungsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung des Infrastrukturnetzes erforderlich. Zur Dynamisierung der Erhaltungsstrategie werden vermehrt Bauwerksmessungen zur Überwachung und Beurteilung des Bauwerkszustands eingesetzt. Zur Zustandsüberwachung spannungsrissskorrosionsgefährdeter Bauwerke können Rissüberwachungen bei nachgewiesenem Ankündigungsverhalten, Schallemissionsanalysen und objektabhängig Verformungsmessungen herangezogen werden. Weiterentwicklungen in der Leistungsfähigkeit hochauflösender faseroptischer Sensoren auf Basis der Rayleigh-Streuung bieten neue messtechnische Möglichkeiten für ein großflächiges Rissmonitoring zur frühzeitigen Erkennung von Zustandsveränderungen vor dem Hintergrund des Riss-vor-Bruch Kriteriums. Über die Verlegung von Sensorfasern in den maßgebenden Bauwerksbereichen mit bis zu 100 m Messlänge können ohne vorherige Kenntnis über gerissene Bauwerksbereiche Rissentwicklungen in einem Messabstand von wenigen Millimetern detektiert und ortsgenau lokalisiert werden. Werden faseroptische Sensoren in einem Dauermonitoring eingesetzt, können Rissentwicklungen nahezu in Echtzeit detektiert und quantifiziert werden.

An einer Autobahngrößbrücke wurden im Zuge eines Pilotprojekts 16 verteilte faseroptische Sensoren mit bis zu 100 m Messlänge als Dauermonitoringsystem zur kontinuierlichen Detektion, Lokalisierung und Quantifizierung von Rissentwicklungen installiert. Bei dem Bestandsbauwerk handelt es sich um eine Spannbetonbrücke mit spannungsrissskorrosionsempfindlichem Spannstahl und nachgewiesenem Ankündigungsverhalten. Das Monitoringsystem soll für 5 Jahre als Dauermonitoringsystem im Zuge einer präventiven Erhaltungsstrategie zur frühzeitigen Detektion möglicher Zustandsveränderungen betrieben werden. Anhand des Pilotprojekts werden die Potentiale und Herausforderungen von verteilten faseroptischen Sensoren als Dauermonitoringsystem an Bestandsbauten erläutert. Die Einsatzmöglichkeiten zur Langzeitmessung werden anhand der bisherigen Erfahrungen und Ergebnisse demonstriert.

POSTER 8**Digitale Werkzeuge für die moderne Bauwerksdiagnose**S. Kraus¹¹Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Die regelmäßige Bauwerksprüfung und -diagnose ist unabdingbar um die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Brückenbauwerken zu gewährleisten. Viele dieser Arbeiten werden aktuell noch analog durchgeführt. Digitale Werkzeuge für die Bauwerksdiagnose bieten die Möglichkeit, die Prüfenden vor Ort bei ihrer Arbeit zu unterstützen und die Dokumentation während und nach der Prüfung erheblich zu erleichtern. Ein vielversprechendes Werkzeug ist die Augmented Reality (kurz AR). AR-Anwendungen stellen in Echtzeit zusätzliche Informationen in digitaler Form zur Verfügung. Technisch besonders geeignet sind AR-Brillen, welche mittels stereographischer Projektion die zusätzlichen Informationen in das Sichtfeld der Prüfenden einblenden, während beide Hände für Prüfarbeiten frei bleiben. Zwar verursachen AR-Brillen aktuell noch einen größeren technischen Aufwand, die Entwicklung hin zur Alltagstauglichkeit schreitet allerdings zügig voran. Alternativ ist der Einsatz von Tablets möglich, bei welchen die Informationen auf dem Bildschirm mit Aufnahmen der realen Bauteile überlagert werden.

AR-Anwendungen bieten die Möglichkeit, digitale Pläne in Form von BIM-Modellen (BIM: Building Information Modelling) mit dem jeweiligen Bauwerk zu überlagern und zu vergleichen. Mit diesen BIM-Modellen lassen sich weitere Bauwerksinformationen verknüpfen und bauteilbezogen verorten. Eine beispielhafte Anwendung ist die Überlagerung von Messergebnissen der zerstörungsfreien Prüfung wie z. B. Radargramme mit dem realen Bauwerk, welche im zugehörigen Modell hinterlegt und am Bauwerk lokalisiert werden. Dieser Blick ins Bauwerk ermöglicht die Begutachtung von Messergebnissen direkt vor Ort. Bei entsprechender Rechenleistung ist es ebenfalls möglich, vor Ort weiterführende Auswertungen durchzuführen. Ein wichtiger Vorteil von AR ist die stark vereinfachte Möglichkeit zur Historisierung von Bauwerksdaten und Prüfergebnissen. So können fotografisch erfasste Schäden und zugehörige Notizen mittels der AR-Geräte im BIM-Modell verortet und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgerufen werden. Auch kontinuierlich aufgezeichnete Monitoring-Daten lassen sich im zeitlichen Verlauf vor Ort betrachten und können so bei der Bauwerksprüfung unterstützen. Ohne BIM-Modell besteht ebenfalls die Möglichkeit, sich mit einem entsprechenden AR-Gerät relativ zum untersuchten Bauwerk zu lokalisieren um die beschriebenen AR-Anwendungen zu benutzen.

Die genannten AR-Anwendungen testen wir prototypisch an einem in der BAST befindlichen Exponat um die Potentiale dieser digitalen Werkzeuge abschätzen zu können und im nächsten Schritt bei der Überführung dieser in die Praxis zu unterstützen.

POSTER 9

Verbesserung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen durch Bauwerksdiagnose: Ein Einblick in das Projekt REINCARNATE

S. Kruschwitz¹, C. Völker¹, G.A. Zia¹, B. Moreno Torres², T. Hartmann²

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin; ²Technische Universität Berlin

Das EU-finanzierte Projekt REINCARNATE, im Rahmen des Horizont Europa Programms, setzt neue Maßstäbe in der Kreislaufwirtschaft des Bauwesens durch den Einsatz fortschrittlicher Bauwerksdiagnose-Tools. Diese Werkzeuge, insbesondere die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP), spielen eine zentrale Rolle bei der Förderung der Zirkularität in der Baubranche.

Die ZfP ermöglicht es, die Qualität und Eignung von Baumaterialien präzise zu bestimmen, ohne diese zu beschädigen. Dies ist entscheidend für die Wiederverwendung und das Recycling von Baustoffen und trägt wesentlich zur Reduzierung des Bauabfalls bei. Durch die Integration dieser Technologie in die Planungs- und Entwurfsphase können Architekten und Ingenieure aktiv einen nachhaltigeren Bauprozess fördern.

REINCARNATE verbindet diese Diagnosemethoden mit digitalen Innovationen wie der Technologie des digitalen Zwillings und KI-gesteuerten Lösungen. Diese Kombination ermöglicht eine noch genauere und effizientere Bewertung und Nutzung von Baustoffen, was die Wiederverwendbarkeit und das Recycling verbessert.

Im Rahmen des Projekts werden elf Demonstrationsprojekte in ganz Europa umgesetzt, die die praktische Anwendung dieser Technologien zeigen. Diese Projekte demonstrieren, wie ZfP und digitale Werkzeuge zusammenwirken, um Materialien, die traditionell als Abfall angesehen werden, in wertvolle Ressourcen umzuwandeln.

Das Ziel von REINCARNATE ist eine 80-prozentige Verringerung der Bauabfälle und eine 70-prozentige Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks. Mit diesem Beitrag demonstrieren wir eine klare, umsetzbare Anleitung für die Bauindustrie, wie Innovationen in die Praxis umgesetzt werden können. Wir präsentieren greifbare Strategien zur Implementierung nachhaltiger, zirkulärer Praktiken im Bauwesen und markiert einen Wendepunkt in Richtung einer nachhaltigeren Bauindustrie.

POSTER 10

Der Wasserturm in Schillingsfürst – Überregionales Kulturgut erhalten, durch genaue Untersuchung, zerstörungsfreie Prüfung und Stahl-Struktur erhaltende Opferanoden

A. Hasenstab¹, M. Trzybinski², A. Walther³

¹Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH, Augsburg; ²Stadt Schillingsfürst;

³BauConsulting GmbH, Brandenburg

Der Wasserturm in Schillingsfürst in Franken stellt ein kulturhistorisch bedeutsames Bauwerk von 1907 dar, woran die Entwicklung der europäischen Kulturnation zum Thema Wasser beispielhaft erfahren werden kann. Die Bedeutung des Wassers als Lebenselixier wurde durch den UNESCO Weltkulturerbetitel für Augsburg international betont.

Bei dem Wasserturm in Schillingsfürst lag ein multiples Schadensbild vor. In der gut funktionierenden Zusammenarbeit zwischen der Stadt Schillingsfürst als Bauwerkseigner, dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege sowie der Statik, Prüfstatik, untersuchenden Ingenieuren und ausführenden Handwerkern konnte eine sehr gute Lösung erarbeitet werden. Die vorhandene, in den 1980er Jahren eingebrachte Betonkonstruktion wurde untersucht und für gesund eingestuft. Bei den Elementen des Turmkopfes wurden unterschieden in alt und kulturhistorische erhaltenswert -und in neu wie Mörtel mit Polymerkügelchen welche sicher keine 100 Jahre alt sind. Die Konstruktion des Wasserturms besteht aus einem Turmschaft aus Ziegelmauerwerk und einem Turmhelm aus einer Stahlkonstruktion mit Gefachen. Die Stahlkonstruktion wies erhebliche Schäden auf, welche teils durch Stahlelemente, teils durch Farbe ergänzt wurden. Am Turmhelm wurden die Stahlteile komplett eindeutig markiert und bezeichnet und die geschädigten Stahlelemente mittels hochfrequentem Ultraschall Echo auf einen Restquerschnitt hin untersucht. So konnten gesunde und kranke Bereiche messtechnisch eindeutig bestimmt werden und zum besseren Verständnis in Plänen dargestellt werden. Mit diesem Schadenskataster konnte die Tragwerksplanung Lösungen erarbeiten und Konstruktionselemente ergänzen. Aus der Historie des Turmes war bekannt, dass es seit über 100 Jahren zu gewissen Problemen und Schäden am Bauwerk kommt. So bestand die Aufgabe, das tragende Stahlskelett des Bauwerks zu schützen. Hierfür wurden sogenannte Opferanoden aus Kanada verwendet, welche Zink im Inneren der Anoden zum Schutz vor Korrosion am Stahl bereitstellen. Mit diesen Opferanoden ist es möglich, die Stahlteile, die nicht von allen Seiten mit Korrosionsanstrich geschützt werden können, so dauerhaft zu schützen. So ist es möglich, das Kulturgut, den Wasserturm in Schillingsfürst für die nächste Generation sicher zu erhalten.

POSTER 11

Bauwerksuntersuchung bei Angriffen von Chloriden auf Bewehrung – funktionierende Lösung durch Opferanoden an Stahl in Parkhäusern und Tiefgaragen

A. Hasenstab¹, K. Zorzi², A. Walther³

¹Ingenieurbüro Dr. Hasenstab GmbH, Augsburg; ²IPG Instandsetzungsplanungs GmbH, Landshut; ³BauConsulting GmbH, Brandenburg

Schäden an Stahl und Bewehrung in Beton Stellen im Ingenieurbau seit Decaden ein großes Problem dar.

So sind die Schäden bei Park- und Tiefgaragen, welche durch Streusalz(NaCl) im Winter verursacht werden, allgemein bekannt und können verlässlich mittels Potentialfeldmethode flächig oder punktuell auf Verdacht hin mittels Untersuchung des spezifischen Widerstandes oder durch Bohrmehlproben bestimmt werden.

Bei der Potentialfeldmethode wird der Stromfluss zwischen dem Messrad und der Bewehrung gemessen. Aktive Korrosion kann so anhand der des gemessenen Potentials erkannt werden. Auffällige Bereiche werden so sondiert um den Schädigungsgrad der Bewehrung zu bestimmen sowie Bohrmehlproben zur Bestimmung der Chlorid-konzentration sind üblich. Weiter ist es erforderlich, die exakte Lage die Bewehrung zu bestimmen-was mit den gängigen Messgeräten mit der Wirbelstromtechnik gut lösbar ist. Die tiefer liegende Bewehrung (Tiefe 7 cm) können mit Rader meist sehr klar dargestellt werden. Die Struktur des Betons um die Bewehrung kann Oberflächen nach mittels Rückprallhammer als Betondruckfestigkeit punktuell mittels Bohrkernentnahme oder indirekt zerstörungsfrei mittels Ultraschallechomethode bestimmt werden. Aus der Fülle der Daten und Messergebnisse kann dann eine Lösung für das Bauwerk erarbeitet werden. Hier kann die Lösung sein, den kompletten Beton mit einer Chlorid-konzentration über 0,5 Masse Prozent Chlorid bezogen auf den Zement zu entfernen. Eine weitere Lösungsansatz ist den Stall mittels Opferanoden aus Zink dauerhaft zu schützen und so sehr viel des festen Betons zu erhalten. Durch die strukturschonende Maßnahme sind keine Abstützungen oder statischen Nachrechnungen erforderlich.

Dies ist besonders wichtig, da die Bauämter und Prüfstatikbüros aus verschiedenen Gründen bzw. Motivationen die erforderliche Bearbeitung der Bauanträge zeitlich stark hinauszögern.

Im Beitrag werden mehrere Baustellen im Großraum München vorgestellt, wo es teils möglich war in sehr kurzer Zeit die Opferanoden an Stützen bzw. an Wänden von Parkhäusern/ Tiefgaragen minimalinversiv ohne Abstützungen einzubauen. So konnten die Schliesszeiten der Parkhäuser stark reduziert werden.

POSTER 12

Neues DGZfP-Merkblatt B 01 „Mobile Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen“

S. Schulze^{1,2}

¹ Unterausschuss Durchstrahlungsprüfung im Fachausschuss ZfP im Bauwesen der DGZfP, Berlin; ² bauray GmbH, Hamburg

Im Jahr 1990 wurde mit dem „Merkblatt B1 für die Durchstrahlungsprüfung von Stahlbeton und Spannbeton“ vom Fachausschuss „Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“ das erste Merkblatt der erfolgreichen Serie herausgegeben, die es sich zum Ziel gesetzt hat, Anwendern und Auftraggebern die Möglichkeiten und Grenzen der zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden des Bauwesens praxisnah näherzubringen.

Einige der Merkblätter sind Standardwerke geworden, die in Ausschreibungen berücksichtigt werden, z.B. das Merkblatt B 03 zur Potentialfeldmessung an Stahlbeton. Das alte Merkblatt B (0)1 indes hat es mangels ausreichender Praxisrelevanz nicht weit gebracht – es wurde schließlich zurückgezogen, die Arbeit des entsprechenden Unterausschusses eingestellt.

Mittlerweile – insbesondere aufgrund weiterentwickelter digitaler Röntgentechnik – sind neue Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen entstanden, die zur Wiederaufnahme der Arbeit des Unterausschusses geführt haben. Das Poster zeigt die wesentlichen Inhalte und Praxisbeispiele des im Laufe des Jahres 2023 überarbeiteten und zur Veröffentlichung in 2024 vorgesehenen Merkblatts B 01 „Mobile Durchstrahlungsprüfung im Bauwesen“.

POSTER 13

Innovative Dauerüberwachung von Rissen an Stahlbrücken basierend auf SchallemissionM. Prokofyev¹, P. Rossik¹¹TÜV Austria, Wien, Österreich

In diesem Beitrag wird das von TÜV AUSTRIA eigens entwickelte Online-Überwachungssystem RISE basierend auf der Schallemissionsmethode vorgestellt. Schallemission (AE) ist ein Phänomen, das bei Materialien auftritt, die einer Belastung ausgesetzt sind. Defekte im Material, wie zum Beispiel Risse in metallischen Werkstoffen, wachsen und setzen Energie in Form einer mechanischen Welle frei, die sich durch das Material ausbreitet. Mithilfe piezoelektrischer Sensoren wird die mechanische Welle in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Signale werden vom Messsystem erfasst und stehen für die weitere Verarbeitung zur Verfügung. Die innovative Online-Überwachungslösung RISE unterstützt Experten bei Bauwerksüberwachung.

Durch die kompakte Bauweise, den geringen Stromverbrauch und die einfache Montage ist das Messsystem speziell für die permanente Überwachung konzipiert. Konkret wird die Hotspot-Überwachung von Eisenbahnstahlbrücken mit RISE vorgestellt. Die Überfahrt von Zügen löst eine Materialantwort aus, die vom Messsystem aufgezeichnet werden kann. Dies wird genutzt, um ein Rissmonitoring an Brücken durchzuführen und damit der Brückeninspektion ein Werkzeug zur Beurteilung der Rissaktivität und des Schädigungsgrades an die Hand zu geben. Mit Hilfe von Trendanalysen kann auch die zukünftige Rissentwicklung abgeschätzt werden.

POSTER 14**Mikrowellen-Feuchtemessung in Schichtaufbauten**

A. Göller¹, B. Jungstand¹

¹ hf sensor GmbH, Leipzig

Im Zusammenhang mit der energetischen Ertüchtigung und Sanierung von Gebäudehüllen kommen seit Jahren mehrschichtige Außenwandkonstruktionen zum Einsatz. Häufig wurden solche Konstruktionen an Bestandsbauten mangelhaft dimensioniert, mit den falschen Materialkombinationen errichtet oder unsachgemäß ausgeführt, so dass oft Feuchteschäden im Inneren der Bauteile an den Grenzen der verschiedenen Baustoffe auftreten. Zur Erkennung und Beseitigung der Schäden besteht ein großer Markbedarf an zerstörungsfreier Materialfeuchtemessung in Mehrschichtaufbauten, der in den kommenden Jahren noch wachsen wird. Für solche Messaufgaben gab es jedoch lange Zeit im weltweiten Maßstab keine zerstörungsfrei arbeitende technische Lösung.

Einen für derartige Aufgabenstellungen sehr gut geeigneten Lösungsansatz bietet das Mikrowellen-Rasterfeuchtemessverfahren mit Sensoren verschiedener Eindringtiefen. Diese werden bei gleicher Messfrequenz möglich durch unterschiedliche elektromagnetische Wirkprinzipien der eingesetzten Mikrowellenapplikatoren. Dem liegt zugrunde, dass sich für jeden Mikrowellenapplikortyp gemäß seiner Feldgeometrie oder Abstrahlungscharakteristik die Abnahme des elektrischen Feldes in Abhängigkeit vom Abstand in Richtung der Flächennormalen zur Applikatorfläche, d.h. in der jeweiligen Tiefenstufe, unterschiedlich auswirkt.

Bisher stellte das oszillierende Verhalten des Reflexionsfaktors vorrangig von Antennen in Abhängigkeit von der Schichtdicke eine Einschränkung des reflektiven Mikrowellenverfahrens zur Feuchtemessung in Schichtaufbauten dar, da dieser Effekt zu Mehrdeutigkeiten bei der Auswertung der Messungen führen kann. Dies betrifft sowohl absolute als auch relative Feuchtemessungen in Schichtaufbauten.

Für die Lösung dieses Problems konnte nun ein neuer, sehr vielversprechender Ansatz gefunden werden, der auf der dielektrischen Modellierung verschiedener realer Schichtaufbauten und Bauteilkonstruktionen beruht. Dabei werden die in Frage kommenden Schichtaufbauten hinsichtlich der Abfolge der einzelnen Schichten, deren dielektrischen Eigenschaften und Dicken charakterisiert. Zur praktischen Umsetzung dieses Modells wurden Permittivitäten verschiedener Baustoffe messtechnisch ermittelt. Diese Daten fanden Eingang in Modelle realer Schichtaufbauten. Mit deren Hilfe konnte der Einfluss der Materialfeuchte in ausgewählten Schichten rechnerisch abgeschätzt und durch Messungen bestätigt werden.

Aussteller

Allied Associates Geophysical GmbH

Kontakt: Dr. Susanne Kathage
Telefon: +49 2861 8085648
E-Mail: susanne@allied-germany.de
Website: <https://www.allied-germany.de>

Die Allied Associates Geophysical Group mit Sitz in Großbritannien, Deutschland und Belgien bietet seit über 30 Jahren mit einem hoch motivierten Team den professionellen Service (Verkauf, Vermietung, Reparaturen, Training und Entwicklung) rund um geophysikalische und geotechnische Messgeräte sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren an.

Unser fachlich qualifiziertes Personal berät bei der fachbezogenen Geräte- und Softwareausstattung unter anderem Universitäten/Hochschulen, Forschungsanstalten ebenso wie Großkonzerne, KMU und Ingenieurbüros.

Butenwall 54 | 46325 Borken

Bilfinger Noell GmbH

Kontakt: Sebastian Schmidt, Leiter BSZ
Telefon: +49 931 9036409
E-Mail: sebastian.a.schmidt@bilfinger.com
Website: <https://www.noell.bilfinger.com>

Einsatz von Schallemissionsmonitoring an (Brücken-) Bauwerken

Alfred-Nobel-Straße 20 | 97080 Würzburg

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP) DGZfP Ausbildung und Training GmbH

Kontakt: Dr. Sascha Feistkorn
Telefon: +49 30 67807-130
E-Mail: ausbildung@dgzfp.de
Website: <https://www.dgzfp.de>

Ein Meilenstein für die ZfPBau: Im Fokus der normgerechten Schulungen nach DIN 4871 steht übergeordnet die Sicherheit aller relevanten Infrastrukturbauwerke, welcher u.a. aufgrund der Altersstruktur eine bedeutende Rolle zukommt. Das Alleinstellungsmerkmal unserer Schulungen in der ZfPBau liegt in der eigenständigen Bearbeitung realistischer Prüfaufgaben mithilfe von Prüfanweisungen. Ein unabhängiger Kompetenznachweis dient als ZfPBau-Qualitätssiegel für potenzielle Auftraggeber. Sprechen Sie uns gern an!

Vorhang auf: Am zweiten Veranstaltungstag laden wir Sie ein, die DGZfP als DAS Flywheel der Zerstörungsfreien Prüfung kennenzulernen. Seien Sie gespannt!

Max-Planck-Straße 6 | 12489 Berlin

FRIEDRICH DUSS Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

Kontakt: Carolin Schmid
Telefon: +49 7053 969262
E-Mail: c.schmid@duss.de
Website: <https://www.duss.de>

DUSS Bohrmehlentnahmegerät P26BE für eine schnelle und präzise Entnahme von Betonbohrmehl.

DUSS Abschaltautomatik ASA für Kombihämmer, welche bei Armierungstreffern sofort abschaltet.

Calwer Str. 17 | 75387 Neubulach

FOLAB GmbH

Kontakt: Dr.-Ing. Katarzyna Zdanowicz

Telefon: +49 3643 9087 101

E-Mail: k.zdanowicz@folab.de

Website: <https://www.folab.de>

Ausstellung der FOLAB GmbH:

- Präsentation von monolithischen faseroptischen Sensoren für das Bauwesen und einem DFOSInterrogator, der die Erfassung von Dehnungen über die gesamte Länge des Sensors ermöglicht
- Vorstellung von Praxisprojekten aus dem Bereich der Zustandsüberwachung von Brücken- und Massivbauwerken

Zum Hospitalgraben 2 | 99425 Weimar

FrimTec GmbH

Kontakt: Friedrich Frank

Telefon: +49 8243 960503

E-Mail: f.frank@frimtec.de

Website: <https://www.frimtec.de>

IntelligentMonitoringSystem

Digitale Rissüberwachung mit Temperatur und Feuchte

Das Messsystem eCrack – Profi 210 der Firma FrimTec dient der Überwachung und Analyse von Bauwerken und Infrastruktursystemen. Das System zeichnet Änderungen der Rissbreiten mit gleichzeitiger Erfassung und Dokumentation von Klimadaten (Temperatur, Feuchte) auf.

Das IntelligentMonitoringSystem eine sichere Funkübertragung der Sensordaten und eine unbegrenzte Speicherung der Messdaten in der Cloud. Diese Daten stehen dem Endkunden weltweit rund um die Uhr zur Verfügung.

Weidenweg 5 | 86869 Oberostendorf

KIWA GmbH

Kontakt: Inna Machleit
Telefon: +49 30 46776154
E-Mail: de.marketing@kiwa.com
Website: <https://www.kiwa.com/de>

Kiwa ist ein führender globaler Anbieter für Testen, Inspektion und Zertifizierung, der Vertrauen in Produkte, Dienstleistungen und Systeme seiner Kunden schafft. Unser Team Kiwa Engineering bietet umfassende Expertise in der Bauwerksdiagnostik, um die Gebäudesubstanz und Nutzungssicherheit nachhaltig zu sichern. Der Chloridexpress von Kiwa dient der Untersuchung von Chloridbelastungen in Beton, um chloridinduzierte Korrosion der Bewehrung zu identifizieren und geeignete Instandsetzungsmaßnahmen zu planen.

Voltastr. 2 | 13355 Berlin

MR Chemie GmbH

Kontakt: Roman Dörn
Telefon: +49 151 42525585
E-Mail: doern@mr-chemie.de
Website: <https://www.mr-chemie.de>

RILUMINATI ist ein innovatives Prüfmittelsystem zur Anwendung des patentierten Risslumineszenz-Verfahrens, mit dem Ermüdungsrisse an Bauteilen im laufenden Betrieb ohne weiteren Aufwand leicht auffindig gemacht werden können. Diese Risse werden bei der Betrachtung unter UV-Licht direkt und unmissverständlich sichtbar. Die Bedeutung liegt in der allgemeinen Problematik ermüdungsbeanspruchter Konstruktionen, denn Risse begrenzen massiv ihre Lebensdauer.
www.mr-chemie.de/produkte/riluminati-indikatorschicht-deckschicht

Nordstraße 61-63 | 59427 Unna

Polytec GmbH

Kontakt: Samy Monsched (VIB), s.monsched@polytec.de

Jörg Schwarz (PH), j.schwarz@polytec.de

Telefon: +49 7243 604-0

Website: <https://www.polytec.com>

Vibrometrie:

Polytec entwickelt und produziert seit mehr als 50 Jahren optische Messtechnik-Lösungen für Forschung und Industrie. Dies umfasst Systeme für die berührungslose Schwingungsmessung, Oberflächencharakterisierung, Längen- und Geschwindigkeitsmessung, Prozessanalytik sowie optische Systeme. Von Polytec gefertigte Laservibrometer definieren den weltweit anerkannten Standard für die optische Schwingungsmessung und prüfen Objekte unterschiedlicher Größe – von ganzen Brücken und Windkraftanlagen bis hin zu Ultraschallanwendungen und Kalibrierung von Sensoren.

Photonik:

Polytec entwickelt optische Messsysteme und ist Weltmarktführer im Bereich der berührungslosen optischen Schwingungsmesstechnik. Darüber hinaus bietet Polytec ein breites Spektrum an Messtechnik, z.B. für die Bauwerksüberwachung. Systeme zur lückenlosen faseroptischen Dehnungsmessung und Risserkennung sowie zur berührungslosen 3D-Deformationsmessung auf Basis digitaler Bildkorrelation (DIC).

Polytec-Platz 1-7 | 76337 Waldbronn

Proceq SA

Kontakt: Marcus Drews

Telefon: +49 160 99757048

E-Mail: marcus.drews@screeningeagle.com

Website: <https://www.screeningeagle.com>

Aus- und Vorstellung mobiler zerstörungsfreier Prüfgeräte für alle anerkannten Methoden im Bereich ZfP Bauwesen (CE)

Unter Verwendung von Software, Sensoren und Daten.

Visuelle Datenerfassung mit Software

Ringstraße 2 | 8603 Schwerzenbach, Schweiz

SVTI Schweizerischer Verein für technische Inspektionen

Kontakt: Dr.-Ing. Daniel Algernon

Telefon: +41 44 877 62 59

E-Mail: daniel.algernon@svti.ch

Website: <https://www.svti.ch>

echolyst – Structural Concrete Inspection Software.

UACIS – Uncrewed Aerial Concrete Inspection System

Richtistrasse 15 | 8304 Wallisellen, Schweiz

Vallen Systeme GmbH

Kontakt: Veronika Hielscher

Telefon: +49 8171 383910

E-Mail: office@vallen.de

Website: <https://www.vallen.de>

Structural Health Monitoring

Bgm.-Seidl-Str. 8 | 82515 Wolfratshausen

Autor*in Programm-Nr.

Algernon, D.	3, 17
Arndt, R.	3, 19
Becker, N.	2
Braml, T.	1, 18
Brauer, T.	P4
Czeschka, D.	P6
Diers, J.	P6
Dittié, G.	P1
Dudonu, A.	P7
Ebell, G.	3
Euler, M.	13
Färber, J.	P5
Feistkorn, S.	3
Friese, M.	3
Fritsch, C.	19
Göller, A.	P14
Groschup, R.	5
Große, C.	3
Gutermann, M.	P2
Hackel, T.	19
Harger Sakiyama, F.I.	9
Harke, T.	14
Hartmann, T.	P9
Hasenstab, A.	11, 15, P10, P11
Herbers, M.	8
Hindersmann, I.	7
Holstein, R.	3
Jungstand, B.	P14
Kahl, D.	P2
Kaiser, R.	21
Kaplan, F.	6
Königsbauer, K.	P5
Koster, D.	P3
Kraus, S.	P8
Krebber, K.	P5
Kruschwitz, S.	P9
Küttenbaum, S.	1
Lehmann, F.	9
Maack, S.	1, 18
Marbacher, B.	10
Marx, S.	8
Mayer, T.F.	4

Autor*in Programm-Nr.

Mendler, A.	16
Moreno Torres, B.	P9
Moryson, R.	P3
Muller, A.	17
Niederleithinger, E.	3, 21
Nöther, N.	P5
Novák, B.	P7
Nowak, S.	P4
Oswald, J.	P3
Prokofyev, M.	P13
Rabe, U.	P3
Reinhard, J.	P7
Richter, B.	8
Rossik, P.	P13
Schacht, G.	P6
Schaller, M.-B.	P5
Schickert, M.	3, 20
Schreiner, M.	9
Schulze, S.	3, 12, P12
Sodeikat, C.	5
Stein, F.	P7
Steinbock, O.	6
Taffe, A.	1, 3
Theado, H.	P3
Thurnherr, C.	17
Trzybinski, M.	P10
Ullerich, C.	20
Urban, H.	11
Voigt, C.	14, 19
Völker, C.	P9
Walther, A.	2, 3, 15, P10, P11
Wolf, J.	3
Wosniok, A.	P5
Zia, G.A.	P9
Zoëga, A.	3
Zorzi, K.	P11

Datum/Ort	Veranstaltung
7. März Leipzig	20. Seminar Strahlenschutz und Durchstrahlungsprüfung ds2024.dgzfp.de
12. – 14. März Erfurt	13. Fachtagung ZfP im Eisenbahnwesen <i>mit Geräteausstellung</i> eisenbahn2024.dgzfp.de
6. – 8. Mai Osnabrück	DGZfP-Jahrestagung 2024 <i>mit Ausstellung</i> jahrestagung2024.dgzfp.de
10. – 13. Juni Potsdam	11th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2024)* <i>mit Geräteausstellung</i> ewshm2024.com
9./10. September Schweinfurt	3. Anwenderseminar Wirbelstromprüfung <i>mit Geräteausstellung</i> et2024.dgzfp.de
18. – 20. September Potsdam	36th Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE 2024)* <i>mit Geräteausstellung</i> ewgae2024.com

* (Conference language is English)

www.fachtagung-bauwerksdiagnose.de