



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.



ÖSTERREICHISCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG



SCHWEIZERISCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG

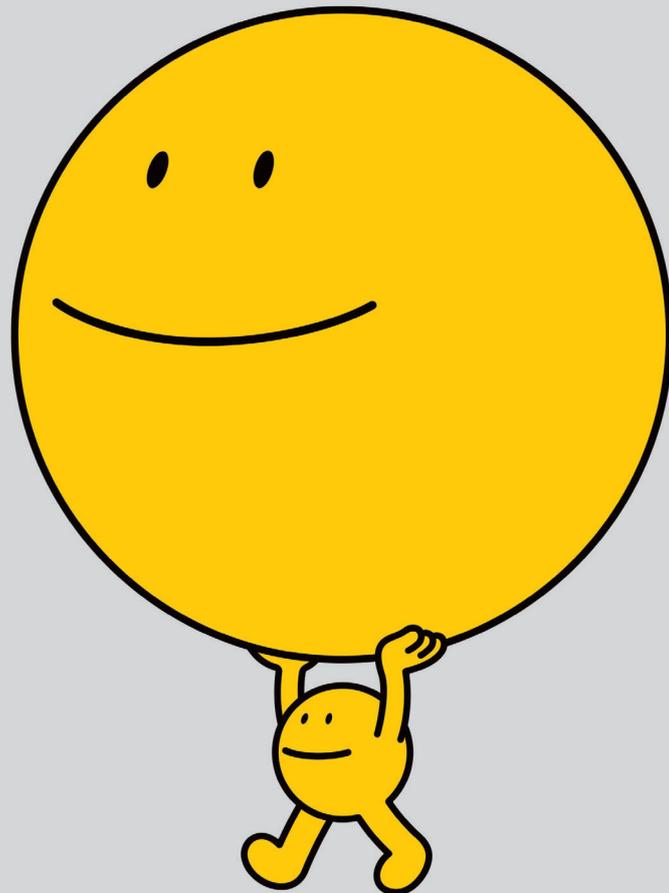
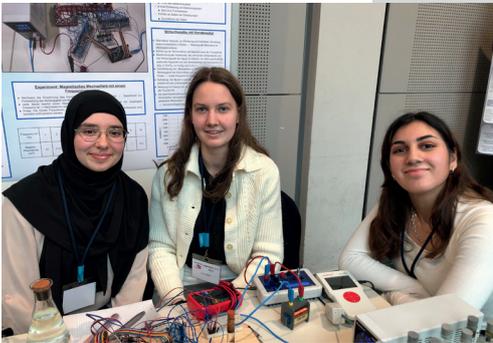
Zeitschrift der DACH-Gesellschaften DGZfP, ÖGfZP und SGZP

# ZfP-ZEITUNG

Oktober 2023

AUSGABE 186

jugend  forscht 2023  
schüler experimentieren



**Mach Ideen groß!**

Sonderpreis  
"Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung"  
bei Jugend forscht 2023

ÖGfZP

## Qualifizieren

### Zertifizieren

Prüfungsbeauftragte

EN 4179

Luft- und Raumfahrt

### Unterausschüsse

ZfP Personal

Mitglied EFNDT

## Zerstörungsfreie Prüfung

Netzwerk

Mitglied ICNDT

### Unparteilichkeit

Internationale Anerkennung

Ausbildungsstellen

EN ISO 9712

### Unabhängigkeit

ZfP Themen fördern

Eisenbahn-Instandhaltung

### Mitglieder

Zulassung

### Prüfungszentren



Österreichische Gesellschaft für  
Zerstörungsfreie Prüfung

1230 Wien | Jochen-Rindt-Straße 33  
T: +43 1 890 99 08 | E: office@oegfzp.at  
oegfzp.at

In der Schweizerischen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung  
sind über 140 Firmen und 75 Einzelmitglieder vertreten.



### Leistungsangebot

- Ausbildung:** Ausbildung und Qualifizierungsprüfungen in den Stufen 1 und 2 der gängigen Zerstörungsfreien Prüfverfahren (ET, MT, PT, RT, UT, VT) Grundlagenprüfung Stufe 3 und Qualifizierungsprüfungen Stufe 3 in den Prüfverfahren MT, PT und VT
- Zertifizierung:** Erteilung von europaweit anerkannten Zertifikaten für ZfP-Personal nach SN EN ISO 9712 auf Grund der Akkreditierung nach SN EN ISO/IEC 17024 (Akkreditierungsnummer SCESe 0018)
- Information:** Informationsorgan (ZfP-Zeitung) gemeinsam mit der DGZfP und der ÖGfZP Vortragsabende im Winterhalbjahr
- Internationale Zusammenarbeit:** Mitglied in der EFNDT und im ICNDT
- Normung:** Intensiver Kontakt zur Schweizerischen Normenvereinigung
- Kontaktadresse:** SGZP  
Schweizerische Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung  
CH-8600 Dübendorf  
E-Mail: office@sgzp.ch

AKTUELLES	
3	Neuerscheinungen
3	Grüne Energie für das DGZfP-AZB
4	70 Jahre JSNDI <a href="#">Ralf Holstein</a>
4	Neue Verantwortlichkeiten in der DPZ
ARBEITSKREISE UND FACHAUSSCHÜSSE	
5	Jungforscher präsentieren ihre Arbeiten beim Arbeitskreis Saarbrücken <a href="#">Andreas Keller</a>
5	Summer Special im Arbeitskreis Düsseldorf <a href="#">Chantal Hildebrandt</a>
VERANSTALTUNGEN   ANKÜNDIGUNGEN	
6	Tagungen und Seminare der DGZfP
9	DGZfP-Jahrestagung 2024 in Osnabrück
11	Technologie-Demonstration im Fokus des 11. European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM) <a href="#">Christian Boller</a> , <a href="#">Matthias Buderath</a> , <a href="#">Ernst Niederleithinger</a>
VERANSTALTUNGEN   BERICHTE	
13	13. ECNDT 2023 in Lissabon <a href="#">Jutta Koehn</a>
STELLENMARKT	
15	Stellenmarkt
NACHWUCHSAKTIVITÄTEN	
17	Glückwunsch zur abgeschlossenen Metallographie-Ausbildung <a href="#">Julia Willich</a>
17	DGZfP-Studierendenpreis 2023
19	DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“
STRATEGIE & PROJEKTE	
26	AGIDA – Die DGZfP als attraktiver Arbeitgeber <a href="#">Marcel Hölterhoff</a>
HINTER DEN KULISSEN	
28	Ihr persönlicher Ansprechpartner im Südwesten Deutschlands – im DGZfP-Ausbildungszentrum Reutlingen <a href="#">Anja Schmidt</a>



Titel: Ausgezeichnete Arbeiten bei Jugend forscht 2023

[Bericht auf Seite](#) 19



Beitragsaufruf zur DGZfP-Jahrestagung 2024

[Bericht auf Seite](#) 9



Rückblick auf die ECNDT in Lissabon

[Bericht auf Seite](#) 13

GESCHÄFTSSTELLE ÖGfZP	
30	ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufen 1 und 2
31	ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufe 3
GESCHÄFTSSTELLE SGZP	
32	Kurs- und Prüfungsprogramm der SGZP 2023
DGZfP AUSBILDUNG UND TRAINING	
34	Ein Meilenstein für die ZfPBau – Normgerechte Schulungen nach DIN 4871 <a href="#">Sascha Feistkorn</a>
35	Neues Schulungsprogramm erschienen
35	Inhouse-Schulungen
36	Ultraschallprüfung an faserverstärkten Konstruktionswerkstoffen (CFK – GFK)
FACHBEITRÄGE	
37	Discovery of the North Face Corridor in Khufu Pyramid – last seen 4500 years ago using non-destructive techniques <a href="#">Mohamed Elkarmoty, et al.</a>
43	Nachwuchspreis der DGZfP 2023 – Detektion von Spannstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmessung unter Variation physikalischer und geometrischer Parameter <a href="#">Jonathan Villing</a>
MITGLIEDSFIRMEN	
54	Applus+ und DÜRR NDT
54	HELLING
55	PFINDER
55	Baker Hughes Waygate Technologies
56	Fraunhofer IZFP
56	SHS – Stahl-Holding-Saar und VECTOR
57	BAM
57	Sonotec
NEUE DGZfP-MITGLIEDER	
59	Neue korporative und persönliche Mitglieder
KALENDER	
60	Geburtstagskalender
61	Traueranzeigen
61	Arbeitskreiskalender
62	Internationaler Veranstaltungskalender
IMPRESSUM	
64	Impressum



Erste ZfPBau-Schulung nach DIN 4871

[Bericht auf Seite](#)

34



Fachbeitrag zum Projekt „ScanPyramids“ – Kammerentdeckung in der Cheops-Pyramide

[Bericht auf Seite](#)

37



Fachbeitrag zur Detektion von Spannstahlbrüchen – ausgezeichnet mit dem Nachwuchspreis der DGZfP 2023

[Bericht auf Seite](#)

43

## Neuerscheinungen

Die DGZfP verkauft neue Richtlinien und Merkblätter **nur noch als elektronische Version**. Wir möchten unseren ökologischen Fußabdruck Schritt für Schritt reduzieren und die Umwelt und das Klima schonen. Deshalb haben wir uns dazu entschieden, auf den Versand gedruckter Exemplare zu verzichten.



### Merkblatt B14

#### Quantifizierung von Chlorid in Beton mit der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (LIBS)

Ausgabe Juli 2023, 33 Seiten – 70,00 € zzgl. MwSt.

- Dieses Merkblatt beschreibt die Anwendung der laserinduzierten Plasmaspektroskopie (engl. Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, kurz: LIBS) für die Quantifizierung von Chlorid in Beton und Mörtel.
- Der Inhalt dieses Merkblatts bezieht sich ausschließlich auf die Beschreibung der Verfahrensweise für die orts aufgelöste Quantifizierung von Chlorid auf Beton- und Mörteloberflächen.
- LIBS gehört zu den Verfahren der optischen Emissionsspektroskopie (OES) und findet in der Praxis u. a. Anwendung beim Recycling von Metallen, Kunststoffen oder feuerfesten Materialien, bei der Qualitätskontrolle in der Metallurgie sowie der Analytik von Gesteinen und Mineralien.



### Merkblatt ZfP 4.0 – 01

#### DICONDE in der ZfP

Ausgabe Juni 2023 (englisch: August 2023), 13 Seiten – kostenfrei

- DICONDE (Digital Imaging and Communication in Non-Destructive Evaluation) ist ein offener internationaler Standard zur Speicherung und zum Austausch industrieller Prüfdaten und prozessbezogener Informationen und stellt neben OPC UA eine wichtige Schlüsseltechnologie für die Umsetzung digitaler Prozesse der ZfP in der Industrie 4.0 dar.
- Dieses Merkblatt soll einen Überblick u. a. über den Aufbau, die Struktur, die Implementierung und die Dokumentation über DICONDE schaffen.
- Die ASTM-Standards zu DICONDE sind derzeit für die Prüfverfahren ET, RT-D, RT-CT, UT und ET definiert.
- Neben den eigentlichen Prüfdaten werden alle erforderlichen Metadaten zum Prüfverfahren und den Prüfbedingungen gespeichert, die für eine Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse notwendig sind.

## Grüne Energie für das DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin

Schon seit längerer Zeit beschäftigt sich die DGZfP damit, wie sie Kosten und Energie sparen kann. Während einer Mitarbeiterveranstaltung im Herbst letzten Jahres wurden Lösungsvorschläge gesammelt und diskutiert.

Nach längerer Planungs- und Lieferzeit wurde eine weitere Anregung aus eben dieser Diskussion umgesetzt. Auf dem Dach unseres Gebäudes am Standort Berlin entstand in diesem Sommer eine Solaranlage.

Die entstehende Solarenergie wird zu 85 % selbst verbraucht werden, womit ca. 20 % des Strombedarfs gedeckt werden. Ganz nebenbei werden somit ca. sieben Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen/Jahr vermieden.

Auf einen Batteriespeicher wurde verzichtet, da die Zeiten des Sonnenscheins und somit der Stromerzeugung größtenteils mit den Arbeits- und damit Verbrauchszeiten übereinstimmen.

### Die technischen Details:

Die zur Verfügung stehende Dachfläche wurde voll ausgenutzt. Es wurden 47 monokristalline Solarmodule mit je 108 Zellen und einer Gesamtfläche von 92 m<sup>2</sup> montiert.

Die projektierte Leistung beträgt 19,97 kWp. Die Module kommen von der IBC Solar AG aus deutscher Produktion. (IBC MonoSol 425 MS10-HC-N)

### Weitere Maßnahmen in Planung

Eine weitere Solaranlage – dieses Mal für das Ausbildungszentrum Dortmund – ist in Planung.



## 70 Jahre Japanische Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (JSNDI)

Die JSNDI beging am 6. Juni 2023 ihr 70-jähriges Jubiläum mit einem Festakt in Tokio. Neben hochrangigen Vertreter\*innen aus Japans Politik und Wirtschaft war auch die internationale ZfP-Gemeinschaft angereist, so die Präsidenten von ICNDT und EFNDT sowie der Asia-Pacific Federation for Non-Destructive Testing. Von deutscher Seite waren der Vorsitzende der DGZfP, Dr. Jochen Kurz, und der Vorsitzende des DIN NMP 08-21, Dr. Ralf Holstein, eingeladen.

Die Feierlichkeiten begannen am Vormittag mit einer Session eingeladenen Vorträge internationaler Gäste. Ralf Holstein referierte zum Thema „ZfP 4.0 und die Auswirkungen auf die Personalqualifikation“. Einen spannenden Einblick in die japanische Politik vermittelte der Vortrag eines Beraters des japanischen Wirtschaftsministers zum Thema „Forschungsdiplomatie“. Da Japan in den letzten Jahren einige Plätze im internationalen Ranking der Forschung verloren hat, wurden die Ursachen akribisch analysiert und in der Folge spezielle „Kümmerer“ installiert, die u. a. über die internationale Zusammenarbeit neue Impulse und Best Practices aufzeigen sollen.

Der Nachmittag war geprägt von Preisvergaben, Grußworten der einzelnen Vertreter\*innen und der Übergabe eines Gastgeschenks durch die JSNDI an die teilnehmenden Gesellschaften.



Die DGZfP-Vertreter Ralf Holstein und Jochen Kurz (Mitte) überreichen einen Buddy-Bären als Präsent.



„Fassanstich“ auf Japanisch – Ehrengäste vollziehen den symbolischen Hammerschlag

Der Festabend begann mit einer kurzen Ansprache des Präsidenten der JSNDI, dem ein eindrucksvoller musikalischer Beitrag eines bekannten japanischen Chors folgte. Traditionsgemäß fanden sich die wichtigsten Ehrengäste anschließend auf der Bühne ein, um mit einem symbolischen Hammerschlag das hölzerne Sake-Fass zu öffnen. Damit war auch das Buffet eröffnet. Begleitend erhielten die teilnehmenden Gesellschaften die Gelegenheit, ihrerseits Gastgeschenke zu übergeben.

Wie endet so eine japanische Feier? Mit einer Lotterie! Unter den Teilnehmenden wurde eine Vielzahl kleiner Präsente verlost. Nach drei Stunden war die Zeremonie vorüber, die übrigens die gesamte Zeit im Stehen abgehalten wurde.

Im Rahmen des Begleitprogramms der Feierlichkeiten hatten die ausländischen Gäste die Gelegenheit, den Bereich Kraftwerksforschung der Fa. Toshiba sowie zwei Ausbildungszentren der JSNDI zu besichtigen. Weiterhin boten sich viele Gelegenheiten, sich über Themen der internationalen Kooperationen auszutauschen.

Ralf Holstein

## Neue Verantwortlichkeiten in der DPZ

Seit 24 Jahren ist Michael Zwanzig in der DGZfP-Personalzertifizierungsstelle – DPZ. Davon war er 14 Jahre technischer Leiter. In dieser Zeit hat er die DPZ durch viele Untiefen und Herausforderungen geführt. Insbesondere die Umsetzung der neuen Revision der ISO 9712 bei gleichzeitiger Einführung des ERP-Systems Business Central in der DPZ war eine große Aufgabe. Nun war es an der Zeit, den nächsten Schritt zu gehen und neue Aufgaben ins Auge zu fassen. Er

entschied sich, die Leitung der DPZ abzugeben, um seine Aufmerksamkeit anderen Aufgaben widmen zu können. Neben der Vorbereitung von Qualifizierungsprüfungen wird er sich intensiv in verschiedenen Projekten einbringen – ganz vorne mit dabei das Projekt „DigiZert“, das sich mit der Digitalisierung aller Dienstleistungen rund um die Zertifizierung befasst.



Mit dieser Entscheidung Michael Zwanzigs wurde es notwendig, eine Nachfolge zu finden. Ein längerer Auswahlprozess, der durch ein, speziell für die Kandidat\*innen, intensives Assessment Center geprägt war, half dabei, die richtige Entscheidung zu treffen.

Der interne Bewerber Alexander Bachmann konnte sich letztendlich durchsetzen und übernahm zum 01.08.2023 die Leitung der DPZ.

Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft (FHTW) in Berlin. Seit 2009 ist er ein fester Bestandteil der DPZ und hat langjährige Erfahrung mit den internen und externen Abläufen.

Vorstand und Geschäftsführung wünschen Alexander Bachmann alles Gute für die neue Aufgabe, die er nahtlos übernehmen kann.



## Jungforscher präsentieren ihre Arbeiten beim Arbeitskreis Saarbrücken

Im Januar dieses Jahres vollzog der Arbeitskreis Saarbrücken einen kleinen Wandel, da Dr. Michael Maisl sich nach sechs Jahren als Arbeitskreisleiter und 36 Jahren am Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in den wohlverdienten Ruhestand verabschiedete. Auch sein Stellvertreter Christian Conrad entschied sich dafür, die Leitung des Arbeitskreises an die beiden Nachfolger Andreas Keller und David Böttger abzugeben. Die Übergabe erfolgte am 13. Februar 2023 durch das geschäftsführende Vorstandsmitglied der DGZfP, Dr. Thomas Wenzel, und wurde begleitet von einem Vortrag des Institutsleiters des Fraunhofer IZFP, Prof. Dr. Bernd Valeske zum Thema „Das Fraunhofer IZFP: Sensor- und Datensysteme für Sicherheit, Nachhaltigkeit und Effizienz. Impulse und Forschungsperspektiven zur Gestaltung der ZfP-Zukunft“.

Seit Februar fanden einige weitere Sitzungen mit interessanten Vorträgen statt, im Juni ergab sich die Gelegenheit, den Vorträgen zweier talentierter Jungforscher zu lauschen. Johann Haslinger, DGZfP-Sonderpreisträger des saarländischen Landeswettbewerbs „Schüler experimentieren“, sowie Bennet Meyer, der sowohl den saarländischen Landes- als auch den Bundeswettbewerb „Jugend Forscht“ für sich entscheiden konnte, präsentierten ihre jeweiligen Projekte.

Der erst 15 Jahre alte Johann Haslinger, Schüler am Saarbrücker Willi-Graf-Gymnasium, stellte eine eigens entwickelte Lernapp namens „SPINA“ vor. Die innovative App zielt darauf ab, interaktives Lernen an Schulen zu ermöglichen. Die App besitzt unter anderem eine ChatGPT-Schnittstelle, mit deren Hilfe auf die Schüler zugeschnittene Lehrpläne erstellt werden sollen.

Der Vortrag von Bennet Meyer beschäftigte sich hingegen mit der Frage, was denn ein neuronales Netz „sieht“. Konkret geht es um die Fragestellung der „Explainable AI“. So werden derzeit in allen Bereichen der Datenverarbeitung Methoden der künstlichen Intelligenz, insbesondere maschinelles Lernen und neuronale Netze, angewandt. Auch in der ZfP halten diese Methoden Einzug, da sie es ermöglichen, aus großen Datenmengen mit vergleichsweise geringem Arbeitsaufwand gut verwertbare Daten herauszuziehen, sowie neue Auswertemethoden zu entwickeln. Ein Problem, das sich dabei ergeben kann, ist die Erschaffung einer sogenannten „Black Box“, in der die KI arbeitet und Ergebnisse liefert, ohne dass die Arbeitsschritte nachvollziehbar sind. Meyer illustrierte diese Pro-



Arbeitskreisleiter Andreas Keller überreicht den beiden Jugendforscher- und Schüler-experimentieren-Preisträgern, Bennet Meyer und Johann Haslinger, (v. li.) die Sonderpreis-Urkunden.

blemstellung anhand eines Beispiels: Ein neuronales Netz wurde mithilfe eines Datensatzes eines großen Kleidungsversandhändlers trainiert, der Bilder von Hosen verschiedenster Art und Farbe beinhaltet. Anhand des Trainings sollte das Netz dann in ihm unbekannt Bildern Hosen detektieren können. Dies war in vielen Fällen möglich, jedoch ergab sich ein Fehler, wenn ein Bild einer Hose mit gekreuzten Beinen klassifiziert werden sollte. Durch cleveres Rückrechnen der Ausgabedaten gelang es Meyer, Rückschlüsse zu ziehen über das, was sich das neuronale Netz unter einer Hose vorstellt: ein umgedrehtes U mit einem schwarzen Bereich dazwischen. Auch in der Texterkennung mittels KI sind ähnliche Problematiken bekannt, so kann z. B. die Ziffer 7 sowohl mit als auch ohne Querstrich in der Mitte geschrieben werden, was bei Training eines Modells mit nur einer Schreibweisenvariation durchaus zu Problemen führen kann – und das ist erst der Anfang, wenn man bedenkt, wie sehr das Schriftbild von Mensch zu Mensch variiert.

Dies sind nur zwei Beispiele, warum das Thema „Explainable AI“ eine so große Rolle spielt. Trotz des weitverbreiteten Einsatzes von KI, neuronalen Netzen oder maschinellem Lernen ist es unerlässlich, sich bewusst zu machen, dass solche Modelle durchaus fehleranfällig sind. Die Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit dieser Modelle sollte daher höchste Priorität haben, um unerwünschte Fehler zu minimieren und das Vertrauen in ihre Ergebnisse zu stärken.

Andreas Keller

## Summer Special im Arbeitskreis Düsseldorf

Am 7. August 2023 traf sich der Arbeitskreis Düsseldorf zur 363. Sitzung zu einem „Summer Special“ in Moers bei der PELZ GmbH Co. KG.

Rund 50 Teilnehmende konnten durch die Vorträge der Firma KARL DEUTSCH die neuen Features der mehrkanaligen Ultraschall-Prüfelektronik und der Auswertesoftware Echoview sowie die

KI-basierte Rissbewertung bei der automatisierten Magnetpulver-Rissprüfung kennenlernen.

Im Anschluss lud die Dachterrasse zu einem gemeinsamen Ausklang und Fachaustausch mit Getränken, Speisen und Live-Musik ein.

Chantal Hildebrandt



## Tagungen und Seminare der DGZfP



© H. Rieder

14. – 15. November 2023, Kassel

### **Seminar des FA Ultraschallprüfung Konventionelle und innovative Anwendungen der Ultraschallprüfverfahren**

*mit Geräteausstellung*

Es verspricht ein interessantes und aufschlussreiches Seminar des Fachausschusses Ultraschallprüfung unter dem Titel „Zuverlässigkeit und Grenzen der Prüfaussage“ zu werden. Die Teilnehmenden erwarten 19 spannende Vorträge zu innovativen Verfahrensansätzen, kontaktloser Ultraschallprüfung, künstlicher Intelligenz und NDE 4.0 sowie Zuverlässigkeit und Grenzen der Prüfaussage. Eine Geräteausstellung lädt zum fachlichen Austausch mit Herstellern über aktuelle Entwicklungen und Trends im Bereich der Ultraschallprüfung. Nutzen Sie die Gelegenheit, Trends und Entwicklungen im Bereich der Ultraschallprüfung aus erster Hand zu erfahren und in Fachkreisen mitzudiskutieren!

<https://ultraschall2023.dgzfp.de>



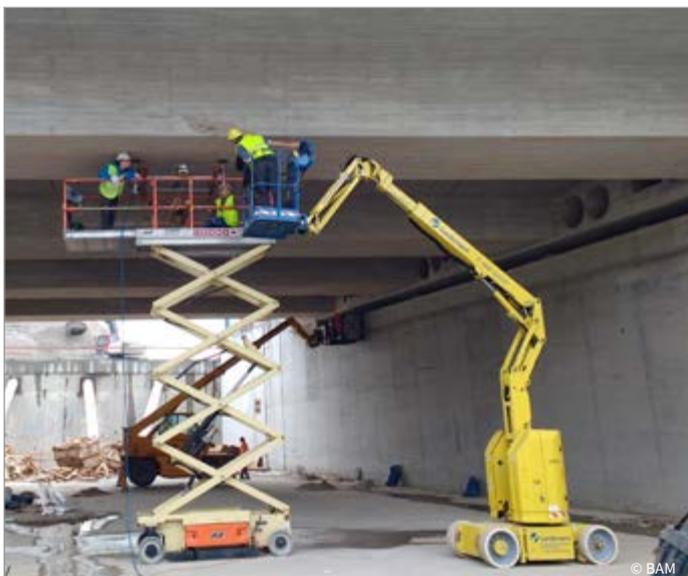
© LDA Sachsen-Anhalt | Foto: Juraj Lipták

20. – 21. Februar 2024, Harzgerode

### **1. Fachseminar „Historisches trifft Materialkunde“ Kulturgut untersuchen, verstehen und bewahren mithilfe materialkundlichen Expertenwissens**

Anfang des kommenden Jahres wird sich die DGZfP eingehend mit der Vergangenheit beschäftigen und damit aufzeigen, wie bedeutend die Zerstörungsfreie Prüfung für den Erhalt von Kulturgut ist. Zu diesem ersten Seminar treffen sich Fachleute aus Materialwissenschaft, Archäologie und Restauration sowie Expert\*innen für Zerstörungsfreie Materialprüfung zum fachlichen Austausch. Denn wo glaubhafte schriftliche Zeugnisse fehlen, liefern Analysen von Werkzeugen und Gebrauchsgütern wertvolle Informationen über die Lebensweise, das Wissen und die Gesellschaftsstruktur. „Die hohe Kunst des feinen Betrugs“, „Gruson'scher Hartguss – Wunderwerkstoff des 19. Jh.“ und ein Plenarvortrag zur Himmelscheibe stimmen auf die jeweiligen Sessions ein, bei denen erstklassige Fachvorträge auf der Agenda stehen. Sie sind dazu eingeladen, den Blick der Zerstörungsfreien Prüfung in die Vergangenheit zu richten, um einen Nutzen für das Hier und Jetzt zu erhalten. Für Hersteller und Anbieter im Bereich der ZfP ist dies eine gute Gelegenheit, neue Zielgruppen kennenzulernen.

<https://historie2024.dgzfp.de>



© BAM

29. Februar – 1. März 2024, Berlin

### **Fachtagung Bauwerksdiagnose**

*mit Geräteausstellung*

Nachdem die Fachtagung Bauwerksdiagnose in den zurückliegenden beiden Jahren leider nicht stattfinden konnte, laden nun der Fachausschuss ZfP im Bauwesen der DGZfP und die BAM nach Berlin ein. Traditionell liegt der Fokus auf der praxisnahen Vermittlung neuester Forschungsergebnisse und auf der Anwendung von Regelwerken ergänzt durch baupraktische Beispiele. Verschiedene Formate, wie Workshop und Vorträge bieten Ihnen die Möglichkeit zum fachlichen Austausch zu Methoden und Regelwerken, Bauwerksüberwachung, Praxisanwendungen sowie Digitalisierung. Sie sind eingeladen, Teil der Fachtagung zu werden. Noch bis 30. November können Sie Ihren Posterbeitrag anmelden oder Sie nutzen diese Plattform, um Ihre Expertise bei der Geräteausstellung zu präsentieren und Ihre Zielgruppe mit technischem Sachverstand direkt anzusprechen.

<https://fachtagung-bauwerksdiagnose.de>



7. März 2024, Leipzig

### 20. Seminar: Aktuelle Fragen der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes

Das Gebiet der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes sowie deren Umsetzung in die Praxis entwickeln sich weiterhin sehr dynamisch, weshalb auch im kommenden Jahr aktuelle Entwicklungen im Fokus des Seminars stehen werden.

Die industrielle Radiographie ist weiterhin durch eine starke Zunahme von Anwendungen der Computertomographie gekennzeichnet. Daneben gibt es immer noch die klassischen Durchstrahlungsver-

fahren, bei denen allerdings der Film mehr und mehr durch digitale Detektoren ersetzt wird. Hier haben aktuelle Entwicklungen von Industrie 4.0 und ZfP 4.0 neuen Schwung für neue industrielle Anwendungen gebracht. Das spiegelt sich auch in neuen Normen und Standards wider. In aller Munde sind die neuen automatischen Auswerteverfahren, die künstliche Intelligenz (KI) nutzen. Das Potential der KI für die Durchstrahlungsprüfung wird diskutiert.

Langsam werden auch die untergeordneten Regelwerke im Bereich des Strahlenschutzes an die aktuellen Rechtsvorschriften angepasst. Wir können zuversichtlich sein, dass bis Anfang des kommenden Jahres weitere Richtlinien angepasst wurden. Gleiches ist für die Normenreihen im Strahlenschutz in der technischen Radiographie (DIN 54113 und DIN 54115) und die DIN 25422 zu erwarten. Die Umsetzung dieser Regelwerke in die Praxis wird das Schwerpunktthema für den Seminarteil Strahlenschutz sein.

Das Seminar wird wie gewohnt qualifiziert über Änderungen informieren und Einblick in Bereiche gewährleisten, die für die Radiographen und Strahlenschutzbeauftragten nicht alltäglich sind. Es wird ausreichend Gelegenheit zur Diskussion sowohl mit ZfP-Fachleuten als auch mit den Aufsichts- und Genehmigungsbehörden im Strahlenschutz geben.

<https://ds2024.dgzfp.de>



12. – 14. März 2024, Erfurt

### 13. Fachtagung ZfP im Eisenbahnwesen

mit Geräteausstellung

Gemeinsam mit Mitgliedern des DGZfP-Fachausschusses ZfP im Eisenbahnwesen haben Sie im Rahmen dieser Fachtagung die Möglichkeit, sich über aktuelle Entwicklungen in den Bereichen der

Werden Sie  
Aussteller!

Instandhaltung von Fahrzeug- und Fahrwegkomponenten; bei Neufertigungen; von Faserverbunden und Klebeverbindungen; bei der Unfallinstandsetzung oder dem Redesign von Fahrzeugen sowie über Erfahrungsberichte aus der Prüfpraxis auszutauschen. Weiterhin stehen wichtige Themen, wie die Digitalisierung | Schadensfälle und Schadensanalyse | Objektkunde Fahrzeug und Fahrweg | Vergleichskörper und Referenzkörper für die ZfP | Entwicklung und Einsatz neuer und alternativer Verfahren und Prüftechniken | Standardisierung der Zerstörungsfreien Prüfung | Aus- und Weiterbildung | Konformitäten und Kompetenzen | Zuverlässigkeit und Messunsicherheit Zerstörungsfreier Prüfungen auf der Agenda. Herstellern und Lieferanten von Prüfgeräten und Zubehör bietet die DGZfP mit einer Ausstellung inkl. Fachvortrag im Rahmen dieser Fachtagung die optimale Plattform, Innovationen und neue Produkte einer Zielgruppe mit Budgetverantwortung und technischem Sachverstand zu präsentieren.

<https://eisenbahn2024.dgzfp.de>



10. – 13. Juni 2024, Potsdam

### EWSHM 2024 – 11<sup>th</sup> European Workshop on Structural Health Monitoring

mit Geräteausstellung

SHM hat sich in den letzten 40 Jahren für die Zustandsüberwachung technischer Systeme als Begriff etabliert. Dabei wird der Schädi-

gungszustand dieser Systeme ermittelt und einem tolerierbaren Zustand gegenübergestellt. Gesetzte Sicherheitsmargen dürfen jedoch nicht unterschritten werden. In diesem Zusammenhang spielt die Zerstörungsfreie Prüfung eine ganz entscheidende Rolle, insbesondere auch dann, wenn die ZfP zum integralen Bestandteil des technischen Systems wird.

40 Jahre Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet des SHM haben viele Ergebnisse, Methodiken und Wissen generiert und wurden bei unterschiedlichsten Veranstaltungen präsentiert und diskutiert, aber deutlich weniger demonstriert. Die praxisnahe Demonstration und Applikation des SHM ist somit nicht in dem Maße vorangekommen, wie es 40 Jahre Forschungsarbeit erhoffen ließ. Aus diesem Grund soll auf der EWSHM 2024 ebendies im Vordergrund stehen. Mehr dazu auf Seite 11 und unter

[www.ewshm2024.com](http://www.ewshm2024.com)



Beitrags-  
anmeldung  
bis 31. Jan.

© COST CA182

18. – 20. September 2024, Potsdam

### EWGAE 2024 – 36<sup>th</sup> Conference of the European Working Group on Acoustic Emission

mit Geräteausstellung

Die European Working Group on Acoustic Emission lädt im September nach Potsdam ein. Die EWGAE-Konferenz ist ein renommiertes internationales Forum für den Austausch zwischen Forscher\*innen, Ingenieure\*innen und Praktiker\*innen zu Ideen und neuesten Fortschritten auf dem Gebiet der Schallemission. Die Konferenz bietet ein abwechslungsreiches Programm aus Keynote-Vorträgen renommierter Expert\*innen sowie praxisnahen Sitzungen, Posterpräsentationen und Podiumsdiskussionen. Berichte zu theoretischen und experimentellen Untersuchungen, Instrumentierung, Datenanalysen sowie praktische Anwendungen stehen dabei im Fokus. Die Konferenz als auch das Rahmenprogramm werden ausreichend Gelegenheiten zum Networking und zum Aufbau neuer Kooperationen bieten. Möchten Sie Ihre neuesten Forschungsergebnisse mit der Fachwelt teilen, sind Sie aufgerufen, Ihren Beitrag bis 31. Januar 2024 auf der Veranstaltungswebsite einzureichen.

[www.ewgae2024.com](http://www.ewgae2024.com)

Weitere Veranstaltungen finden Sie im internationalen Veranstaltungskalender auf Seite 62.

# INDUSTRIAL COMPUTED TOMOGRAPHY



UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES  
UPPER AUSTRIA

## 13<sup>TH</sup> CONFERENCE ON INDUSTRIAL COMPUTED TOMOGRAPHY 2024

School of Engineering | Wels Campus |  
Austria

6<sup>th</sup> - 9<sup>th</sup> February 2024

- » Non-destructive Testing
- » 3D Materials Characterisation
- » Dimensional Measurement
- » Industry Cases

[www.ict-conference.com/2024](http://www.ict-conference.com/2024)

Co-Organisers



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.

Early Bird  
Registration until  
6<sup>th</sup> December  
2023!



# DGZfP-JAHRESTAGUNG 2024 | 6. – 8. Mai in Osnabrück

## ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung



© Stadt Osnabrück

Ein Termin, der fest im Kalender der ZfP-Community steht, ist die traditionell im Mai durchgeführte DGZfP-Jahrestagung, zu der wir Sie bereits heute recht herzlich einladen möchten.

Nachdem die in Osnabrück geplante Jahrestagung im Jahr 2021 leider nur virtuell stattfinden konnte, freuen wir uns umso mehr, vom 6. bis 8. Mai 2024 in der Friedensstadt zu Gast sein zu dürfen.

Osnabrück zählt zu den vier größten Städten Niedersachsens und ist Mittelpunkt des Osnabrücker Landes. Mit ca. 28.000 Studierenden an Universität und Hochschule, einem Anteil von 14 Prozent der Gesamtbevölkerung, ist Osnabrück ein bedeutender Standort für Forschung und Lehre. Auto-, Metall- und Papierindustrie bestimmen die lokale Wirtschaft. Die günstige Verkehrslage am Schnittpunkt wichtiger europäischer Straßen-, Schienen- und Wasserwege förderte die Ansiedlung von Transport- und Dienstleistungsunternehmen und wird nun für uns der optimale Ort, um sich über ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung auszutauschen, zu Netzwerken und gemeinsam Wissen zu teilen.

Gerne können Sie der Tradition folgend mit dem ortstypischen Steckenpferd anreisen, was in unmittelbarem Zusammenhang mit dem 1.400 Tage dauernden Kongress zur Verhandlung des westfälischen Friedens steht. Im Jahr 1648 wurde in Osnabrück das Ende des 30-jährigen Krieges verkündet. Unsere Jahrestagung wird im Vergleich deutlich kürzer ausfallen.

Veranstaltungsort ist die OsnabrückHalle, die bereits vor der Coronapandemie umfassend saniert wurde und mittlerweile zu den modernsten Kongresszentren Europas zählt. Neben großzügigen Vortragsräumen bietet die Location ausreichend Platz für Firmenpräsentationen in Form von Informationsständen – das Format, welches auf Wunsch unserer Mitglieder alle zwei Jahre im Wechsel mit einer Fullsize-Ausstellung stattfinden soll.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme, interessante Vorträge und Diskussionen sowie natürlich auf viele persönliche Begegnungen in Osnabrück und rufen Sie auf, Ihre Beiträge **bis zum 31. Oktober 2023** einzureichen.

Dr. Jochen Kurz

Vorsitzender DGZfP e.V.

### Werden Sie Teil der DGZfP-Jahrestagung 2024

#### Beitragsaufruf

Bitte reichen Sie Ihre Beiträge **bis 31. Oktober 2023** auf der Tagungswebsite ein. Die Entscheidung des Programmausschusses wird den Autor\*innen im Dezember 2023 mitgeteilt.

#### Mitgliedergruppe B – Innovationen vorstellen

Die Mitglieder der Gruppe B (Hersteller und Lieferanten von Prüfgeräten und Zubehör) sind für die DGZfP-Jahrestagung 2024 wieder aufgerufen, ihre Innovationen und neuen Produkte in einem speziellen Vortragsblock vorzustellen. Die Gebühr für einen Firmenvortrag beträgt 330,00 € zzgl. MwSt. Die Gebühr wird zusätzlich zur Teilnahmegebühr in Höhe von 950,00 € erhoben.

Die Auswahl der Firmenvorträge obliegt den Beiratsvertreter\*innen der Gruppe B.

#### Informationsstände

##### Ohne Geräteausstellung

##### Ausstattung:

- Standfläche 4 m<sup>2</sup> – 2 m x 2 m
- 1 Tisch, 1 Stuhl, 1 Stromanschluss
- inklusive einer Tagungsteilnahme

Roll-ups und Firmendisplays dürfen auf der max. Standbreite verteilt werden. Für Broschüren (Prospektständer), Infomaterial und Werbeatikel darf nur der Tisch genutzt werden. Bitte beachten Sie, dass Geräte in diesem Jahr nicht ausgestellt werden. Lediglich Monitore und Laptops sind zu Demonstrationszwecken erlaubt.

##### Preis pro Fläche zzgl. MwSt.:

- 1.300 € für Mitglieder der DGZfP
- 1.800 € für Nicht-Mitglieder

##### Preis pro zusätzlicher Standbetreuung:

*ohne Programmteilnahme; nicht übertragbar*

- 330 € für Mitglieder der DGZfP
- 450 € für Nicht-Mitglieder

### Allgemeines

Vortragende und präsentierende Posterautor\*innen zahlen eine reduzierte Tagungsgebühr in Höhe von 950,00 € (wie Mitglieder). Die Manuskripte aller Vorträge und Posterbeiträge werden auf der Tagungswebsite und zusätzlich durch NDT.net veröffentlicht. Das **Manuskript** muss entsprechend den Formatvorgaben bis zum **31. März 2024** auf der Tagungswebsite hochgeladen werden.

### Tagungsort

OsnabrückHalle | Schlosswall 1 – 9 | 49074 Osnabrück  
[www.osnabrueckhalle.de](http://www.osnabrueckhalle.de)

### Hotelreservierung

Informationen und Buchungsformular finden Sie auf der Tagungswebsite.

### Organisation

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP e.V.)  
Steffi Dehlau | Tel.: +49 30 67807-128 | E-Mail: [tagungen@dgzfp.de](mailto:tagungen@dgzfp.de)



<https://jahrestagung2024.dgzfp.de>

## Ausschreibung der DGZfP-Preise 2024

Herausragende und innovative Leistungen auf dem Gebiet der Zerstörungsfreien Prüfung sollen auch im Jahr 2024 gewürdigt werden. Die DGZfP schreibt traditionell folgende Preise aus:



Der Preis wird an Wissenschaftler\*innen, nicht älter als 45 Jahre, für eine herausragende und innovative wissenschaftliche Leistung zur Entwicklung der Zerstörungsfreien Prüfung verliehen. Dies kann sein:

- eine Promotion oder eine über die Promotion hinausgehende wissenschaftliche Leistung (Habilitation),
- eine durch wissenschaftliche Veröffentlichungen dokumentierte Leistung mit innovativen Impulsen für die Verfahren der ZfP.

Zugelassen sind Arbeiten, die einen wesentlichen Beitrag in diesem Sinne leisten.

Der Preis ist mit 5.000 Euro dotiert.



Um Leistungen junger Menschen für die Zerstörungsfreie Prüfung zu würdigen, vergibt die DGZfP ihren Nachwuchspreis.

Mit dem Preis werden Studierende und Wissenschaftler\*innen, nicht älter als 35 Jahre, von Hochschulen und Forschungseinrichtungen ausgezeichnet, die ein Thema von Bedeutung für die Zerstörungsfreie Prüfung fundiert bearbeitet haben. Dabei hat der Beitrag zu technischen Problemlösungen der Zerstörungsfreien Prüfung dieselbe Bedeutung wie die unmittelbare praktische Relevanz.

Der Preis ist mit 3.000 Euro dotiert.



Die innovative praktische Anwendung von ZfP-Verfahren, Methoden und besonders geeigneten Geräten verdient Ansporn und Anerkennung. Mit dieser Auszeichnung wendet sich die DGZfP an Prüfpersonal und Techniker\*innen aber auch an Ingenieur\*innen und Naturwissenschaftler\*innen. Die Auszeichnung wird für innovative Leistungen in Bezug auf Verfahren und Prüftechnik verliehen, die von weitreichender Bedeutung für die Zerstörungsfreie Prüfung sind. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der unmittelbaren praktischen Relevanz.

Der Preis ist mit 3.000 Euro dotiert.

Sie sind Mitglied der ZfP-Community oder begeistern sich für die Zerstörungsfreie Prüfung, dann sind Sie herzlich eingeladen, Vorschläge für die Verleihungen einzureichen. Eigene Bewerbungen sind ausdrücklich zugelassen.

Die Einreichungsfrist endet am **15. Januar 2024**.

Die ausführlichen Ausschreibungsbedingungen für die Preise finden Sie auf der DGZfP-Website unter

[www.dgzfp.de/Startseite/Wir-ueber-uns/Auszeichnungen](http://www.dgzfp.de/Startseite/Wir-ueber-uns/Auszeichnungen)

# Technologie-Demonstration im Fokus des 11. European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM)

Die Vorbereitungen zum 11. European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2024), der vom 10. bis 13. Juni 2024 in Potsdam stattfinden wird, machen gute Fortschritte. Dabei wird der Begriff ‚Workshop‘ besonders ernst genommen. Dies zeigt sich u. a. an einer **Initiative hinsichtlich Demonstratoren mit Bezug auf Technologien des Structural Health Monitoring (SHM)**. Diese Demonstratoren sind das Ergebnis vergangener und laufender F&E-Aktivitäten aus den Bereichen Bauingenieurwesen, Luftfahrt, Sicherheitstechnik, Windenergie und evtl. noch weiteren. Die Demonstratoren sollen über einen nicht bestimmten, längeren Zeitraum der Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden, und somit ein ‚Rückgrat‘ in der Technologieentwicklung des SHM bilden. Dies ist ein Novum, das mit dem EWSHM 2024 einen Anfang findet und sich möglicherweise bei Folgeveranstaltungen auf internationaler Ebene fortsetzen wird. So zeigen die Organisatoren des International Workshop on SHM (IWSHM) an der Stanford University für 2025 schon jetzt Interesse an der Vor- und Fortführung und wollen, dass die Demonstratoren-Initiative bereits auf dem IWSHM in diesem Jahr beworben wird.

Derzeit wird eine Vielzahl an Demonstratoren für diese Initiative vorbereitet, und zwar in der Form, dass die Demonstratoren zumindest beschrieben und teilweise auch Messdaten aus diesen generiert werden, die interessierten Parteien dann ggf. online über die Website des EWSHM 2024 ([www.ewshm2024.com](http://www.ewshm2024.com)) zur Verfügung gestellt werden. Auch können sich interessierte Parteien mit den für die Demonstratoren Verantwortlichen in Verbindung setzen, sei es, um weitergehende Informationen zu den Demonstratoren zu erhalten, in eine wissenschaftliche Diskussion zu treten oder möglicherweise ihre eigene Sensorik, Auswertalgorithmen oder sonstige Technologie vorzuschlagen, die dann eventuell längerfristig auf den Demonstratoren erprobt werden können. Dies kann zu erweiterten technologischen Entwicklungen und Anwendungen des SHM führen. Ein solcher Dialog und eine solche Technologievernetzung war in einer solch erweiterten Dimension vermutlich bisher noch nicht möglich. Es besteht damit die Hoffnung, dass die Breite des SHM-Feldes besser eingefangen und SHM für einen größeren Kreis an interessierten Parteien einschließlich potenziellen Anwendern greifbarer und begreifbar gemacht werden kann. Dieser Dialog soll sich nicht auf eine einzelne wissenschaftliche Veranstaltung beschränken, sondern zu längerfristigen Kooperationen, auch hinsichtlich neuer Anwendungen und technologischer Weiterentwicklungen des SHM, führen. Erweiterte Netzwerke dürften entstehen und eine Nachhaltigkeit des SHM wird damit unterstützt. Auf dem EWSHM 2024 wird es daher mindestens eine Plenarveranstaltung geben, bei der diese Demonstratoren im Fokus stehen wird und bei der die Teilnehmenden gezielt mit Fragen in einen Dialog mit den für die Demonstratoren Verantwortlichen treten können. Darüber hinaus kann in Spezialbeiträgen (Vortrag und/oder Poster) in den verschiedenen Sitzungen Bezug auf die Demonstratoren hergestellt werden, was den wissenschaftlichen Horizont erweitert, einen entsprechenden Dialog fördert und somit den Workshopcharakter erhöht.

Die Demonstratoren-Initiative ist auch reizvoll für Industrie- bzw. Technologieunternehmen, die sich als Aussteller am EWSHM 2024

betiligen, weil sie entweder einen direkten Bezug zwischen ihren Produkten und den Demonstratoren herstellen können oder neue Anregungen bekommen, ihre Produktpalette längerfristig zu erweitern. So kann es für Industriezweige wie z. B. im Bereich der Sensorik aber auch der numerischen Simulation von Interesse sein, wie sie langfristig ihre Produkte mit diesen Demonstratoren verknüpft und bei einer nächsten Gelegenheit dann das Ergebnis live demonstrieren können. Von daher bildet die angebotene Ausstellung für die Aussteller einen besonderen zusätzlichen Reiz.

Spezialsitzungen und Minisymposien sind zwischenzeitlich zu einem Bestandteil von wissenschaftlichen Großveranstaltungen geworden. Erfreulich ist zu sehen, dass für den EWSHM 2024 bereits Vorschläge zu folgenden Themen gemacht wurden:

- SHM for Impact Characterization and Damage Mechanisms in Laminar Composites
- Bayesian Approaches for Parameter Identification and Damage Detection
- Damage Detectability and Effects of Environmental and Operational Variability in Structural Health Monitoring
- Advancements in Smart Materials and Structures for Structural Health Monitoring in Civil Engineering
- Large-Scale Monitoring: Innovative Methods for Cost-Effective and Extensive Data Collection in Civil Infrastructure
- Satellite-Based Health Monitoring for Civil Infrastructure
- Drive-by SHM of Transport Infrastructure Using Vehicle-based Sensing Methods
- SPP 100+: Extending Structure Life via Intelligent Digitization

## Beitragseinreichung bis 30. November 2023

Darüber hinaus sind Beiträge zu sämtlichen Fragestellungen des SHM, wie in der Vergangenheit, als Einzelbeiträge möglich, die dann entsprechenden Themenkomplexen zugeordnet werden. Damit sich auch die Spezialsitzungen und Minisymposien mit Beiträgen füllen, wurde der Abgabetermin auf den 30. November 2023 verlängert.

Ergänzt wird das Programm um **Touren mit SHM-Bezug**. So wird es für Interessierte am 9. Juni 2024 eine geführte Tour über die Internationale Luftfahrtausstellung ILA in Berlin geben. Besucht werden dabei Firmen und Organisationen, die einen besonderen Bezug zu SHM haben und mit denen ggf. auch ein Dialog eröffnet werden kann. Des Weiteren wird die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) eine Tour anbieten, bei der Entwicklungen mit Fokus SHM innerhalb der BAM gezeigt werden. Die Möglichkeit einer weiteren Tour, z. B. in das Umfeld der Wartung von Flugzeugtriebwerken oder sonstiger SHM-Anwendungen wird derzeit ausgelotet. Mit diesem Programm erhoffen sich die Organisatoren einerseits eine interessante Veranstaltung zu realisieren und andererseits einen gewissen Paradigmenwechsel im Rahmen dieses Workshops einzuleiten. Die diesbezüglichen aktuellen Entwicklungen können stets über die Website verfolgt werden:

[www.ewshm2024.com](http://www.ewshm2024.com)

Christian Boller (Univ. d. Saarlandes), Matthias Buderath (Airbus)  
Ernst Niederleithinger (BAM)

**Call for Papers**

**#TeraTec2024**

**11<sup>th</sup> International Workshop  
on Terahertz Technology and Applications  
March 12 – 13, 2024 at Fraunhofer-Center,  
Fraunhofer-Platz 1, Kaiserslautern**

Fraunhofer  
ITWM

Fraunhofer Institute for Industrial  
Mathematics ITWM

In cooperation with

DGZIF DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG e.V.

VDI VDE

optence  
networking in photonics

Photonics  
HUB

Terahertz technology has proven to be a valuable tool for applications in diagnostics, measurement, and testing. The industrial use of this technology, however, raises a few challenging questions. The “International Workshop on Terahertz Technology and Applications” fosters the exchange of knowledge and experience between academics and industry in this exciting and rapidly developing field.

For more information about the workshop and to submit abstracts online in English, please see the link below. **Deadline for abstract submission is November 30, 2023.**

For further information regarding exhibition and sponsoring please contact Dr. Joachim Jonuscheit at Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics ITWM.

#### Contact

Dr. Joachim Jonuscheit  
Deputy Head of Department »Materials  
Characterization and Testing«  
Phone +49 631 31600-4911  
joachim.jonuscheit@itwm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik  
ITWM  
Fraunhofer-Platz 1 | 67663 Kaiserslautern | Germany  
www.itwm.fraunhofer.de/en/mc

[www.itwm.fraunhofer.de/terahertzworkshop2024-en](http://www.itwm.fraunhofer.de/terahertzworkshop2024-en)



**IMITec**  
INNOVATIVE MAINTENANCE AND  
INSPECTION TECHNOLOGY

**NDT Training School**

We provide NDT Training for the Aviation Industry based on the Standard EN4179/NAS410. Our Training school is approved by the Swiss NANDT Board.

All Trainings and Examinations are based on our clients needs and their specifications.

Re-Qualifications in 3 days.

IMITec - we keep your Aircrafts flying

Visite - imitec.ch

Eddy Current (ET)  
Ultrasonic Testing (UT)  
Radiographic Testing (RT)  
Penetrant Testing (PT)  
Magnetic Particle Testing (MT)  
Infrared Testing (IRT, TT)  
Ultrasonic Phased Array Testing (PAUT)  
Shearographic Testing (SH)  
Basic Level 3 Training and Examination

## 13. ECNDT 2023 in Lissabon

Die Europäische Konferenz für Zerstörungsfreie Prüfung, ECNDT, wurde am 3. Juli 2023 von den Repräsentanten der gastgebenden portugiesischen ZfP-Gesellschaft (FSEND-RELACRE) eröffnet. Der Zuspruch war groß, denn die Fachleute vieler Länder konnten sich nach langer Zeit endlich wiedersehen, manch einer kannte sich bisher nur vom Bildschirm.

Der ECNDT-Präsident Bento Ottone Alves beichtete über die Entwicklungsgeschichte – von der Idee aus dem Jahr 2004, eine ZfP-Gesellschaft in Portugal zu gründen, bis hin zum heutigen Tag, wo die Konferenz nach zweimaliger Bewerbung und einjähriger, coronabedingter Verschiebung endlich beginnen konnte. Auf den Austragungsort Lissabon, der ältesten Hauptstadt Europas, stimmte ein kurzes Video ein sowie eine musikalische Darbietung des landestypischen „Fado“.

Der ICNDT-Präsident Sajeesh Babu überbrachte Grußworte des Weltverbands (ICNDT). EFNDT-Präsident Fermín Gómez Fraile dankte in seiner Begrüßungsansprache den Organisatoren, den Sponsoren und den Ausstellern für ihren Beitrag zum Gelingen der Konferenz. Der EFNDT begeht in diesem Jahr sein 25-jähriges Jubiläum. Dieser Umstand sowie die Herausforderungen der heutigen Zeit für die ZfP waren die begleitenden Themen der Konferenz.

Bei der anschließenden Preisverleihung wurden Fermín Gómez Fraile (Spanien), Etienne Martin (Frankreich) und Bento Ottone Alves (Portugal) mit dem EFNDT Award ausgezeichnet.

Die eingeladenen Vortragenden der Eröffnungsfeier waren:

- Hanane Taidi (Generaldirektorin des TIC) – über Globale Trends und die Aufgaben des TIC,



EFNDT Board of Directors beim 25-jährigen Jubiläum des EFNDT

13<sup>th</sup> EUROPEAN CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING  
LISBON – PORTUGAL, 3 – 7 JULY 2023

**Challenges for the NDT Sector**

- ✓ Importance of Social Media
- ✓ NDE Engineer or Engineering of NDT
- ✓ New Methods
- ✓ BIG DATA
- ✓ Sensors
- ✓ Digitization, Digitalization, Digital Transformation, and Informatization
- ✓ ROV's and DRONE's
- ✓ IoT
- ✓ Artificial Intelligence and Machine Learning
- ✓ New Energy Sources (ITER, Wind Farms, Solar, Advanced Nuclear Reactors, Hydrogen)
- ✓ Augmented Reality



Herausforderungen für den ZfP-Sektor – aus der Präsentation des ECNDT-Präsidenten Bento Ottone Alves

- Johannes Vrana (Vrana GmbH) – über die Welt der NDE 4.0
- Mohamed Elkarmoty (Universität Kairo) – über Untersuchungen an der Großen Pyramide von Gizeh (s. auch Fachbeitrag ab Seite 37)
- Telmo Santos (Universität Lissabon) – über Phänomene in der ZfP, hervorgerufen durch Bakterien.

### Wiederwahl beim EFNDT Board of Directors

Am Folgetag fand die Vollversammlung der Europäischen Föderation für Zerstörungsfreie Prüfung (EFNDT) statt. Auf der Tagesordnung stand die Neuwahl des Präsidiums sowie des Board of Directors (BoD). Fermín Gómez Fraile (Spanien) wurde erneut zum Präsidenten gewählt, Sekretär bleibt damit Emilio Romero. Neuer Vizepräsident ist Ezio Tuberosa aus Italien. Dr. Thomas Wenzel vertritt als Geschäftsführendes Vorstandsmitglied die DGZfP im BoD. Weiterhin gehören diesem Gremium Bento Ottone Alves,

Gerald Idinger, Peter Fisch, David Gilbert, Tomaz Chady, sowie Frédéric Schaditzki an.

### Große Ausstellung

Mit 135 Ausstellern bot die große Fachausstellung viel Raum für Gespräche und war gut geeignet, um sich einen Überblick über aktuelle Entwicklungen zu verschaffen. So wurden u. a. flexible Panels für die Digitale Radiographie gezeigt, als Prototyp auch für kleine Rohrdurchmesser.



Das DGZfP-Team stand interessierten Teilnehmerinnen und Teilnehmern Rede und Antwort

### Vortragsprogramm

Aufgrund der parallel stattfindenden ISO-Meetings und möglicherweise auch aufgrund der Tatsache, dass dies seit der Corona-Pause die erste große internationale ZfP-Tagung im europäischen Raum war, konnte eine Vielzahl außereuropäischer Gäste vor Ort begrüßt werden.

Im Vortragsprogramm wurden technische Weiterentwicklungen sowie Anwendungsfragestellungen diskutiert. Eine beträchtliche Anzahl der Vorträge befasste sich z. B.



Lissabon, Portugal – Austragungsort der 13. ECNDT mit Ultraschall (Phased Array) sowie „ZfP 4.0“. Die Fortschritte in der Digitalisierung der ZfP stellen generell einen großen Schwerpunkt in den Beiträgen dar. Vorträge über Verfahren wie Schallemissionsprüfung (AT) oder Dichtheitsprüfung (LT) hingegen waren nicht wahrnehmbar. Insgesamt wurden 321 Vorträge in 5 Parallelsitzungen sowie 25 Poster präsentiert.

#### Gremienarbeit

Im Rahmen der ECNDT fanden auch verschiedene internationale Gremiensitzungen statt.

In der Working Group 3 „Training and Education“ des ICNDT (International Committee for Non-destructive Testing) wurde unter anderem die Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) thematisiert. Die DGZfP hat in diesem Zusammenhang die kürzlich erschienene Norm DIN 4871 sowie das Konzept der DIN 4873 vorgestellt.

Der Fokus lag insbesondere auf der Motivation, zwei von der DIN EN ISO 9712 bzw. DIN CEN ISO/TS 25107 losgelöste Regelwerke zu entwickeln, um den Besonderheiten des Bauwesens bei der Personalqualifizierung und -zertifizierung gerecht zu werden. Um das Thema zentral weiterzuverfolgen, wurde eine SIG (Specialist Interest Group) „NDT in Civil Engineering“ unter dem Vorsitz Argentinien eingerichtet.

Aufgrund der bestehenden Sanktionen gegenüber Russland sind die Vertreter der DGZfP den Sitzungen des ISO ferngeblieben, da die russische Delegation ihre Teilnahme vorab zugesagt hatte.

#### Konferenzabend in alten Gemäuern

Zum Festabend wurde ins „Beato’s Convent“, ein ehemaliges Kloster, geladen. Dieses wurde im 16. Jahrhundert erbaut, zwischenzeitlich als Militärkrankenhaus bzw. Produktionsstätte genutzt und ist heute eine interessanter, neu interpretierter Veranstaltungsort. Gespeist wurde im ehemaligen Kreuzgang, heute modern überdacht, wo zur Überraschung aller Schweinehexe serviert wurde. Neben Speis und Trank erfreute auch das Rahmenprogramm, wo die Seefahrertradition Portugals tänzerisch dargeboten wurde.

#### Abschluss und Ausblick

Auf der Abschlussveranstaltung konnte eine positive Bilanz gezogen werden. Insgesamt 1.180 Teilnehmende aus 64 Ländern konnten begrüßt werden. Thomas Wenzel dankte im Namen der DGZfP dem ECNDT-Präsidenten Bento Ottone Alves für die gelungene Konferenz. Er überreichte zum Dank als Geschenk einen kleinen handbemalten DGZfP-Buddy-Bären und betonte in seiner kurzen Ansprache die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit:

„Ein einzelner Mensch, ein einzelnes Unternehmen oder gar ein einzelnes Land wird nicht in der Lage sein, die Innovationen zu schaffen, die notwendig sind, um im globalen Wettbewerb zu bestehen. Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg: themenübergreifend, unternehmensübergreifend und länderübergreifend. Nur gemeinsam können wir den aktuellen Herausforderungen begegnen und gemeinsame Ziele erreichen.“



Thomas Wenzel (re.) überreicht Bento Alves als Dank für die gelungene Veranstaltung einen DGZfP-Buddy-Bären

Es schloss sich ein langer Vortrag des Programmausschusses an, der über sein Auswahlverfahren mittels „Scopus“ berichtete und die Verfügbarkeit der Vorträge bei NDT.net ankündigte.

Anschließend luden die Gastgeber der nachfolgenden Konferenzen ein:

**27. – 31. Mai 2024:**

20. Weltkonferenz für ZfP (WCNDT) in Incheon/Südkorea

**15. – 19. Juni 2026:**

14. Europäische Konferenz für ZfP (ECNDT) in Verona/Italien

Jutta Koehn





# Lufthansa Technik



**Du möchtest Teil der faszinierenden Luftfahrt werden? Du interessierst Dich für innovative und abwechslungsreiche Aufgaben innerhalb eines spannenden Arbeitsumfeldes? Dann bist Du bei uns genau richtig! Arbeite an einer der spannendsten Techniken der Welt und profitiere von dem attraktiven Leistungsangebot der Lufthansa Technik Gruppe.**

Wir suchen am Standort Hamburg ab sofort:

## Facharbeiter (m/w/divers) im Bereich Werkstoff- und Bauteilprüfung

### Deine Aufgaben:

- Durchführung von Prüftätigkeiten mit den Verfahren Röntgen, Ultraschall und Wirbelstrom
- Erprobung und Instandhaltung von Zubehör und Prüfgeräten sowie Unterstützung bei der Optimierung von Prüfeinrichtungen
- Einweisung und Training von Prüfenden (m/w/divers) und Mitarbeitenden (m/w/divers)
- Begleitung bei der Inbetriebnahme neuer Anlagen, Geräte und Prüfequipment

### Dein Profil:

- Abgeschlossene Berufsausbildung als Werkstoffprüfer:in oder als Facharbeiter:in mit entsprechenden ZfP-Qualifikationen bzw. die Bereitschaft zum Erwerb fehlender Qualifikationen
- Erste Erfahrungen in der digitalen Radiographie und Englischkenntnisse wünschenswert
- Gute Deutschkenntnisse sowie Bereitschaft und Tauglichkeit zum Schichtdienst und mehrtägigen Dienstreisen

### Team Technik wartet auf Dich!

Bewirb dich jetzt – einfach QR-Code scannen.  
Übrigens: Wir bilden auch aus!



## LUFTHANSA GROUP



# MIT ZEPPELIN WACHSEN – AUCH ÜBER SICH HINAUS!

## WIR SUCHEN:

**Prüfer (m/w/d) für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung**  
Industrie (DIN EN ISO 9712)



**Prüfer (m/w/d) für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung**  
Luft- und Raumfahrt (DIN EN 4179)



### Darauf haben Sie Lust:

- Auswahl des geeigneten Prüfverfahren sowie der Prüftechnik unter Berücksichtigung der Grenzen der Anwendung in Abstimmung mit der Prüfaufsicht
- Vorbereitung des Prüfstückes bzw. Einrichten des Prüfortes beim Kunden
- Überprüfung Einsetzbarkeit des Prüfequipments
- Selbstständige Durchführung von Prüfaufgaben in den relevanten Verfahren nach Norm, Regelwerk oder Kundenvorgaben
- Beurteilung und Dokumentation der Prüfergebnisse

**Wir bieten Ihnen eine einzigartige Unternehmenskultur, die auf den Werten von Ferdinand Graf von Zeppelin basiert. Als zukunftsorientiertes Stiftungsunternehmen handeln wir sozial und nachhaltig. Sie profitieren unter anderem von:**

- Echten Chancen zur Eigenverantwortung
- Spannenden Aufgabenpaketen
- Persönlichen Entwicklungsperspektiven & vielseitigen Weiterbildungsprogrammen
- Gemeinsamer Zielorientierung
- Bemerkenswertem Teamgeist „WE are Zeppelin“
- Attraktiver Vergütung & Benefits
- Tariflichen Strukturen
- Etabliertem Onboarding
- Angenehmer Arbeitsatmosphäre
- Kinderbetreuungszuschuss

**Wir freuen uns auf Ihre vollständige Online-Bewerbung mit Anschreiben, Lebenslauf und Zeugnissen.**

[zeppelin-ais.com](https://zeppelin-ais.com)

 **ZEPPELIN**  
WE CREATE SOLUTIONS

## Glückwunsch zur abgeschlossenen Metallographie-Ausbildung



Technische Assistent\*innen für Metallographie und Werkstoffanalyse des Lette Vereins Berlin bei ihrem Abschluss im Sommer 2023

Wir freuen uns, die neuen Technischen Assistentinnen und Assistenten für Metallographie und Werkstoffanalyse vom Lette Verein Berlin zum Abschluss ihrer Ausbildung zu beglückwünschen. Wir wünschen allen Absolvent\*innen für die Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

### ZfP-Unterricht in Berlin

Vom 23. Januar bis 2. Februar 2023 begrüßten wir bereits zum 15. Mal die angehenden Technischen Assistent\*innen für Metallographie und Werkstoffanalyse vom Lette Verein im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin. Elf Schülerinnen und Schüler lernten in den knapp zwei Wochen die Verfahren Sichtprüfung (VT), Durchstrahlungsprüfung (RT), Farbeindringprüfung (PT), Magnetpulverprüfung (MT) und die Ultraschallprüfung (UT) in Theorie und größtenteils in der Praxis kennen und schlossen die ZfP-Ausbildung mit einer schriftlichen und praktischen Prüfung ab.

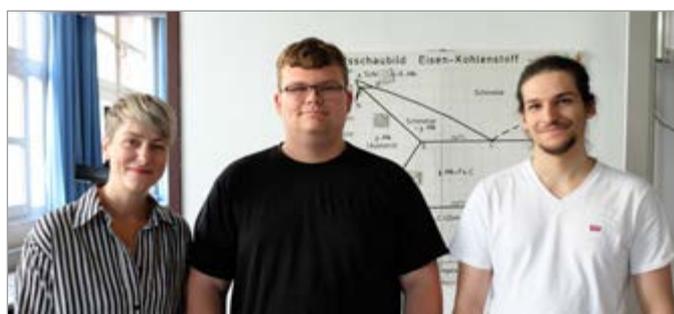
### Auszeichnung für die besten Absolvent\*innen

Als Anerkennung der sehr guten Leistungen erhalten in jedem Jahrgang die besten Absolvent\*innen von der DGZfP eine Auszeichnung verbunden mit der Einladung zur Teilnahme an einer zweiwöchigen Grundlagenschulung zur ZfP, dem „Basic Course“ (BC), inkl. Ab-

schlussprüfung. Diese Schulung bildet die Grundlage für die Level-3-Ausbildung in den einzelnen ZfP-Verfahren. Ziel der Auszeichnung ist es unter anderem, die jungen Nachwuchskräfte weiter für die Zerstörungsfreie Prüfung zu begeistern und ihnen somit den Einstieg ins Berufsleben zu erleichtern.

In diesem Jahr dürfen wir Florian Pletz und Paul Holzke vom Lette Verein Berlin beglückwünschen.

Julia Willich



Marika Maniszewski mit den ausgezeichneten Metallographen Florian Pletz und Paul Holzke (v. li.)



Seit 2010 vergibt die DGZfP den Studierendenpreis, mit dem sie den akademischen Nachwuchs in der Branche fördern und für die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) begeistern möchte.

Auch 2023 konnte der Preis wieder an viele junge Talente vergeben werden.

Vom 21. August bis 1. September fand im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin die ZfP-Grundlagenschulung für Studierende statt. In diesem Jahr konnten wir 14 Preisträger\*innen des Studierendenpreises sowie die besten Absolventen der Metallographie-Ausbildung vom Lette Verein Berlin und vom TBK Solingen begrüßen.

Zwei Wochen hatten die jungen Nachwuchs-ZfPler\*innen die Gelegenheit, die Grundlagen der Zerstörungsfreien Prüfung in den gängigsten Verfahren, die Norm DIN EN ISO 9712 und die Objektkunde kennenzulernen.

Wir hoffen, die Teilnehmenden ein Stück mehr für die ZfP begeistert zu haben und freuen uns, den Einen oder die Andere zu einer weiteren Schulung oder auf einer unserer Tagungen wiederzusehen.



# Nur wer glüht, kann entfachen

## Werden Sie Mentor\*in!

Zur **DGZfP-Jahrestagung** vom 6. bis 8. Mai 2024 in Osnabrück werden ausgewählte Schülerinnen und Schüler von **MINT-EC-Schulen** in die Welt der ZfP eingeladen.

**Unterstützen Sie den Nachwuchs** mit Ihrem Netzwerk und Ihrer Expertise, nehmen Sie die Zukunft an die Hand!

Für weitere Informationen steht Ihnen  
**Marika Maniszewski**  
gern zur Verfügung.

[mz@dgzfp.de](mailto:mz@dgzfp.de)



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.



Das nationale  
Excellence-Schulnetzwerk

## DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“

Jugend forscht 2023 – Der 58. Bundeswettbewerb fand vom 18. bis 21. Mai in Bremen statt – gemeinsam ausgerichtet von Die Unternehmensverbände im Lande Bremen e.V. als Bundespatre und von der Stiftung Jugend forscht e.V.

Schon zuvor hatten alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den Regional- und Landeswettbewerben Gelegenheit, ihre Forschungsarbeiten vorzustellen und sich für die jeweils nächste Runde zu qualifizieren.

Zum wiederholten Male lobte die DGZfP den Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“ auf allen Wettbewerbs-ebenen aus.

An dieser Stelle möchten wir allen DGZfP-Mitgliedern sowie Wettbewerbsleiterinnen und -leitern für die tatkräftige Unterstützung bei der Begutachtung und Auswahl der Forschungsarbeiten danken!

Die nachfolgenden Seiten zeigen die Sonderpreis-Gewinnerinnen und -Gewinner der diesjährigen Landeswettbewerbe sowie des Bundeswettbewerbs, mit folgender Prämierung:



### LANDESWETTBEWERB(E)

- Preisgeld 150 Euro
- Einladung zum örtlichen DGZfP-Arbeitskreis zur Präsentation des Projekts
- Abonnement der ZfP-Zeitung für ein Jahr

### BUNDESWETTBEWERB

- Preisgeld 500 Euro
- Einladung zum örtlichen DGZfP-Arbeitskreis zur Präsentation des Projekts
- Einladung zur Teilnahme an der ZfP-Grundlagenschulung (Studierenden-BC) im Ausbildungszentrum Berlin
- Abonnement der ZfP-Zeitung für ein Jahr

### BADEN-WÜRTTEMBERG



Thema: Erforschung von Lithium-Ionen-Akkus  
 Preisträger\*in: **Jakob Majer** (20)  
 Schule: Gewerbliche Schule Tübingen  
 Preisvergabe: Dr. Marianne Rädle  
 Landeswettbewerbsleiterin Baden-Württemberg

**Kurzfassung.** Akkus werden in unserem täglichen Leben in einer Vielzahl von elektrischen Geräten verwendet. Die Akkus müssen dabei nach dem Entladen wieder zeitintensiv aufgeladen werden. Leider ist die Lebensdauer der Akkus auf eine bestimmte Anzahl an Auf- und Entladungen begrenzt. In unserem Projekt haben wir untersucht, welche Auswirkungen die Ladegeschwindigkeit auf die Kapazität von Akkus hat. Hierfür haben wir Lithium-Ionen-Akkus mit verschiedenen Geschwindigkeiten aufgeladen und anschließend wieder entladen. Dabei wurden verschiedene Werte ermittelt. Wir haben dabei den Aufbau zum Laden und Entladen selbst entworfen, gebaut und programmiert. Die Energie, die von den Akkus aufgenommen und abgegeben wurde, konnte anschließend ermittelt werden. Die Messungen ergaben, dass eine höhere Ladegeschwindigkeit zu einer stärkeren Abnahme der Kapazität der Akkus führt. Das Fabrikat der verwendeten Akkus hat jedoch ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf Kapazität und -verlust.

**BAYERN**



Thema: EKG-Kanalrekonstruktion mit Convolutional Neural Networks  
 Preisträger\*in: **Bastian Auer** (20)  
 Schule: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden  
 Preisvergabe: Ulrich Herwanger  
 Landeswettbewerbsleiterin Bayern

**Kurzfassung.** In der Notfallmedizin kommt es immer wieder zu brenzlichen Situationen, in denen das Herz nicht so funktioniert, wie es soll. Egal ob Myokardinfarkt, AV-Block oder Schenkelblock: Will man diese Herzrhythmusstörungen feststellen, benötigt man in der Regel ein Diagnostik-EKG bestehend aus zehn EKG-Elektroden. Ein solches anzulegen kann jedoch sehr zeitaufwendig und auch belastend für den Patienten in einer akuten Notfallsituation sein. Oftmals ist es aufgrund der Begebenheiten auch nicht möglich, alle zehn Elektroden am Patienten anzubringen. Um dieses Problem zu lösen, nutzen wir neuronale Netzwerke zur Datenrekonstruktion. Diese rekonstruieren aus den Signalen von vier leicht anlegbaren EKG-Elektroden die Signale der sechs fehlenden, schwerer anzubringenden Elektroden, um ein vollständiges Diagnostik-EKG zu schreiben. Zusätzlich filtert das trainierte Modell Bewegungsstörungen heraus, was ermöglicht, auch in turbulenten Situationen ein störungsfreies und einwandfrei lesbares EKG zu schreiben.

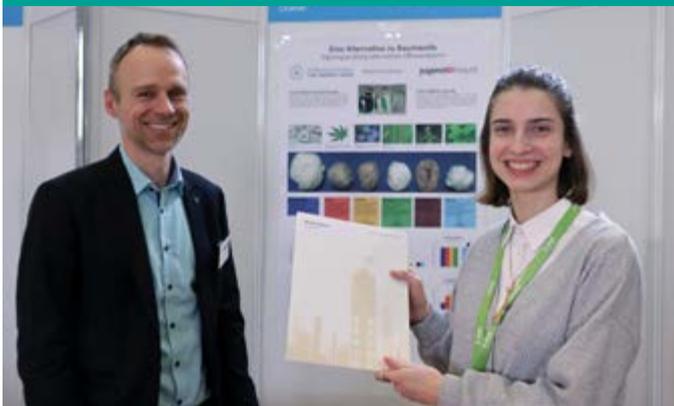
**BERLIN**



Thema: Ferrofluide zur Behandlung von Tumoren  
 Preisträger\*in: **Alissa Klein** (18), **Engy Hassan** (18), **Lana Kunz** (17)  
 Schule: Lessing-Gymnasium, Berlin  
 Preisvergabe: Hannelore Wessel-Segebade,  
 DGZfP-Vertreterin, Berlin

**Kurzfassung.** Ferrofluide sind Flüssigkeiten, welche auf magnetische Felder reagieren, ohne sich zu verfestigen. Sie bestehen aus wenige Nanometer großen magnetischen Partikeln. Ferrofluide finden bereits Anwendung in der Medizin, zur Behandlung von Tumoren. Das wollen wir in unserem Projekt aufgreifen. Mit Elektromagneten lassen sich Ferrofluide in anderen Flüssigkeiten wie etwa Blut kontrollieren. Dies wollen wir uns zu Nutze machen, um das Ferrofluid direkt zu den Tumoren zu lenken. Das muss dreidimensional erfolgen, damit es möglichst präzise ist und um zu verhindern, dass es Schaden an den falschen Stellen anrichtet. Zur Zerstörung der Tumore, werden diese letztlich durch magnetische Wechselfelder erhitzt. Diese lokale Anwendung ist weniger schädlich als die konventionelle Chemotherapie. Wir wollen in unserem Projekt ein solches Gerät zur Lenkung und Erhitzung von Ferrofluiden, sowie ein Modell zur Demonstration der Anwendung bauen.

**BRANDENBURG**



Thema: Eignungsprüfung alternativer Pflanzenfasern im Vergleich zur Baumwolle  
 Preisträger\*in: **Melanie Antonius** (20)  
 Schule: Carl-Friedrich-Gauß Gymnasium,  
 Frankfurt (Oder)  
 Preisvergabe: Thomas Lau  
 BASF Schwarzheide GmbH, Schwarzheide

Beim 33. Brandenburger Landeswettbewerb „Jugend forscht“ gingen insgesamt 54 Kinder und Jugendliche an den Start und hatten Antworten auf viele spannende Fragen. Vom 29. bis 30. März war die BASF in Schwarzheide zum 30. mal in Folge Gastgeber des Landesausscheids. Nach drei Jahren virtueller Durchführung fand der Wettbewerb erstmals wieder in Präsenz statt. Unter dem Motto „Mach Ideen groß!“ hatte die Stiftung Jugend forscht bundesweit Schülerinnen und Schüler aufgefordert, sich am Wettbewerb zu beteiligen. Diesem Aufruf folgte auch Melanie Antonius vom Gymnasium Carl Friedrich Gaus aus Frankfurt (Oder). In Ihrer Forschungsarbeit untersuchte Sie die Eignungsprüfung alternativer Pflanzenfasern im Vergleich zur Baumwolle. Dabei wurden Hanf, Leinen, Bambus, Brennessel und Ramie von ihr zu Garnen gesponnen und untersucht. Dafür wurde nicht nur das Hautgefühl betrachtet, sondern zahlreiche Werkstofftests durchgeführt, so z. B. das Vermögen zur Feuchtigkeitsspeicherung und -abgabe, die wärmeisolierenden Eigenschaften, die Strapazierfähigkeit sowie die Dehnbarkeit und Elastizität, welche einem Zugversuch nahekommt. Dieses methodische Vorgehen bei der Bestimmung der Werkstoffeigenschaften veranlasste Thomas Lau als Vertreter der DGZfP, ihr den Sonderpreis der DGZfP zu überreichen. Bericht: Thomas Lau

## BREMEN



Thema: Erkennung von unterschiedlichen Kunststoffen  
 Preisträger\*in: **Joris Janke** (15)  
 Schule: Phänomenta Bremerhaven e.V.  
 Preisvergabe: Carsten Pieper  
 Landeswettbewerbsleiter Bremen

**Kurzfassung.** Ziel meiner Arbeit ist das zerstörungsfreie Erkennen von unterschiedlichen Kunststoffen anhand ihrer physikalischen Eigenschaften. Zum Einsatz kommt dabei ein Dreifach-Spektroskopie-Sensor, der im Frequenzbereich von 410 bis 940 nm arbeitet und auch mit Leuchtdioden die Proben beleuchten kann.

Von der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoffindustrie habe ich eine Probensammlung erhalten, die von mir untersucht wurde. Durch die gesammelten Messwerte der Kunststoffproben war es mir unter anderem auch möglich, unbekannte Kunststoffe zu bestimmen.

## HESSEN



Thema: Windtunnel  
 Preisträger\*in: **Moritz Schulz** (17)  
 Schule: Gesamtschule Gießen-Ost, Gießen  
 Preisvergabe: Oliver Karplak, Landeswettbewerbsleiter Hessen

**Kurzfassung.** Für Jugend forscht hatte ich mir überlegt, einen Windtunnel zu bauen, welcher die Luftströmung an Versuchsobjekten mit Nebel sichtbar machen soll. Auf die Idee bin ich gekommen, da ich selbst Gleitschirm fliege und bei diesem Hobby aerodynamisches Verständnis sehr wichtig ist, somit besteht ein gewisses Interesse meinerseits an diesem Thema. Der Windtunnel lief dann auch sehr gut, nachdem ich mehrere Probleme mit der Laminarität der Luft hatte.

Auf dem Bild kann man zum Beispiel ein Spielzeugauto sehen, an welchem der Luftstrom sichtbar gemacht wurde. Für die zweite Runde von Jugend forscht habe ich dann versucht einen cW-Wert zu messen. Um diesen zu messen, habe ich eine Feinwaage auseinander gebaut und den Drucksensor benutzt, um den Widerstand der Gegenstände im Windtunnel zu messen. Dies hatte leider nicht gut funktioniert, da der Sensor zu ungenau war und die Kräfte, die gewirkt haben zu schwach waren, um sie zu messen.

## NIEDERSACHSEN



Thema: Speckle – Ein körniges Lichtphänomen  
 Preisträger\*in: **Nele Drüner** (17)  
 Schule: Johannes-Althusius-Gymnasium, Emden  
 Preisvergabe: Dr. Daniel Osewold  
 Landeswettbewerbsleiter Niedersachsen

**Kurzfassung.** Bei der Herstellung eines Hologramms fiel ein sehr unruhig wirkendes Lichtmuster auf der Oberfläche des mit Laserlicht ausgeleuchteten Objektes auf. Eine Recherche ergab den Begriff Speckle für diesen Lichteffect. Beim Betrachten sowie bei der holografischen Belichtung stört dieses körnige Lichtphänomen auf der Oberfläche sehr.

Erst bei genauerer Analyse stellt man fest, dass diese Speckle ein Interferenzmuster sind, das direkt von der Oberflächenstruktur des mit kohärentem Laserlicht beleuchteten Objektes abhängt. Dieses Projekt hat das Prinzip hinter den Specklen sowie die Parameter, die die Speckle beeinflussen, beleuchtet.

Da die Speckle von der beleuchteten Oberfläche abhängen, wurde die messtechnische Anwendung für 2D-Verschiebungen und 3D-Verformungen einer Oberfläche mithilfe des Specklemusters untersucht. Die Digitalisierung mit einer Kamera sowie die mathematische Auswertung und Verarbeitung der Specklemuster hat dabei die Auswertung unterstützt.

## NORDRHEIN-WESTFALEN



**Thema:** Pixel Bead Builder – Fotos automatisch aus Bügelperlen nachbauen  
**Preisträger\*in:** **Julian Lysiak** (18), **Simon Kluwe** (17)  
**Schule:** Gymnasium Essen-Werden, Essen  
**Preisvergabe:** Thomas Monsau, DGZfP-Vertreter, Düsseldorf

**Kurzfassung.** Ziel des Projektes ist es, ein Gerät zu bauen, das beliebige digital vorliegende Bilder mit handelsüblichen Bügelperlen nachbaut.

Einerseits wird hierzu eine Software entwickelt, die ein digitales Bild in ein passendes Raster umwandelt und pro Zelle passende Bügelperlenfarben auswählt.

Andererseits wird hierzu eine Konstruktion realisiert, die gemischte Bügelperlen nach Farbe identifiziert, passend ausrichtet und automatisch an die richtige Position auf einem handelsüblichen Bügelperlenfeld transportiert und absetzt.

## RHEINLAND-PFALZ



**Thema:** Analyse und Vergleich verschiedener 3D-Druck-Kunststoffe mithilfe eigener Testmethoden  
**Preisträger\*in:** **Jan Wegener** (19)  
**Schule:** Gauß-Gymnasium Worms  
**Preisvergabe:** Gerald Scheibel, ROSEN Germany GmbH, Frankenthal

**Kurzfassung.** Bei der Herstellung von Bauteilen und Prototypen mit 3D-Druckern stellte ich mir oft die Frage, welcher Kunststoff für welche Anwendung am besten geeignet sei.

Des Weiteren wollte ich herausfinden, ob es wesentliche Unterschiede zwischen recycelten und herkömmlich hergestellten PETG-Filamenten gibt. Hierfür habe ich eigene Werkstoffprüfmaschinen konstruiert, um die Kunststoffe auf Stabilität, Zugfestigkeit, Biegsamkeit, Temperaturbeständigkeit und Druckqualität zu überprüfen. Die hierbei gesammelten Daten können dann – nach einer entsprechenden Verarbeitung – untereinander verglichen werden und bei der Entscheidung für das passende Material helfen.

Weiterführend lassen sich außerdem verschiedene Druckverfahren und Einstellungen, wie die Schichthöhe, das Füllmuster oder die Druckgeschwindigkeit, mithilfe dieser Testgeräte vergleichen und optimieren. Dies kann zur Optimierung von Druckprozessen genutzt werden.

## SAARLAND



**Thema:** Interpretation neuronaler Netze im Bereich der Bildklassifizierung  
**Preisträger\*in:** **Bennet Meyer** (20)  
**Schule:** Universität des Saarlandes, Saarbrücken  
**Preisvergabe:** Dr. Michael Maisl, Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

**Kurzfassung.** In den letzten Jahren haben Deep-Learning-Systeme in vielen Bereichen verstärkt an Bedeutung gewonnen. Besonders im Bereich der Bildklassifizierung konnten erhebliche Fortschritte erzielt werden. Die Entscheidungsprozesse gelten aufgrund ihrer mangelhaften Transparenz als Black-Box-Vorgänge. Folglich besteht die Gefahr, dass intelligente Systeme ungerechte, unzuverlässige und vorurteilshafte Entscheidungen treffen könnten. Besonders im Bereich der Medizin, wie zum Beispiel in der bildgebenden Diagnostik, ist eine verantwortungsvolle und transparente Verwendung notwendig. In diesem Projekt habe ich eine Interpretationstechnik für neuronale Netze im Bereich der Bildklassifizierung entwickelt, die allgemeine „Vorstellungen“ des Netzes von den jeweiligen Klassen ermittelt und Analysen unabhängig von den verwendeten Daten ermöglicht. Auf diese Weise können Entscheidungskriterien, Schwachstellen und „Vorurteile“ trainierter neuronaler Netze unabhängig von den verwendeten Daten erkannt werden.

## SACHSEN



Thema: Untersuchung von Flüssigmetallströmungen mit kontaktloser induktiver Strömungstomographie  
 Preisträger\*in: **Katharina Gudat** (18)  
 Schule: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden  
 Preisvergabe: Saskia Schnasse  
 Landeswettbewerbsleiterin Sachsen

**Kurzfassung.** Damit bei der Herstellung von Stahl keine Unregelmäßigkeiten auftreten, ist die Strömungsstruktur des flüssigen Stahls von großem Interesse. Bisher existiert noch kein Messverfahren, das die Strömung im heißen und chemisch aggressiven Stahl messen kann. In meinem Projekt habe ich an der Entwicklung einer solchen Messmethode mitgewirkt. Die kontaktlose induktive Strömungstomographie (CIFT) beruht auf dem Phänomen der elektromagnetischen Induktion: von außen wird ein Magnetfeld an ein mit flüssigem, elektrisch leitfähigem Metall gefülltes Gefäß angelegt. Die Strömung des Metalls induziert dann elektrische Ströme, die wiederum Sekundärmagnetfelder erzeugen. Die Messung dieser extrem kleiner Sekundärmagnetfelder erlaubt schließlich eine Rekonstruktion der Strömung. Damit eine 3D-Rekonstruktion mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann, habe ich mich mit der Implementierung einer Zwei-Feld-Methode beschäftigt und zwei orthogonale Anregungsmagnetfelder alternieren lassen. Dieser Schritt in der Entwicklung der Messmethode erlaubt es, auch hochkomplexe, turbulente Strömungen präzise zu vermessen und so nicht nur in der Grundlagenforschung neue Erkenntnisse zu gewinnen, sondern auch im Stahlwerk Produktionsfehler zu vermeiden.

## SACHSEN-ANHALT



Thema: Musikalische Frequenzanalyse – eine App zur Bestimmung von Musikdaten  
 Preisträger\*in: **Felix Neuber** (13)  
 Schule: Georg-Cantor-Gymnasium, Halle (Saale)  
 Preisvergabe: Anke Bachran  
 Landeswettbewerbsleiterin Sachsen-Anhalt

**Kurzfassung.** Musik liegt in der Luft – aber wie können wir sie messen? Das habe ich in meiner Schüler-experimentieren-Arbeit erforscht, indem ich eine App entwickelt habe, die Musiknoten erkennt. Dazu habe ich die Programmierumgebung des MIT App Inventors genutzt. Ich informierte mich über den Zusammenhang von Frequenzen und Tönen und probierte selber mit einer eigens entwickelten Testapp das Verhalten der Frequenzmessung an vielen unterschiedlichen Instrumenten aus. Ich erfuhr, dass die Frequenzen der Töne mit einer Formel berechnet werden können und programmierte damit einen Algorithmus zur Tonerkennung. Meine fertige App misst Frequenzen und berechnet daraus den Namen der Musiknote und kann Melodien speichern. So ist es z.B. möglich mit meiner App Instrumente zu erlernen, bei denen die Töne nicht eindeutig ohne Vorwissen zuzuordnen sind, wie das Spielen mit einer Mundharmonika.

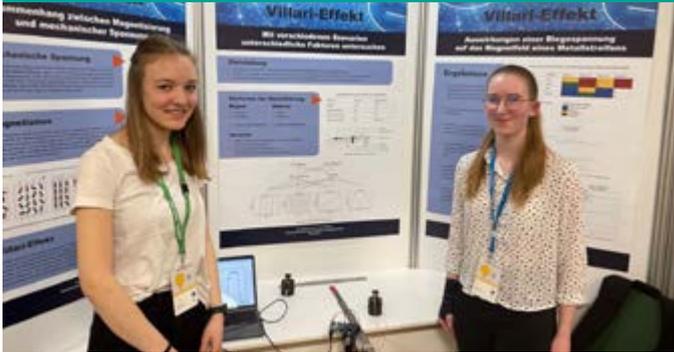
## SCHLESWIG-HOLSTEIN



Thema: Temperatur und Kefirhefen  
 Preisträger\*in: **Enes Atasoy** (19), **Reyyan Güzide Tagman** (19), **Sebnem Kilickaya** (18)  
 Schule: Istanbul Ereğ Lisesi, Istanbul, Türkei  
 Preisvergabe: Werner Lange  
 Landeswettbewerbsleiter Schleswig-Holstein

**Kurzfassung.** Unsere Fragestellung ist, welche Temperatur die optimale für die Vermehrung der Kefirhefen ist. Die optimale Temperatur der Produktion des Kefirgetränks liegt bei 37 Grad. Deswegen besagt unsere Hypothese, dass die Kefirhefe sich bei 37 Grad am effizientesten vermehrt. Wir wollen auch untersuchen, welchen Einfluss Änderungen der Temperatur auf das Wachstum der Kefirhefen haben. Ziel ist dabei, eine mathematische Beschreibung für die Temperaturabhängigkeit der Vermehrung der Hefen zu finden. Wir werden die Kefirherstellung unter unterschiedlichen Temperaturen beobachten und die während der Herstellung vermehrten Kefirhefen wiegen. Dafür haben wir unterschiedliche Methoden. Durch Vorversuche wird ein Messverfahren für die Zunahme der Kefirhefe gefunden. Wir werden dieses Experiment mehrmals für die gleiche Temperatur durchführen, sodass wir unsere Ergebnisse für eine bestimmte Temperatur vergleichen können.

THÜRINGEN



**Thema:** Der Villari-Effekt – Analyse mechanischer Spannungen in magnetisierbaren Metallen mittels inverser Magnetostriktion

**Preisträger\*in:** **Greta Felsberg (17), Larissa Hühn (17)**

**Schule:** Spezialschule des Albert-Schweitzer-Gymnasiums Erfurt

**Preisvergabe:** Prof. Dr. Lothar Spieß  
Technische Universität, Ilmenau

Am 31.03.2023 fand der Landeswettbewerb „Jugend forscht“ des Freistaates Thüringen zum 33. Mal statt. Der Wettbewerb wurde wieder in Präsenz, aber kompakter an einem Tag im Volkshaus Jena durchgeführt. Die Jenoptik AG und die Thüringer STIFT waren wieder Pate des Wettbewerbs. Insgesamt wurden 69 Projekte, davon 37 Projekte bei Jugend forscht und 32 Projekte bei Schüler experimentieren, hervorgegangen aus den 7 Regionalwettbewerben in Thüringen, vorgestellt. Die Teilnehmenden am Wettbewerb Jugend forscht bewarben sich in den Fachgebieten Arbeitswelt, Biologie, Chemie, Geo- und Raumwissenschaften, Mathematik/Informatik, Physik und Technik um ein Ticket für das Bundesfinale in Bremen, sowie um die zahlreichen Sonderpreise verschiedener Organisatio-

nen. Auch in diesem Jahr wurde der Sonderpreis der DGZfP an eine Arbeit verliehen, welche für die Zerstörungsfreie Prüfung von Interesse ist. Die Arbeit der Schülerinnen Larissa Hühn und Greta-Sophie Felsberg vom Albert-Schweitzer-Gymnasium Erfurt im Themenfeld Physik hat mich überzeugt.

Ziel der preiswürdigen Arbeit war es, mechanische Spannung im Zusammenhang mit dem Magnetfeld von unterschiedlich magnetisierbaren Metallen zu untersuchen. Die inverse Magnetostriktion, der Villari-Effekt, wurde im Rahmen dieser Arbeit ausführlich und mit großem experimentellem Geschick untersucht. Die Schülerinnen bauten hier mit einem Kleincomputer Arduino und einem Magnetfeldsensor und mit Phyton-Programmen ein äußerst kostengünstiges, aber anschauliches und leistungsfähiges Messsystem (ca. 30 € Hardwareinsatz) auf. Sie verwendeten Bau- und austenischen Edelstahl, den sie mittels eines Permanentmagneten zusätzlich beeinflussten. Mit dem Messaufbau und der automatisierten Messwertaufnahme konnten die zeitliche Komponente, sowie der Einfluss der mechanischen Belastung über die Magneteigenschaften betrachtet werden. Dies ist eine Vorgehensweise, wie sie auch großtechnisch bei dem 3M-Verfahren zum Einsatz kommt, aber hier wesentlich kostengünstiger. Diese Arbeit wurde von der Jury der 2. Platz im Landeswettbewerb im Fachgebiet Physik zugeordnet.

Gleichzeitig fand der Landeswettbewerb „Schüler experimentieren“ in der Altersklasse bis 14 Jahre statt. Hier wurde eine Einzelarbeit der Schülerin Rebacca Heß (12 Jahre) vom Schüler- Forschungs-Zentrum in Rudolstadt zum Thema „Eines der ältesten Geheimnisse des Thüringer Waldes – Schneekopfkugeln“ zuerkannt. Die Schülerin hat hier die Dichtebestimmung sehr erfolgreich angewendet, um eine Vorhersage zu treffen, ist eine Schneekopfkugel hohl oder gefüllt. Diese Arbeit wurde auch von der Jury im Fach Geo- und Raumwissenschaften mit dem 1. Preis geehrt.

Bericht: Lothar Spieß

Bei den Landeswettbewerben Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern wurde im Jahr 2023 kein DGZfP-Sonderpreis vergeben.

BUNDESWETTBEWERB



**Thema:** Interpretation neuronaler Netze im Bereich der Bildklassifizierung

**Preisträger\*in:** **Bennet Meyer (20)**

**Schule:** Universität des Saarlandes, Saarbrücken

**Preisvergabe:** Dr. Thomas Wenzel  
DGZfP e.V., Berlin

**Kurzfassung.** In den letzten Jahren haben Deep-Learning-Systeme in vielen Bereichen verstärkt an Bedeutung gewonnen. Besonders im Bereich der Bildklassifizierung konnten erhebliche Fortschritte erzielt werden. Die Entscheidungsprozesse gelten aufgrund ihrer mangelhaften Transparenz als Black-Box-Vorgänge. Folglich besteht die Gefahr, dass intelligente Systeme ungerechte, unzuverlässige und vorurteilshafte Entscheidungen treffen könnten. Besonders im Bereich der Medizin, wie zum Beispiel in der bildgebenden Diagnostik, ist eine verantwortungsvolle und transparente Verwendung notwendig. In diesem Projekt habe ich eine Interpretationstechnik für neuronale Netze im Bereich der Bildklassifizierung entwickelt, die allgemeine „Vorstellungen“ des Netzes von den jeweiligen Klassen ermittelt und Analysen unabhängig von den verwendeten Daten ermöglicht. Auf diese Weise können Entscheidungskriterien, Schwachstellen und „Vorurteile“ trainierter neuronaler Netze unabhängig von den verwendete Daten erkannt werden.

PROVEN HEROES.  
PERSONALQUALIFIZIERUNG  
UND -ZERTIFIZIERUNG.  
WELTWEIT.



Ihr Partner für  
**PERSONAL-  
QUALIFIZIERUNG**

**BESSER GUT GESCHULT.**

VECTOR TUB GmbH, Hattingen		
	SCHULUNG	PRÜFUNG
RT Stufe 1	09.10. – 19.10.23	20.10.23
RT Stufe 2	06.11. – 23.11.23	24.11.23
ET Stufe 1	27.11. – 05.12.23	06.12.23
PT Stufe 1+2	27.11. – 01.12.23	02.12.23

VECTOR München GmbH, München		
	SCHULUNG	PRÜFUNG
Filmauswerter (Film + Digital), Upgrade zu kombinierter Zertifizierung möglich	18.10. – 26.10.23	27.10.23
Kombi- Erneuerung MT, PT, VT Stufe 2	30.10.23	30.10.23
VT Stufe 3	27.11. – 30.11.23	01.12.23

**FLY-IN  
FLY-OUT**

Schneller geht's nicht!

**Erneuerung**  
an einem halben Tag.

Weitere Termine auf  
unseren Websites

[www.vector-ndt-training.com](http://www.vector-ndt-training.com)  
[www.vector-muenchen.de](http://www.vector-muenchen.de)



### Vorstellung der operativen und strategischen Projekte

In Ausgabe Nr. 183 der ZfP-Zeitung (Februar 2023) berichteten wir über die operativen und strategischen Projekte der DGZfP. In den kommenden Ausgaben informieren wir Sie über einzelne Projekte und deren Status.

## AGIDA – Die DGZfP als attraktiver Arbeitgeber

Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind die Grundlage für unseren Erfolg. Mit diesem Wissen ist die DGZfP schon seit vielen Jahren bestrebt, ein guter, verllässlicher und sozialer Arbeitgeber zu sein. Aktuell verändern ein zunehmender Fachkräftemangel, Digitalisierung und ein Wertewandel die Arbeitswelt und die Anforderungen an einen modernen Arbeitgeber.

Umso wichtiger ist es, die Kolleginnen und Kollegen, die bereits „an Bord“ sind, möglichst lang an uns zu binden und neue qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu gewinnen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss sich die DGZfP nach innen und nach außen als attraktiver Arbeitgeber präsentieren.

Mit dem Projekt AGIDA („Arbeitgeberidentität DGZfP“) wollen wir eine ehrliche Bestandsaufnahme der Arbeitgeberattraktivität von DGZfP e.V. und DGZfP Ausbildung und Training GmbH durchführen. Ziel ist es, gemeinsame Werte zu identifizieren und ein authentisches Profil des Arbeitgebers DGZfP zu entwickeln.

Mit einer zielgruppenorientierten Kommunikationsstrategie und einer neuen Karrierewebsite soll zukünftig bei potenziellen Bewerberinnen und Bewerbern mehr Aufmerksamkeit erzielt, die Bewerberpassung verbessert und die Stellenbesetzung beschleunigt werden.

Nicht zuletzt soll das Projekt aber auch Anlass sein, die Arbeitgeberattraktivität kontinuierlich zu verbessern und die Zufriedenheit und Mitarbeiterbindung dauerhaft zu erhöhen.

Wo sind wir bereits gut? Wo müssen wir besser werden? Was müssen wir in Zukunft anders machen? Am Anfang des Projekts steht



Abbildung 1: Die sieben Handlungsfelder der Arbeitgeberattraktivität

eine Bestandsaufnahme entlang der sieben Dimensionen der Arbeitgeberattraktivität. Zu diesem Zweck haben in der ersten Jahreshälfte Interviews mit Führungskräften und Mitarbeitenden vor Ort an allen Standorten stattgefunden.

Eine erste Auswertung der Bestandsaufnahme wurde Anfang Oktober zu den Mitarbeitertagen in Wittenberge vorgestellt und mit den Mitarbeitenden diskutiert. Im nächsten Schritt werden Maßnahmen entwickelt, um die Attraktivität des Arbeitgebers DGZfP aus Mitarbeitersicht weiter zu verbessern und nach außen überzeugend zu kommunizieren.

Marcel Hölterhoff



## KALIBRIERT VON PROFIS FÜR PROFIS

### Aus einer Hand: ZfP – UVA / Lux Kombimesegeräte und Kalibrierung

Sie sind Spezialist für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mittels fluoreszierenden Eindringprüfung (PT) oder Magnetpulverprüfung (MT). Wir sind Spezialist für präzise Messgeräte und perfekte Kalibrierung. Hierzu hat unser Lichtlabor die bisherige DAkkS Akkreditierung für Beleuchtungsstärke um die Bestrahlungsstärke UV-A 365 nm erweitert.



### GOSSEN Messgerät und Kalibrierung

In Verbindung mit der neuen Kombination aus MAVOMASTER und MAVOPROBE LUX/UVA liefert GOSSEN jetzt für diese Applikation das passende Messgerät und die Kalibrierung aus einer Hand.

MADE IN GERMANY

TESTEN SIE UNSERE PERFEKTION!

GOSSEN  
www.gossen-photo.de



**SCHWACHSTELLE ENTDECKT.**



**PROJEKT ABGESICHERT.**



**NON-DESTRUCTIVE TESTING  
DER WELTWEITEN NR. 1.**

## **SGS – LEISTUNG UND INNOVATION**

### **KONTAKTIEREN SIE UNS:**

SGS Germany GmbH, SGS Gottfeld Industrial Services  
Baukauer Straße 98, D-44653 Herne, t +49 2323 9265 - 0, f +49 2323 9265 -111  
[de.int.gottfeld@sgs.com](mailto:de.int.gottfeld@sgs.com), [www.sgsgroup.de](http://www.sgsgroup.de)

### **AUF DEM WEG ZU NEUEN PERSPEKTIVEN?**

Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Ihre Bewerbung:  
[de.bewerbung.ind@sgs.com](mailto:de.bewerbung.ind@sgs.com), t +49 2323 9265 - 103

**DIE SGS-GRUPPE IST DAS WELTWEIT FÜHRENDE UNTERNEHMEN IN DEN BEREICHEN PRÜFEN, TESTEN, VERIFIZIEREN UND ZERTIFIZIEREN. DER SGS-TÜV SAAR ALS JOINT VENTURE VON SGS UND TÜV SAARLAND E. V. SICHERT ZUVERLÄSSIGKEIT UND QUALITÄT VON PROZESSEN, PRODUKTEN UND TECHNISCHEN DIENSTLEISTUNGEN.**



# Ihr persönlicher Ansprechpartner im Südwesten Deutschlands – im DGZfP-Ausbildungszentrum Reutlingen

## Im Gespräch mit Michael Schmidt, Regionalleiter AZR

Das neue DGZfP-Ausbildungszentrum in Reutlingen (AZR) steht in den Startlöchern. Am 13. November starten die ersten Schulungen im Südwesten Deutschlands. Im Gespräch mit unserem neuen Regionalleiter Michael Schmidt erfahren wir, welche Chancen der neue Standort bereithält und welche Schwerpunkte dort gesetzt werden.

### Welche Schulungen werden im AZR angeboten?

Vorwiegend werden wir Schulungen in den Verfahren Magnetpulverprüfung (MT), Eindringprüfung (PT), Sichtprüfung (VT), Ultraschallprüfung (UT) und Thermographie (TT) in den Stufen 1 und 2 sowie Strahlenschutzkurse anbieten. Weitere Schulungen sind auf Anfrage möglich. Wir schätzen die Nähe zu unseren Kundinnen und Kunden und sind immer bemüht, das richtige Angebot bereitzustellen; so können auch maßgeschneiderte Inhouse-Schulungen geplant und realisiert werden.

Während der Pausen haben die Teilnehmenden die Möglichkeit, sich individuell im benachbarten Betriebsrestaurant zu stärken.



*Für das leibliche Wohl sorgt das moderne Betriebsrestaurant in unmittelbarer Nähe.*

### Welche Chancen bietet der neue Standort?

Die zentrale Lage zwischen unseren Ausbildungszentren im Westen und Südosten Deutschlands bietet die Möglichkeit, noch besser und schneller als Ansprechpartner agieren zu können. Wir arbeiten problemoffen und lösungsorientiert. Gemeinsam analysieren wir den Ist-Zustand und finden die beste Lösung.

Außerdem bieten wir hier eine Plattform für ein hervorragendes Netzwerk und können durch den direkten Kontakt zu Industrie und Dienstleistungsunternehmen die Wahrnehmung der Zerstörungsfreien Prüfung weiter verbessern.



### Was stellen Sie sich zukünftig im AZR vor?

Mit einer Vielzahl an Know-How-Trägern aus Industrie und Forschung in der näheren Umgebung wollen wir unser Netzwerk vergrößern und stärken. Als Anlaufstelle für alle Anliegen rund um die ZfP können wir das Wissen und die Expertise unserer Kundinnen und Kunden multiplizieren und transferieren. Hier heißt es: Kontakt aufnehmen und gemeinsam herausfinden, welche Möglichkeiten der Zusammenarbeit bestehen und sinnvoll sind. Das ist eine große Chance, die ZfP auch in anderen Bereichen bekannter zu machen.

### Das klingt nach viel Arbeit. Wie laden Sie Ihre Akkus wieder auf?

Mit meiner Frau und den Kindern verbringen wir im Sommer viel Zeit am Wasser und im Winter in den Bergen. Unser Garten ist auch immer ein zentraler Anlaufpunkt für Entspannung und den notwendigen Ausgleich.

### Danke für das Gespräch.

Anja Schmidt

### DGZfP-Ausbildungszentrum Reutlingen

In Laisen 65 | 72766 Reutlingen

Telefon: +49 7121 9943089 | E-Mail: [azr@dgzfp.de](mailto:azr@dgzfp.de)



# F-GZP



# QUALITÄT SCHAFFT SICHERHEIT

Die F-GZP ist die Fachgesellschaft der akkreditierten ZfP-Prüfstellen und das Exzellenzgremium der Prüfdienstleister innerhalb der DGZfP. Wir verstehen uns als Interessensgemeinschaft, Servicegemeinschaft und Wertegemeinschaft für unsere Mitglieder.

## Fachgesellschaft akkreditierter ZfP-Prüfstellen der DGZfP



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.

Fordern Sie bitte kostenloses Informationsmaterial an:

Geschäftsstelle F-GZP/DGZfP

Max-Planck-Straße 6 | 12489 Berlin | Tel.: 030 67807-0 | Fax: 030 67807-109 | E-Mail: [mail@dgzfp.de](mailto:mail@dgzfp.de)

**Jetzt beitreten und von den gemeinsamen Vorteilen profitieren!**

[www.f-gzp.de](http://www.f-gzp.de)

## ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufen 1 und 2



Termine von Oktober 2023 bis März 2024 für die Qualifizierung und Zertifizierung gemäß EN ISO 9712, EN 4179 & NAS 410.  
Es sind die – auf den Webseiten der ÖGfZP veröffentlichten – neuen Anmeldeformulare zu verwenden.

### Ausbildungsstellen und Prüfungszentren der Stufen 1 und 2:

voestalpine Linz – T: +43 5030415-76306 | -77306  
gbd-Zert Dornbirn – T: +43 5572 23568  
ARGE TPA-KKS & TÜV Austria Akademie – T: +43 1 616 38 99-172

### Qualifizierungsstufe 1:

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
TT1	10.10. – 16.10.2023	17.10.2023		VOEST/Linz
UT1	06.11. – 17.11.2023			
UT1 Praktikum	20.11. – 22.11.2023	23.11. – 24.11.2023		VOEST/Linz
RT 1	08.01. – 18.01.2024	22.01. – 23.01.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1	29.01. – 31.01.2024	12.02. – 13.02.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1	01.02. – 05.02.2024	12.02. – 13.02.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
MT1	06.02. – 09.02.2024	12.02. – 13.02.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
UT1	29.01. – 09.02.2024			
UT1 Praktikum	12.02. – 14.02.2024	15.02. – 16.02.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT 1	12.02. – 14.02.2024	26.02. – 27.02.2024	28.02. – 29.02.2024	VOEST/Linz
MT1	15.02. – 20.02.2024	26.02. – 27.02.2024	28.02. – 29.02.2024	VOEST/Linz
PT 1	21.02. – 23.02.2024	26.02. – 27.02.2024	28.02. – 29.02.2024	VOEST/Linz

### Kombikurse (Qualifizierungsstufe 1 und 2):

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
VT1/2	16.10. – 20.10.2023	23.10.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
MT1/2 <sup>1)</sup>	06.11. – 10.11.2023	11.11.2023		gbd/Dornbirn
PT1/2	06.11. – 10.11.2023	13.11. – 14.11.2023		VOEST/Linz
MT1/2	06.11. – 14.11.2023	15.11.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1/2	13.11. – 17.11.2023	18.11.2023		gbd/Dornbirn
VT1/2	20.11. – 24.11.2023	04.12. – 05.12.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	27.11. – 01.12.2023	04.12. – 05.12.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1/2	27.11. – 01.12.2023	04.12.2023		VOEST   WIFI-Graz
VT1/2	11.12. – 15.12.2023	18.12.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1/2	08.01. – 12.01.2024	15.01. – 16.01.2024		VOEST/Linz
VT1/2	15.01. – 19.01.2024	20.01.2024		gbd/Dornbirn
VT1/2	08.01. – 12.01.2024	22.01. – 23.01.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	15.01. – 19.01.2024	22.01. – 23.01.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
MT1/2 <sup>1)</sup>	22.01. – 26.01.2024	27.01.2024		gbd/Dornbirn
PT1/2	12.02. – 16.02.2024	17.02.2024		gbd/Dornbirn
VT1/2	26.02. – 01.03.2024	11.03. – 12.03.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	04.03. – 08.03.2024	11.03. – 12.03.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	11.03. – 15.03.2024	18.03. – 19.03.2024		VOEST/Linz
MT1/2	18.03. – 26.03.2024	27.03.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien

<sup>1)</sup> Lernformat: Blended Learning

### Qualifizierungsstufe 2:

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
RT-FI	02.10. – 11.10.2023	12.10.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
RT2	06.11. – 17.11.2023	20.11. – 21.11.2023		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
UT2	05.02. – 16.02.2024			
UT2 Praktikum	19.02. – 21.02.2024	22.02. – 23.02.2024		VOEST/Linz

**Qualifizierungsstufe 2:**

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
UT2	18.03. – 29.03.2024			
UT2 Praktikum	02.04. – 04.04.2024	08.04. – 09.04.2024		TPA-KKS/TÜV-A/Wien

**Termine für Erneuerungs- und Requalifizierungsprüfungen:**

Vorbereitungskurs	Requalifizierungsprüfung	Veranstalter/Ort
16.10. – 17.10.2023	18.10. – 19.10.2023	VOEST/Kindberg
06.11. – 07.11.2023	08.11. – 09.11.2023	VOEST/Kindberg
12.12. – 13.12.2023	14.12. – 15.12.2023	VOEST/Linz
18.12. – 20.12.2023	21.12. – 22.12.2023	TPA-KKS/TÜV-A/Wien
15.01. – 16.01.2024	17.01. – 18.01.2024	VOEST/Linz
19.02. – 21.02.2024	22.02. – 23.02.2024	TPA-KKS/TÜV-A/Wien
25.03. – 26.03.2024	27.03. – 28.03.2024	VOEST/Linz

**ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufe 3****ARGE QS 3 – AUSBILDUNG – Ausbildungsstelle der Stufe 3:**

Ausbildung (Mittli GmbH & CO KG – TPA-KKS GmbH – TÜV Austria Akademie)

Termine 2023 & 2024 für die Qualifizierung und Zertifizierung gemäß EN ISO 9712 sowie EN 4179 und NAS 410.

Anmeldungen und Informationen an: [office@argeqs3-ausbildung.at](mailto:office@argeqs3-ausbildung.at) | Fr. Vivien Deli, T: +43 664 88462359, E: [office@argeqs3-ausbildung.at](mailto:office@argeqs3-ausbildung.at)

Verfahren	Termin	Prüfung	Ort
UT3	15.10. – 19.10.2023	20.10.2023	Puchberg/Schneeberghof
MT3	abgesagt		
PT&VT3	10.03. – 14.03.2024	15.03.2024	Puchberg/Schneeberghof
MT3	15.04. – 18.04.2024	19.04.2024	Puchberg/Schneeberghof
GLS	23.09. – 27.09.2024 & 30.09. – 02.10.2024	03.10.2024	Puchberg/Schneeberghof
RT3	13.10. – 17.10.2024	18.01.2024	Puchberg/Schneeberghof
UT3	03.11. – 07.11.2024	08.11.2024	Puchberg/Schneeberghof

**Rezertifizierungstermine:**

Verfahren	Vorbereitung	Prüfung	Ort
Alle Stufe 3	13.03. – 14.03.2024	15.03.2024	Puchberg/Schneeberghof
Alle Stufe 3	16.10. – 17.10.2024	18.10.2024	Puchberg/Schneeberghof

In den Seminaren werden Spezifikationen in englischer Fassung behandelt. Dazu werden die erforderlichen Grundkenntnisse in Englisch vorausgesetzt!

Requalifizierungs- und Wiederholungsprüfungen ohne Vorbereitung können immer am Prüfungstag der Seminare abgelegt werden.

**gbd – Zert Dornbirn:**

Termine von Oktober 2023 bis März 2024 für die Qualifizierung und Zertifizierung gemäß EN ISO 9712.

Anmeldungen und Informationen an: [thomas.duer@gbd.group](mailto:thomas.duer@gbd.group) | [michael.ludescher@gbd.group](mailto:michael.ludescher@gbd.group)

Verfahren	Termin	Prüfung	Ort
GLS	09.10. – 20.10.2023	21.10.2023	Dornbirn
GLS Blended Learning <sup>1)</sup>	11.10. – 20.10.2023	21.10.2023	Dornbirn
MT3	26.02. – 29.02.2024	01.03.2024	Dornbirn
VT3	04.03. – 06.03.2024	07.03.2024	Dornbirn
PT3	11.03. – 13.03.2024	14.03.2024	Dornbirn

<sup>1)</sup> Zugangsvoraussetzungen müssen erfüllt werden

## Kurs- und Prüfungsprogramm der SGZP 2023



Schulungsstätte gbd NDT AG, Franz Burckhardt-Strasse 11, 8404 Winterthur

Kurs	Datum	Prüfung
VT 1 & 2	06.11. – 10.11.2023	14.11.2023
UT 2	23.10. – 03.11.2023	27.11.2023
UT R (Bahn)	04.12. – 08.12.2023	Prüfungsdatum wird während des Kurses fixiert
MT 1	20.11. – 23.11.2023	28.11.2023
ET 1 oder ET 2	13.09. – 22.09.2023	06.10.2023 (Übungstag 05.10.2023)

ÜBERSICHT ÜBER DIE REZERTIFIZIERUNGSTERMINE <sup>1)</sup>

	1. Rezertifizierungswoche Kalenderwoche 26	2. Rezertifizierungswoche Kalenderwoche 50
PT, MT	26.06.2023	11.12.2023
PT-, MT- Prüfung	27.06.2023	12.12.2023
VT	28.06.2023	13.12.2023
UT, ET	29.06.2023	14.12.2023
VT-, UT-, ET-Prüfung	30.06.2023	15.12.2023

<sup>1)</sup> Anmeldungen **immer** über das Sekretariat der SGZP: SGZP, Schweiz. Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung, 8600 Dübendorf  
(Anmerkung: Adresse immer ohne weitere Zusätze und genauso verwenden, wie oben aufgeführt)

Schulungsstätte Schweizerischer Verein für Schweisstechnik, SVS, Basel / Dagmersellen / Rheineck / Vuflens-la-Ville / Bellinzona

Kurs	Datum	Prüfung	Repetitionstag
RT 1	23.10. – 03.11.2023	30.11.2023	29.11.2023
VT 1&2 w, (d), Kursort Basel	20.11. – 22.11.2023	24.11.2023	23.11.2023
VT 1&2 w, (f), Kursort Vuflens-la-Ville	23.10. – 25.10.2023	27.10.2023	26.10.2023

Schulungsstätte IMITec GmbH, Meilen

Kurs	Datum	Prüfung
ET 2 (EN 4179)	23.10. – 26.10.2023	27.10.2023
ET Requalifikation (EN 4179)	25.10. – 26.10.2023	27.10.2023
UT 2 (EN 4179)	13.11. – 16.11.2023	17.11.2023
UT Requalifikation (EN 4179)	15.11. – 16.11.2023	17.11.2023
RT 2 Film (EN 4179)	30.10. – 02.11.2023	03.11.2023
RT Film Requalifikation (EN 4179)	01.11. – 02.11.2023	03.11.2023
MT 2 (EN 4179)	21.11. – 23.11.2023	24.11.2023
MT Requalifikation (EN 4179)	22.11. – 23.11.2023	24.11.2023

Schulungsstätte IMITec GmbH, Meilen

Kurs	Datum	Prüfung
PT 1 (EN 4179)	05.12 – 07.12.2023	08.12.2023
PT 2 (EN 4179)	12.12. – 14.12.2023	15.12.2023
PT Requalifikation (EN 4179)	13.12 - 14.12.2023	15.12.2023
Basic Level 3 EN 4179	07.11. – 09.11.2023	10.11.2023
NDT Digitalisierung	23.11. – 24.11.2023	
Human Factor for NDT Personnel	10.11.2023	

## Schulungsstätte Quality Control SA, 1072 Forel et/ ou dans votre entreprise avec vos équipements

Cours	Dates	Examens
PT, MT, ET, UT, RT tous niveaux et basic L3 (EN 4179 et NAS 410)	sur demande, à votre convenance	sur demande, à votre convenance

Cours	Niveaux	Dates cours	Dates examens
PT	L1, L2, L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
MT	L1, L2, L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
ET	L1, L2, L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
UT	L1, L2, L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
RT	L1, L2, L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
Basique	L3	Dates à votre convenance	Dates à votre convenance
NDT for Projects and Quality Managers	NA	Dates à votre convenance	NA

Langues des cours: Français et/ou anglais

Strahlenschutzkurse bei der SUVA; [www.suva.ch/strahlenschutzkurse](http://www.suva.ch/strahlenschutzkurse)

Kurs	Datum/Ort
Grundkurs SPW (deutsch) SPG/SPZ (französisch)	<a href="http://www.suva.ch/strahlenschutzkurse">www.suva.ch/strahlenschutzkurse</a>
Fortbildungskurs SPB	<a href="http://www.suva.ch/strahlenschutzkurse">www.suva.ch/strahlenschutzkurse</a>
Transportkurs SDR/ADR SPC	<a href="http://www.suva.ch/strahlenschutzkurse">www.suva.ch/strahlenschutzkurse</a>
Handgehaltene Röntgenanlagen SPX	<a href="http://www.suva.ch/strahlenschutzkurse">www.suva.ch/strahlenschutzkurse</a>

Infos für französische und italienische Strahlenschutzkurse:

[www.suva.ch/cours-radioprotection](http://www.suva.ch/cours-radioprotection) bzw. [www.suva.ch/corsi-radioprotezione](http://www.suva.ch/corsi-radioprotezione)

# DIGITALE RADIOGRAPHIESYSTEME

## DAS BESTE AUS ZWEI TECHNOLOGIEN FÜR JEDEN EINSATZZWECK

### SPEICHERFOLIENSCANNER

HD-CR 35 NDT / CR 35 NDT



### D-Tect X



### FLACHDETEKTOREN

DRC 1024 NDT / DRC 2430 NDT / DRC 3643 NDT



Egal ob sie sich für ein CR-System mit flexiblen Speicherfolien oder einen Flachdetektor mit schnellster Bildgebung entscheiden, oder die Vorteile beider Technologien kombinieren, die innovativen Systeme von DÜRR NDT bieten hohe Zuverlässigkeit und beste Bildqualität. Bei all Ihren Prüfaufgaben werden Sie durch unsere leistungsstarke Röntgeninspektionssoftware D-Tect X mit hilfreichen Werkzeugen bei Ihrer täglichen Arbeit unterstützt.

**Vereinbaren Sie jetzt einen Demotermin und überzeugen Sie sich selbst!**

Digital Intelligence - Ready to Change.

[www.duerr-ndt.de](http://www.duerr-ndt.de) / [info@duerr-ndt.de](mailto:info@duerr-ndt.de) / +49 7142 993810



## Ein Meilenstein für die ZfPBau Normgerechte Schulungen nach DIN 4871

In der Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) fanden vom 4. bis 9. September 2023 in Berlin erste Schulungen nach DIN 4871 in der ZfPBau Stufe 1 statt. 14 Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden in den Prüfaufgaben „Druckfestigkeitsnachweis“ (FC1) und „Bewehrungsnachweis“ (PR1) – sowohl in der Theorie als auch in der Praxis – geschult.

### Erwartungen und Motivation

Neben der intrinsischen Motivation der DGZfP, die Aus- und Weiterbildung der Zerstörungsfreien Prüfung zu fördern, waren insbesondere die Erwartungen der Teilnehmenden von großem Interesse. Im Fokus stand übergeordnet die Gewährleistung der Sicherheit von Infrastrukturbauwerken, unterstützend durch den bedarfsgerechten Einsatz von ZfPBau. Die Erwartungshaltung speziell an das Schulungskonzept beinhaltete die Einbindung von praxisrelevanten Übungen an repräsentativen Testkörpern, aufbauend auf der anschaulichen Vermittlung von theoretischem Wissen. So können mittelfristig vergleichbare und reproduzierbare Prüfergebnisse verstärkt dazu beitragen, die Qualität bei der Errichtung und Erhaltung der Infrastruktur zu sichern bzw. zu erhöhen.



Spanngliedortung mit Ultraschall an einem Stufenkörper



Druckfestigkeitsabschätzung mittels Laufzeitmessung

### Kooperation mit der HTW Berlin

Das Grundlagenmodul fand im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin statt. Neben den regulären Teilnehmenden nahmen auch viele Kolleginnen und Kollegen der DGZfP teil, um einen Überblick über die Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen zu erhalten und somit Interessierte optimal beraten zu können. Der erste Tag schloss mit einem gemütlichen Grillabend, bei dem ausreichend Gelegenheit war, sich gegenseitig kennenzulernen und eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen.

Für die Schulung der Prüfaufgabenmodule durften die Räumlichkeiten und Testkörper der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin genutzt werden. Durch die Vielzahl verschiedener Testkörper konnte die Praxis optimal in die Theorie eingebunden werden.

### Schulungskonzept nach DIN 4871

Die Alleinstellungsmerkmale im Vergleich zu den bisherigen Kursangeboten in der ZfPBau sind:

- erste Schulungen in der ZfPBau, welche die normativen Anforderungen erfüllen
- umfangreiche Wissenstests für eine optimale Prüfungsvorbereitung durch die Festigung der theoretischen Lehrinhalte
- eigenständige Bearbeitung von realistischen Prüfaufgaben mit Hilfe von effizienten Prüfanweisungen und etablierter Prüftechnik
- unabhängiger Kompetenznachweis sowohl durch eine theoretische als auch durch eine praktische Prüfung

Aus Sicht der etablierten ISO 9712-Schulungen sind Prüfanweisungen und unabhängige Kompetenznachweise selbstverständlich – für die ZfPBau jedoch innovative Werkzeuge zur Minimierung der Unsicherheit durch das ZfPBau-Prüfpersonal, um die Qualität der zerstörungsfreien Dienstleistungen in der Praxis signifikant zu erhöhen.

### Ausblick

Die nächsten Schulungen in den Prüfaufgaben „Druckfestigkeitsnachweis“ (FC) sowie „Bewehrungsnachweis“ (PR) sind sowohl für die ZfPBau Stufe 1 und die ZfPBau Stufe 2 für Februar/März 2024 geplant.

Dr. Sascha Feistkorn

Weitere Informationen finden Sie unter: [www.dgzfp.de/ZfPBau-Schulungen](http://www.dgzfp.de/ZfPBau-Schulungen)



Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Prüfaufgabenmodule FC1 und PR1 an der HTW Berlin



## Neues Schulungsprogramm erschienen

Aktuelle Informationen rund um die angebotenen ZfP-Verfahren finden Sie in unserem neuen Schulungsprogramm, die jeweiligen Termine können Sie online abrufen:

[www.dgzfp.de/Schulungen](http://www.dgzfp.de/Schulungen)

Unsere Schulungen und Qualifizierungsprüfungen nach DIN EN ISO 9712, DIN 54161, DIN EN 4179, DIN 4871 und den Fachkunde-Richtlinien Technik im Strahlenschutz bieten wir deutschlandweit in unseren Ausbildungszentren und auf Kundenwunsch auch gern als Inhouseschulung an.

Bei Fragen zu Schulungen und Qualifizierungsprüfungen wenden Sie sich gern jederzeit an unsere Schulungsabteilung:

Tel.: 030 67807-130 | E-Mail: [ausbildung@dgzfp.de](mailto:ausbildung@dgzfp.de)

## Inhouse-Schulungen

Sie wollen mehrere Mitarbeiter\*innen gleichzeitig in Ihrem Unternehmen an Ihren eigenen Geräten schulen? Gern besprechen wir Inhouse-Schulungen mit Ihnen und passen diese direkt Ihren Bedürfnissen an. Wir garantieren eine hohe Qualität durch erfahrene Dozent\*innen, kleine Arbeitsgruppen und Übungsstücke aus der Praxis.

### Schulungsabteilung

Tel.: +49 30 67807-130 | E-Mail: [ausbildung@dgzfp.de](mailto:ausbildung@dgzfp.de)

Für Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

## Ultraschallprüfung an faserverstärkten Konstruktionswerkstoffen (CFK – GFK)

Diese Schulung richtet sich an qualifiziertes Ultraschallprüfpersonal der Stufe 2, die faserverstärkte Konstruktionswerkstoffe prüfen, Prüfanweisungen erstellen und Prüfergebnisse beurteilen müssen. Faserverbundstoffe werden schon seit langem in der Formel 1 und Luftfahrt erfolgreich eingesetzt und erobern jetzt weitere Produktbereiche, in denen die Forderung nach einem leichten, aber festen Werkstoff besteht. Diese Aufbauschulung findet im Ausbildungszentrum München in Kooperation mit dem Carbon Composites e. V. statt.

Hinweis: Die Schulung (UT 2 Pp) ist nach DIN EN ISO 9712 zertifizierbar, wenn ein gültiges UT 2-Zertifikat von der DGZfP oder einer von der DGZfP anerkannten akkreditierten Zertifizierungsstelle vorliegt.

### Inhalte

Grundlagen der Empfindlichkeitsjustierung | Eigenschaften und Aufbau von Verbundwerkstoffen | Herstellung und Verarbeitung von faserverstärkten Konstruktionswerkstoffen | Empfindlichkeitsjustierung an CFK Bauteilen | Fehlerarten und Prüftechniken mit konventioneller und Phased Array Technik

Bei Interesse senden Sie bitte eine E-Mail an [ausbildung@dgzfp.de](mailto:ausbildung@dgzfp.de)



# KALIBRIERUNG

- ULTRASCHALL-PRÜFGERÄTE- & PRÜFKÖPFE DIN EN 22232-1 / 22232-2
- WIRBELSTROM-PRÜFGERÄTE EN ISO 15548-1

*Wir freuen uns  
auf Ihre Anfrage*



**HÜNEFELD**  
NON-DESTRUCTIVE TESTING





Figure 1: Overview of the great pyramid of Giza and its Chevron

## Discovery of the North Face Corridor in Khufu Pyramid last seen 4500 years ago using non-destructive techniques

Mohamed Elkarmoty<sup>1\*</sup>, Khalid Helal<sup>1</sup>, Mohamed Ali<sup>1</sup>, Mohamed Sholqamy<sup>1</sup>, Amr G. Hamza<sup>1</sup>, Johannes Rupfle<sup>2</sup>, Olga Popovych<sup>2</sup>, Benedikt Maier<sup>2</sup>, Alejandro Ramirez-Pinero<sup>2</sup>, Thomas Schumacher<sup>3</sup>, Sébastien Procureur<sup>4</sup>, Kunihiro Morishima<sup>5,7</sup>, Mehdi Tayoubi<sup>6,8</sup>, Christian U. Grosse<sup>2</sup>, Hany Helal<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>UNESCO Chair on Science and Technology for Cultural Heritage, Faculty of Engineering, Cairo University, Gamaa Street 1, Giza, 12613, Egypt;

<sup>2</sup>Chair of Non-destructive Testing, TUM School of Engineering and Design, Technical University of Munich, Franz-Langinger-Str. 10, Munich, 81245, Bavaria, Germany;

<sup>3</sup>Civil and Environmental Engineering, Portland State University, 1930 SW 4th Avenue, Portland, 97201, Oregon, USA;

<sup>4</sup>IRFU, CEA, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France;

<sup>5</sup>PRESTO, Japan Science and Technology Agency (JST), Saitama 332-0012, Japan;

<sup>6</sup>Heritage Innovation Preservation Institute (HIP Institute), 50 Rue de Rome, Paris, 75008, Île-de-France, France;

<sup>7</sup>Nagoya University, 1 Furo, Chikusa, Nagoya, Aichi, 464-8602, Japan;

<sup>8</sup>Dassault Systèmes, 10 Rue Marcel Dassault, 78140 Vélizy-Villacoublay, France

Contact: mohamed.elkarmoty@cu.edu.eg

**Abstract.** In 2017, ScanPyramids project ([www.scanpyramids.org](http://www.scanpyramids.org)) published a paper in *Nature* (Morishima et al., 2017) revealing the discovery of a big void (ScanPyramids Big Void BV) observed with nuclear emulsion films (Muography), it has a cross-section similar to that of the Grand Gallery and a minimum length of 30 meters situated above the Grand Gallery. In addition, a geometrically non-identified void in the Northern Face of the Pyramid (ScanPyramids Northern Face Corridor SP-NFC) was detected as well in 2017 followed by further detailed and focused muography measurements up to 2022 (Procureur and Morishima et al., 2023). ScanPyramids SP-NFC corridor has been investigated in more detail with a wider set of non-destructive techniques. The result of GPR, Ultrasonic and image fusion detected precisely the location and shape of ScanPyramids SP-NFC (Elkarmoty and Rupfle et al., 2023). In this paper, we present an overview on the application of Muography, Ground Penetrating Radar, and Ultrasonic Testing on the Chevron of the Great Pyramid where ScanPyramids SP-NFC is located behind. The objective of the NDT measurements is to detect the geometry, location, orientation, and extension of ScanPyramids SP-NFC with more than one NDT method. The paper addresses the validity and limitations of each method used providing the limitations of each technique in this particular case study. The team could find a passway behind the chevron blocks where a 6 mm endoscope was introduced enabling, for the first time in 4500 years, to see the hidden corridor.

The Great Pyramid (also known as Khufu's Pyramid) in Egypt is one of the oldest and largest stone buildings still standing (Figure 1). Over 2.3 million limestone stones weighing a total of roughly 6.4 million tonnes were used to create the building, which was originally 148 meters tall (though it is now just 139 meters) and 231

meters wide. Despite being one of the Ancient World's Seven Wonders, it continues to be a mystery. Researchers, egyptologists, and archaeologists have proposed a number of theories regarding the construction of this pyramid. None of them, however, have been supported by evidence up to this point. The ScanPyramids mission

(www.scanpyramids.org) began scanning the Great Pyramid in October 2015 using cutting-edge technology. Using cosmic-ray muon radiography analysis, ScanPyramids Big Void (SP-BV) was declared in November 2017 (Morishima et al., 2017). On the northern face of the Pyramid, behind the so-called Chevron (Figure 1), muon measurements also suggested the presence of an anomaly, most likely an unrecognized corridor known as the ScanPyramids North-Face Corridor (SP-NFC) (Procureur and Morishima et al., 2023). For more accurate localization of this anomaly, a combination of NDT techniques (GPR, Ultrasonic Testing, and Image Fusion) was used, based on the results from GPR, Ultrasonic, and Image Fusion, the location and geometry of the north face corridor anomaly was detected with few centimetres accuracy (Elkarmoty and Rupfle et al., 2023). The main objective of this article is to summarize our experience in applying various NDT techniques for the investigation of the internal structure of the Khufu Pyramid from 2014 till now with illustrations of the advantages and limitations of the different techniques.

### Muography

Cosmic ray muon radiography with nuclear emulsion plates has been used to investigate pyramids since the start of the Scan Pyramid in 2016. In 2016, the technique of cosmic ray muon radiography was first shown to be applicable to structural exploration of the interior of a 100-meter pyramid by visualizing known inner structures by installing nuclear emulsion plates in the chamber located at the bottom of the interior of the Bent Pyramid and visualizing another chamber located above it. This was the first demonstration of the feasibility of muon radiography for structural exploration of the interior of a 100-meter pyramid by visualizing a known chamber. The nuclear emulsion plate was extremely useful in this demonstration. The nuclear emulsion plate is a photographic film-type three-dimensional radiation detector that can record the trajectory of cosmic-ray muons with submicron precision using silver bromide crystals of approximately 200 nm filled in a photosensitive layer that is thicker than common photographic film. In the ScanPyramids, nuclear emulsion plates manufactured at Nagoya University will be transported to Cairo, where the nuclear emulsion plates will be placed inside the pyramid to observe cosmic ray muons. After a certain period of time, the nuclear emulsion plates will be collected and developed in the dark room built in the GEM. The developed plates will be transported to Japan for data analysis using an automated nuclear emulsion scanning system called Hyper Track Selector (HTS) developed by Nagoya University. The superiority of nuclear emulsion plate is the fact that it is in the form of a sheet less than 1 mm thick, which realizes a lightweight and compact detector, and does not require a power supply for measurement. These technical features are very advantageous for installation in various locations inside Pyramids, including the Pyramid of Khufu, which was conducted later, and which consists of narrow corridors. After the demonstration in the Bent Pyramid, measurements on the Pyramid of Khufu began in 2016. The observations at the Pyramid of Khufu were made using three different cosmic ray muon measurement techniques: a scintillation detector and a gas detector, in addition to a nuclear emulsion plate. The nuclear emulsion plates were observed simultaneously from multiple points by installing detectors at two locations, inside the descending corridor and the Queen's Chamber. As a result of observations from the descending corridor, an unknown passage-like structure was discovered in 2016 above the descending corridor and behind the Chevrons, and was named

ScanPyramids North Face Corridor (NFC). In order to estimate the detailed location of the discovered structure and its three-dimensional shape, including its cross-section and inclination, we conducted multi-point observations by installing nuclear emulsion plates inside the descending corridor and at multiple points in the al-Ma'mun corridor. As a result of the analysis, we succeeded in identifying the detailed location and shape under the condition that the shape of the structure was assumed to be rectangular. Furthermore, as a result of observations from the Queen's Chamber, we discovered in 2017 that an unknown structure of the same size as the Grand Gallery is located above it, and we named this new structure the ScanPyramids Big Void (SPBV). This void was also confirmed by scintillation detector and gas detector observations. The nuclear emulsion plates were only able to maintain their performance for about one month during the initial phase of the ScanPyramids. However, we succeeded in improving the long-term performance by adjusting the compounds added to the nuclear emulsion plates, and now, under the pyramid's constant temperature environment of 25°C, continuous observation for several months is possible. At the same time, improvements in nuclear emulsion plate manufacturing technology have made it possible to simultaneously install nuclear emulsion plates as large as 10 square meters inside the pyramids. As a result, nuclear emulsion plates were installed not only in the descending corridor and the Queen's Chamber, but also in the structure called the Grand Gallery and the chamber above the King's Chamber for imaging SPBV with higher resolution, and in the subterranean chamber for imaging the entire pyramid, thus enabling measurements in a wide range of areas with higher precision.



Figure 2: Nuclear emulsion detectors installed in the Pyramid of Khufu.

The highly penetrating Muography technique was employed by CEA both outside and inside the pyramid between 2016 and 2020. The goal was to scan a large fraction of the monument and to provide complementary measurements with the other teams. We used gaseous detectors first developed for particle physics experiments, with several important modifications allowing them to be used in harsh conditions and around public. A multiplexing pattern was introduced to reduce the number of electronic boards. Many components were also miniaturized to make the instruments compact enough to fit in the narrow corridors of the pyramid. In particular, no external trigger was built and the signal collection was triggered by the electronic board itself. In spite of the required compactness, the excellent accuracy of the detector ensured an angular resolution below 1 mrad. The detector tight-

ness and outgassing were progressively improved to achieve a gas consumption (mainly Argon) of a few liters per day for all the instruments. The very low power consumption (40W) made it possible to run with a solar panel system which was validated in France, though this option was not implemented in situ. Last but not least the acquisition, the signal recording, the muon track reconstruction and the Muography images were all obtained quasi-online by a micro-PC featuring a 4G connection for remote access and control from France. A local team was also trained to debug the instruments when needed and to reboot the 4G router. The most challenging measurements took place outside in 2016 – 2017, as the telescopes had to cope with large temperature fluctuations, wind and dust. In spite of these difficulties, they were able to detect a first void of a few meters at a distance of 150 m, a performance never achieved before in Muography. They were later able to detect the Big Void in front of the North face, providing the very first observation of a void in the core of a pyramid from the outside using non-destructive techniques. This particular measurement was decisive for an unambiguous and precise triangulation of this void. In order to better investigate the characteristics of this void, the telescopes were later installed in the Grand Gallery (2018 – 2019), thus working directly around the public (see figure 2 & 3). The non-oxygen gas release of a telescope yields only 3 % of the CO<sub>2</sub> emitted by a single tourist, thus permitting a safe operation. While the Muography technique can provide direct images of the inner structure of an object (like X-rays), these measurements were actually compared with numerical simulations based on Monte Carlo approach to better estimate the dimensions and orientation of this void. A last measurement campaign took place in 2019 – 2020 in order to better localize the North Face Corridor (NFC) previously discovered by the Nagoya team. The goal was twofold: first, to detect a potential connection between the Big Void and the NFC and second, to estimate its northern position to allow for a future potential inspection. Thanks to the position of the instruments, a rough 3D reconstruction could be obtained which confirmed the existence of this void without any use of numerical simulations which could lead to bias in the analysis. It should be emphasized, however, that this technique does not permit to obtain the precise shape of such a void. In particular, the Muography data could not resolve the cross section of the corridor (trapezoid, rectangular, etc.). They should therefore be used in combination with less penetrating but more precise techniques like radar.

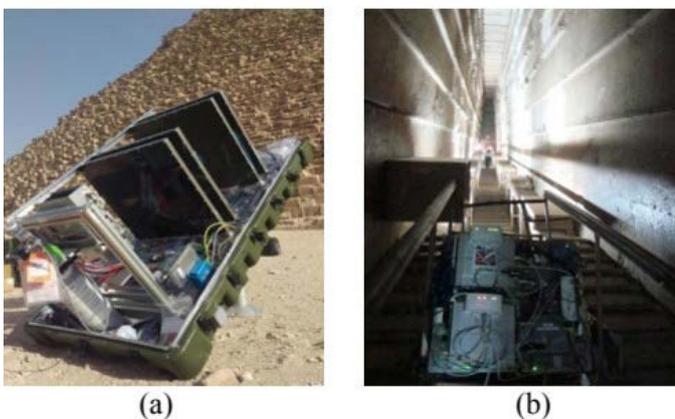


Figure 3: The muon telescopes, (a) during their installation outside and (b) in the Grand Gallery.

### GPR

The GPR measurements were conducted over the chevron area between 2020 and 2022 (Elkarmoty and Rupfle et al., 2023). The main objective was to precisely localize the SP-NFC and to determine its dimension. Over two successive years, different GPR antennae with different frequencies were used to stand on the optimum frequency for this objective in terms of resolution and penetration depths. To be able to carry out the planned GPR measurements, a scaffolding was needed to give the team easy access to the different levels of the chevron. Metal scaffolding and an aluminum cart were designed and implemented in the initial measurement campaign for easy movement of the antennas on the chevron (2020) (Figure 4a). Unfortunately, they had negative impacts on the results due to their electromagnetic properties, this issue was solved in the second measurement campaign (2022) by replacing the metallic cart and scaffolding with wooden ones (Figure 4b) and the results were improved.

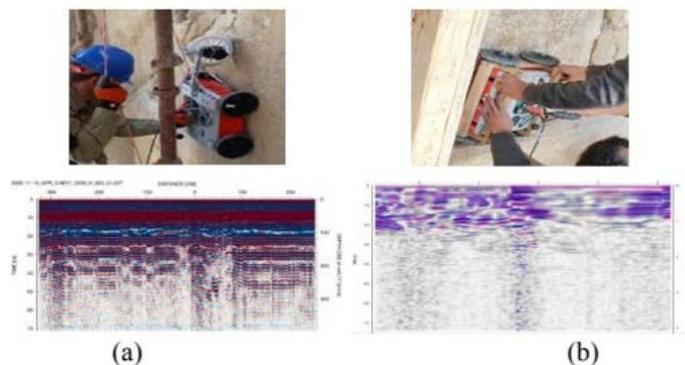


Figure 4: (a) Metal scaffolding and Aluminum cart with the noisy result (2020), (b) Wooden scaffolding and wooden cart with the noise-free result (2022)

Regarding the GPR measurements, scanning had been started using an antenna from GSSI of a 300 – 800 MHz dual frequency, an antenna from IDS of a 200 – 600 MHz dual frequency, and a GSSI 400 MHz antenna. Figure 5 shows the survey grids that had been carried out. For the GSSI 300 – 800 MHz antenna, a grid (50 cm spacing) was constructed. The results showed a zone of strong reflections at the middle of the chevron slightly to the right, but it was difficult to determine the exact location and shape of these anomalies as the grid was relatively large and the attenuation of the signal was high. Consequently, a narrower frequency band antenna (200 – 600 MHz) was used to reduce signal attenuation and to construct a denser grid (20 cm spacing). This dense grid resulted in a clearer location of the anomaly, and it was dense enough to build a 3D representation with adequate resolution (Figure 6). However, the resolution wasn't good enough to define the exact dimension of the found corridor-shaped anomaly. So, a denser grid (10 cm spacing) with quite a higher frequency was constructed using the GSSI 400 MHz antenna. The obtained reflections were better and led to a higher-resolution 3D representation of the data.

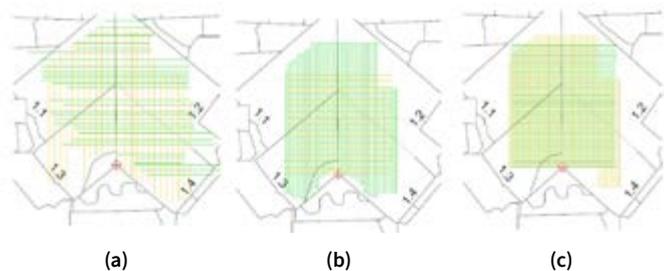


Figure 5: (a) 300-800 MHz Grid (2020), (b) 200-600 MHz Grid, (c) 400 MHz Grid, after (Elkarmoty and Rupfle et al 2023).

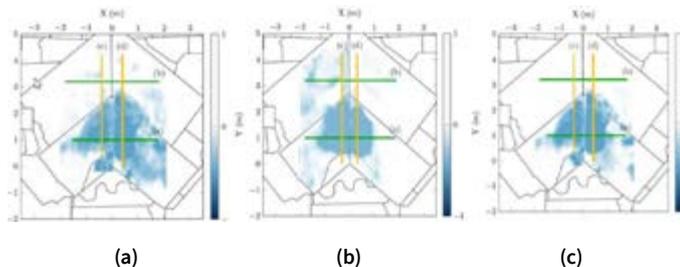


Figure 6: The acquired 3d results of the anomaly (a) 200 MHz, (b) 400 MHz Grid, (c) 600 MHz, after (Elkarmoty and Rupfle et al 2023)

In this case study, it was counted on the GPR in precisely determining the exact location of the air anomaly on the north face of the great pyramid. But, due to the high wave attenuation in such a blocky medium, and the deteriorated surface, the deeper signal was collected with a lower resolution which in turn limited the penetration depth. Moreover, the frequency range of any antenna dictates its size and depth capability. So, to conduct dense grids, such as done here, an appropriate antenna in terms of dimensions was selected which also dictated the frequency range and the penetration depth. The above-mentioned limitations can explain why it was difficult to count on this technique in determining the end of the air anomaly, however it detected in more precision the location and shape of SP-NFC. It was found behind the lower two blocks of the Chevron, with a chevron shaped ceiling, width of 2.1 m, maximum height of 2.3 m.

### UST

Selecting suitable UST techniques depend on the materials, construction details, and geometry of the components and tested structures. The UST measurements performed at the pyramids are particularly challenging because of the large thickness of the blocks up to over 1 m, the joints between them, and the deterioration of the surface on some of the blocks. For the measurements, state-of-the-art UST equipment (Screening Eagle Technologies Pundit PD8000) was employed. This UST equipment can propagate elastic ultrasonic waves through blocks like the ones under consideration under favorable conditions. A multi-channel pulse-echo array system was used to investigate several areas of the Chevron by measuring UST profiles in the vertical and horizontal directions.

Ultrasonic waves can be used to accurately locate and determine the shape of hidden voids, anomalies and cracks, or discontinuities inside a medium such as limestone. Drawbacks of ultrasonic testing include the achievable penetration depth within the blocks and the high attenuation of the signal behind an air gap, e.g., the joint with the posterior blocks, as the energy of the transmitted stress waves

through such boundaries is so low that its reflectors behind these boundaries may not be detectable by the device. Furthermore, the wave velocities in the measured objects may be highly influenced by the roughness and deterioration of the block's surface. Only the surface waves are affected by the roughness of the surface, also roughness affects the coupling of transducer and test object. What may affect the velocity and penetration of the waves is the deterioration of the block in general, e.g. its inner part. Finally, another disadvantage of UST compared to GPR for example is that the former requires more time for each measurement, as the device must be kept in place until the signal stabilizes. For the measurements at the Great Pyramid, two eight-channel ultrasonic shear wave arrays were employed that could be combined to form a 16-channel array, which increases the recorded number of A-Scans at a given measurement location, this results in a higher signal-to-noise ratio (SNR) due to the higher wave ray path density. The augmented SNR enables the visualization of reflectors at higher depths, where the amplitude of the reflected signal is low. The benefits of the ultrasound devices used in this work are full accessibility to the raw data and the ability to data process and image the collected data with the software Pundit Vision (formerly inter\_SAFT) (Screening Eagle Technologies). This powerful tool gives the opportunity to work with different opening and focusing angles and edit the raw data to suppress side wall echoes and signal artifacts. These available adjustments helped to investigate corners and anomalies at the backwall. Figure 7 illustrates the measurement process, reworking of the data, and a sample reconstructed image where the reflection coming from the hidden corridor walls are marked in red. More information regarding the UST work is found in (Benedikt maier et al. 2023).

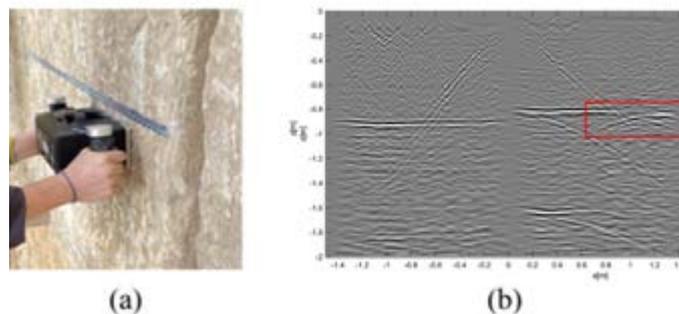


Figure 7: (a) The Ultrasonic measurements at the chevron Field measurements, (b) An Ultrasonic profile.

### Image Fusion

Image fusion (IF) was employed to merge SAFT-reconstructed GPR and UST images. Image registration, which is performed prior to fusion, is used to align the images, and involves geometric spatial transformations such as translation, rotation, and resampling. For our case where the coordinate systems were the same, registration involved translating the GPR image to align the direct wave with the surface, resampling both images to have the same size and resolution and normalizing the intensities. The selected pixel size was 2.5 x 2.5 mm, which allows sufficient sampling of the shortest wavelengths contained in the image of 28 mm (UST image). The GPR image was kept in color and the UST image in greyscale. The two registered images were merged using a Wavelet-based fusion algorithm. The location of the profile is at Y = 1.40 m and spans across Blocks 3 and 4 (see Figure 8). Reflectors A and A' represent the back-

walls of Blocks 3 and 4, respectively. B is a shallow reflector that is only visible in the UST data in this profile. The diagonal reflectors (C and C') and the parabolic reflectors (D and D') are the result of the joint between Blocks 3 and 4. Note that the backwall reflectors are shown by both modalities in the same location, not only confirming the strong reflection caused by the blocks' backwalls but also that the wave velocities used in the SAFT reconstruction process were correctly assumed. In this representation, the information from the GPR profile provides a colored background and the UST profile introduces topographic-like features, which make the figure visually appealing and straightforward to interpret. Furthermore, it can be seen that the UST reflector A' intersects the start of a hyperbolic reflector which suggests a change in the media in contact with the backwall, e.g. air-to-rock and rock-to-rock, such change can be confirmed by the change in the phase of the GPR signal, whose position matches the before mentioned reflector.

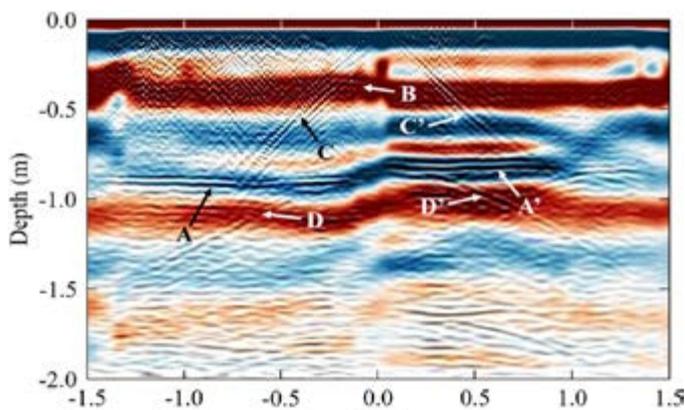


Figure 8: Sample fused GPR/UST image for a horizontal profile at Y=1.40 m, spanning across Blocks 3 and 4 (Elkarmoty and Rupfle et al 2023).

This work demonstrates that image fusion is not only possible in a cultural heritage setting like the limestone of the Great Pyramid, but it also allows for confirming measurement variables as well as it enables improved interpretation of NDT results. Some of the challenges of this technique are selecting appropriate registration and fusion parameters and algorithms, since this approach has not been employed in this setting.

### Endoscope Inspection

ScanPyramids team could find a tiny passway behind the limestone blocks of the chevron area where a 6 mm diameter endoscope were inserted to investigate the hidden corridor. The used endoscope was supported by additional powerful light, attached to the endoscope by our engineers. The endoscope with the additional light allowed ScanPyramids team to see the hidden corridor for the first time after 4500 years. Figure 10 represents the SP-NFC image take from the endoscope.

### Conclusions

The main aim of this paper is to demonstrate the ability to apply different NDT techniques (Muons, GPR, UST, Image fusion) in exploring the internal structure of the great pyramid with illustrations of the advantages and limitations of each technique. So far, using various NDT techniques two main anomalies were detected in the Great Pyramid of Giza, the big void above the Grand Gallery (SP-BV) and the North-Face Corridor anomaly (SP-NFC). The demonstration and comparison focused mainly on the SP-NFC anomaly. Using three different muon detectors (Nuclear emulsion plates, Scintillation detectors, and Gas detectors) the SP-NFC anomaly was confirmed but there's a limitation regarding knowing the precise shape of such a void and the inability to resolve the cross-section of the corridor (trapezoid, rectangular, etc.), however it provided the best 3D detection of the anomaly, particularly the internal extension. The GPR measurements were carried out using 3 different frequencies with different grid spacings (50, 20, 10 cm), the SP-NFC anomaly was detected with all the different antennae but the best resolution for the 3D localization of the anomaly resulted from a dense grid spacing (10 cm) and using 400 MHz antenna although it was difficult to determine the end of the air anomaly using GPR solely. The ultrasonic technique also confirmed the location of the NFC anomaly but there's a limitation to this technique regarding the attenuation of the signal after the air boundaries which led to the inability of detecting the end of the void. The image fusion approach was used for better visualization, correlation, and interpretation between GPR and UST techniques, and the interpretation of results was improved successfully. The integration between the different NDT techniques has led to a precise characterization of the SP-NFC dimensions' which are 2.10 m width, 2.30 m central height, 1.40 m side height and 9m internal extension. Figure 10 represents SP-NFC dimensions.

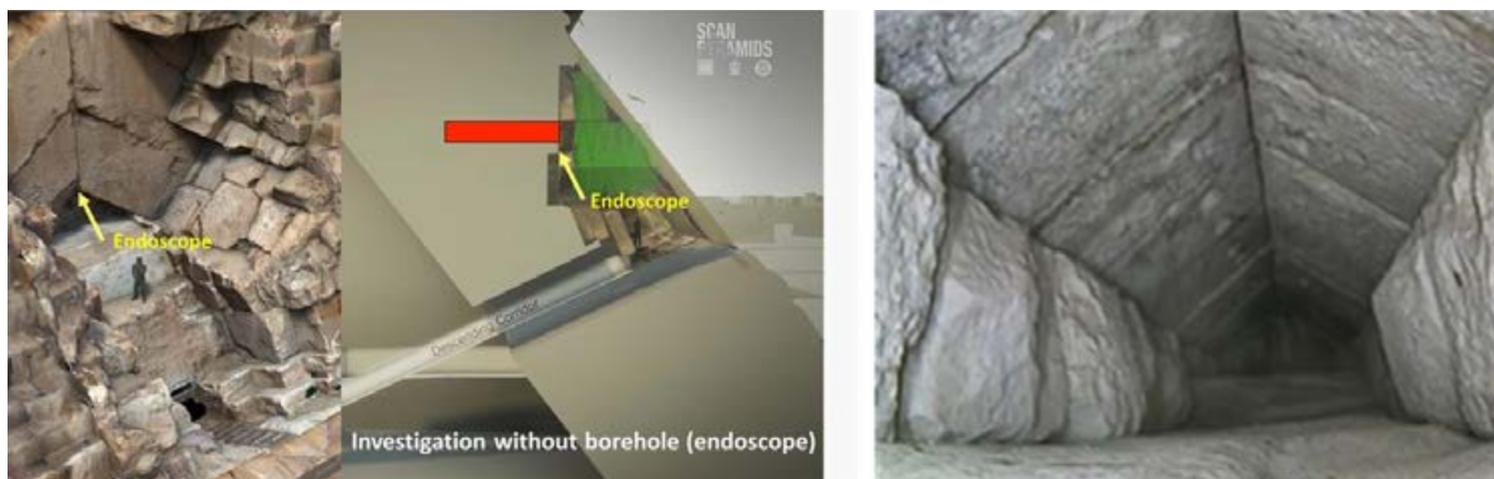


Figure 9: (a) Investigation without borehole (endoscope), (b) The corridor image taken from the endoscope.

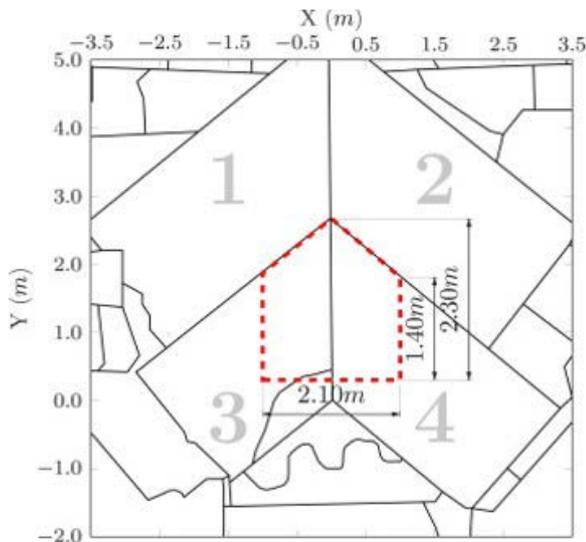


Figure 10: SP-NFC dimensions, after Elkarmoty and Rupfle et al. (2023).

### Acknowledgment

Measurements campaigns were supported by TUM International Graduate School of Science and Engineering (IGSSE) as well as by the German Academic Exchange Service (DAAD) in the scope of the “German-Egyptian Progress Partnership, Program Line 2” under the title “Non-Destructive Techniques for the Preservation of Egyptian Cultural Heritage”. We acknowledge the Science, Technology & Innovation Funding Authority (STDF) for funding the establishment of a new center of excellence in Non-destructive Techniques & Engineering Geophysics at Cairo University – Faculty of Engineering providing the equipment used in this research. Special thanks are due to the Supreme Council of Antiquities and the Egyptian Ministry of Tourism and Antiquities for permitting the work of ScanPyramids mission in cooperation with and under supervision of the Supreme Council of Antiquities. The funding took place with the following number: 43842. We thank Mr. Ahmed Issa (Minister of Tourism and Antiquities), Dr. Mamdouh Eldamaty and Dr. Khaled El-Enany (Former Ministers of Tourism and Antiquities), Dr. Mostafa Waziry (Secretary General of the Supreme Council of Antiquities), the Scientific Archeological Committee headed by Dr. Zahi Hawass, Mr. Ashraf Mohy (Director of the Pyramids Archeological Area) and Dr. Nashwa Gaber (General Supervisor of Foreign Missions and the Permanent Committee), and their collaborators and assistants. Thanks to the

management of Cairo University and Faculty of Engineering – Cairo University for the support of ScanPyramids project. Special thanks to Jean-Pierre Houdin who transmitted his passion for the Great Pyramid to many members of the project. Dr.-Ing. Klaus Mayer and Dr. Karl-Josef Sandmeier advised on ultrasound and Radar data reconstruction, data analysis, and numerical simulations. Many thanks to Polina Pugacheva (Technical University of Munich) and Hussien Allam (UNESCO Chair on Science and Technology for Cultural Heritage, Faculty of Engineering, Cairo University) for their effort in the field and ERT work. Support in different phases of the project by Mr. Johannes Scherr, Eng. Mostafa Ameen, Eng. Khaled Abdelghafar, Prof. Dr. Ernst Rank, and Prof. Dr. Barbara Wohlmuth is gratefully acknowledged. The result of this research is part of the ScanPyramids project, which is supported by: NHK, Suez, le Groupe Dassault, Batscop, Itcube, Parrot, ILP, Kurtzdev, GenG, Schneider Electric and also la Fondation Dassault Systèmes which has provided unflinching support since the starting of the project.

### References

- [1] Morishima et al., 2017, “Discovery of a big void in Khufu’s Pyramid by observation of cosmic-ray muons”. *Nature* 552, 386-390.
- [2] Procureur and Morishima et al., 2023, “Precise characterization of a corridor-shaped structure in Khufu’s Pyramid by observation of cosmic-ray muons”. *Nature Communications* 14, 1144
- [3] Elkarmoty and Rupfle et al., 2023, “Localization and shape determination of a hidden corridor in the Great Pyramid of Giza using non-destructive testing”, *NDT & E international*, 102809, ISSN 0963-8695.
- [4] Morishima et al., 2022, “Development of Nuclear Emulsions for Muography”, *Muography: Exploring Earth’s Subsurface with Elementary Particles*, chapter 21.
- [5] Maier B., Hamza Amr, Ramirez-Pinero A., Kollofrath J., Taie K., Popovych O., Schumacher T., Elkarmoty M., Helal H., Grosse C., 2023. Herausforderungen bei der zerstörungsfreien Untersuchung mittels Ultraschall von Gesteinsblöcken im Bereich des Kulturerbes. In: *DACH-Jahrestagung 2023 Zerstörungsfreie Materialprüfung*, 15 – 17 May 2023 in Friedrichshafen, Graf-Zeppelin-Haus, Germany.
- [6] Zeeuw P.M. *Wavelet and image fusion*. CWI (1998). URL: <https://groups.google.com/d/msg/comp.soft-sys.matlab/AjqlENmx1Z4/5g7QDFrZvWMMJ>
- [7] Li H., Manjunath B., Mitra S. *Multisensor image fusion using the wavelet transform*. *Graph Models Image Process*, 57 (3) (1995), pp. 235-245, 10.1006/gmip.1995.1022



Let's  
PACS

Boost your digital  
inspection processes



# Nachwuchspreis der DGZfP 2023

## Detektion von Spannstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmessung unter Variation physikalischer und geometrischer Parameter

Jonathan Villing

MPA Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart, [www.mpa.uni-stuttgart.de](http://www.mpa.uni-stuttgart.de)

Kontakt E-Mail: [Jonathan.Villing@mpa.uni-stuttgart.de](mailto:Jonathan.Villing@mpa.uni-stuttgart.de)

**Kurzfassung.** Die magnetische Streufeldmessung ist ein zerstörungs- und berührungsfreies Verfahren zur Detektion von Spannstahlbrüchen. Die Ursache vieler Spannstahlbrüche ist wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion, bei der Schäden bis zum Bauteilversagen ohne Vorankündigungsverhalten auftreten können. Um eine zuverlässige Detektion zu gewährleisten wurden physikalische und geometrische Parameter quantifiziert, denen die magnetische Streufeldmessung in der praktischen Anwendung unterliegt. Diese Parameter wurden in Laborversuchen variiert und durch statistische Methoden analysiert, wodurch die elementaren Einflussfaktoren separiert werden konnten. Außerdem wurde der Einfluss regelmäßiger und unregelmäßiger magnetischer Störeinflüsse untersucht.

### Beispiel eines Schadensfalls

Im Zusammenhang mit Spannbetonbauwerken kam es in der Geschichte der Bautechnik immer wieder zu schwerwiegenden Schadensfällen. Ein Beispiel dafür ereignete sich im Jahr 1995, als in einer Fabrikhalle bei einem 17,50 m langen Spannbetonbinder ein Riss in Feldmitte bemerkt wurde. Dieser Riss klappte zum Zeitpunkt der Entdeckung etwa 5 cm auseinander, weshalb der Binder bereits um 20 cm abgesackt war. Glücklicherweise stürzte der Binder nicht ab, sondern konnte ausgebaut werden.

Da der Spannbetonbinder abgesehen von dem Gewaltbruch keine weiteren Risse aufwies, konnte niemand mit einem Versagen des Bauteils rechnen. Um die Ursache zu klären, wurde er eingehend untersucht.

Der Binder wurde im Jahr 1965 produziert und mit einem parabelförmig verlaufenden Spannglied aus insgesamt 16 Spannstählen Sigma oval der Festigkeitsklasse 145/160 vorgespannt. Beim Öffnen des Spanngliedhüllrohres wurde festgestellt, dass 16 von 16 Spannstählen in einem Bereich von 15 cm gebrochen waren und somit ein Querschnittsverlust des Spanngliedes von 100 % vorlag. Außerdem wurden an sieben weiteren Stellen des Binders Spannstahlbrüche und auf der gesamten Länge des Spanngliedes bis zu 50 Anrisse pro Meter gefunden.

Das Bauteil war in einem trockenen Innenraum verbaut und die Analysen ergaben, dass der Einpressmörtel keine korrosionsfördernden Substanzen enthielt. Anhand der chemischen Zusammensetzung des Spannstahls konnte eindeutig festgestellt werden, dass es sich um Sigma Spannstahl des neueren Typs aus dem Produktionszeitraum von 1965 bis 1978 handelte. Er wies unterschiedlich starke Korrosion auf, die teilweise auf Vorkorrosion im unverpressten Zustand zurückzuführen war <sup>[1]</sup>.



### Der Autor

Jonathan Villing erwarb 2016 seinen Bachelor of Engineering an der Technischen Hochschule Georg Simon Ohm, sammelte ein paar Jahre Berufserfahrung als Bauingenieur und begann anschließend sein Masterstudium an der Universität Stuttgart. Seit 2022 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart und führt die Forschung seiner Masterarbeit an der magnetischen Streufeldmessung in Form einer Promotion weiter.

### Spannungsrisskorrosion

Nachdem in den 90er Jahren viele vergleichbare Schadensfälle – teilweise mit Einsturzfolge – an zu dieser Zeit ungefähr 30 Jahre alten Spannbetonbauteilen auftraten, wurde intensiv nach der Ursache gesucht. Dabei konnten die Eigenschaften und Mechanismen der Spannungsrisskorrosion aufgedeckt werden <sup>[2]</sup>. Ein Beispiel für einen Spannstahlbruch infolge Spannungsrisskorrosion ist in Abbildung 1 zu sehen.



Abbildung 1: Beispiel eines Spannstahlbruchs infolge Spannungsrisskorrosion, der mit der magnetischen Streufeldmessung gefunden wurde

Das alkalische Milieu des Einpressmörtels bietet Spannstählen einen zuverlässigen Korrosionsschutz. Schäden können durch Fehler bei Bemessung, Konstruktion und Verarbeitung der Spannstähle entstehen. Typische Ausführungsmängel sind Verpressfehler und eine Vorschädigung der Spannstähle beim Einbau. Führen diese

Mängel dazu, dass ein korrosives Medium unter gleichzeitiger hoher Zugspannung auf einen empfindlichen Werkstoff trifft, kommt es zur Spannungsrisskorrosion. Dabei findet eine fortschreitende Rissausbreitung im kristallinen Gefüge statt. Die Anrisse, von denen dieses Risswachstum ausgeht, entstehen in Korrosionsnarben. Diese Korrosionsnarben können auf unterschiedliche Weise entstehen; ein typisches Beispiel ist das Eindringen von Betonabsetzwasser durch undichte Hüllrohre nach dem Betonieren, jedoch noch im unverpressten Zustand des Spanngliedes. Somit sind die korrosionsfördernden Bedingungen häufig schon während der Bauausführung entstanden und später von außen nicht mehr erkennbar [3].

Im Laufe der Untersuchungen fand man heraus, dass einige zur Zeit der Erstellung übliche Spannstähle aufgrund ihrer Zusammensetzung besonders spannungsrisskorrosionsgefährdet waren. Im Einzelnen sind dabei die Spannstähle St 145/160, Handelsnamen Neptun und Sigma, und St 140/160, Hennigsdorfer Spannstahl, bekannt. Diese Spannstähle wurden teilweise bis ins Jahr 1993 in Spannbetonbrücken, Turnhallen, Versammlungsstätten, Schulen, Universitäten, Stadien und anderen weitgespannten Tragwerken mit teilweise starkem Besucherverkehr verbaut [2][4]. Für Brückenbauwerke im Zuge von Bundesfernstraßen gibt es dazu detaillierte Statistiken. Wie Abbildung 2 veranschaulicht, wurde ein Großteil der deutschen Verkehrsinfrastruktur im Produktionszeitraum dieser besonders spannungsrisskorrosionsgefährdeten Stähle errichtet. In Kombination mit der Tatsache, dass nahezu 70% der Brückenbauwerke in Spannbetonbauweise ausgeführt sind, ist es wahrscheinlich, dass ein großer Anteil der deutschen Brückenbauwerke von einer Spannungsrisskorrosion gefährdet sein könnte [5].

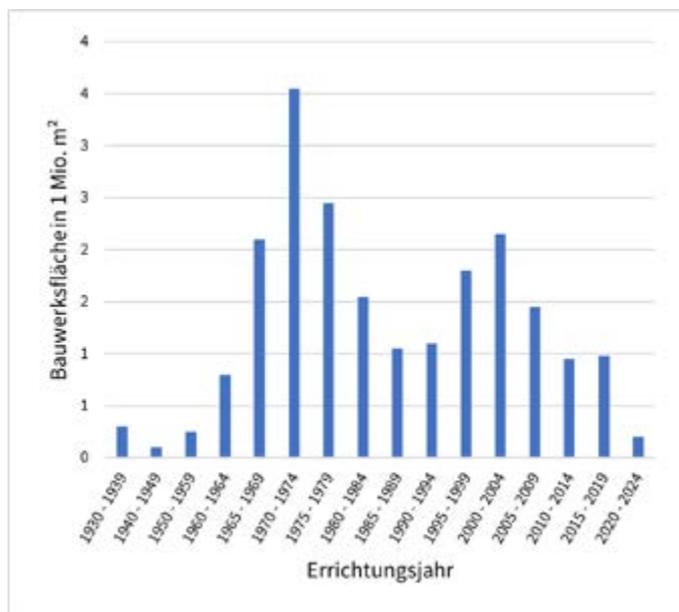


Abbildung 2: Altersstruktur der Brückenbauwerke der Bundesfernstraßen in Deutschland [5].

Spannstahlbrüche aufgrund von Spannungsrisskorrosion zeichnen sich durch plötzliche, spröde und verformungsarme Gewaltbrüche aus. Teils ist an dem Spannstahl mit dem bloßen Auge keine Korrosion erkennbar und auf der Betonoberfläche bilden sich keine Risse aus [3]. Dieses Riss-vor-Bruch-Kriterium ist jedoch eine entscheidende Voraussetzung für das Ankündigungsverhalten bei Bauteilversagen und die Durchführung effektiver handnaher Bauwerksprüfungen. Bei dieser Form der Bauwerksprüfung werden alle Bauteile eines Bauwerkes von einem dafür ausgebildeten Ingenieur „hand-

nah“ begutachtet und unter Anderem das Risswachstum akribisch dokumentiert. Wiederkehrende Prüfungen sind so wichtig für die Sicherheit dieser Bauwerke, dass der Gesetzgeber Vorschriften dafür erlassen hat [6][4][7][8][9][10][11][12].

### Beitrag der magnetischen Streufeldmessung

Um die Sicherheit der betroffenen Bauwerke zu gewährleisten, werden Nachrechnungen vorgenommen, um das Riss-vor-Bruch-Kriterium zu überprüfen [2]. Außerdem kann die wiederkehrende Bauwerksprüfung durch Monitoringsysteme und zerstörende Prüfungen unterstützt werden [2][4][13][14].

Die nach wie vor einzige zerstörungsfreie Möglichkeit zum Nachweis von Spannstahlbrüchen im Bestand ist die magnetische Streufeldmessung [14]. Sie ist ein zerstörungs- und berührungsfreies Prüfverfahren, das Rückschlüsse auf den Zustand der Spanndrähte ermöglicht.



Abbildung 3: Brückenuntersuchung mit der magnetischen Streufeldmessung

Der technische Ablauf der magnetischen Streufeldmessung ist im Vergleich zu anderen Prüfverfahren sehr einfach: Ein Elektromagnet wird auf einem Schienensystem über ein Spannbetonbauteil geführt, um das zu untersuchende Bauteile mit eingebautem Spannstahl einem äußeren Magnetfeld auszusetzen. Der zu prüfende Stahl bildet dadurch ein magnetisches Streufeld aus, das ortsabhängig erfasst wird. Wenn der magnetisierte Spannstahl einen Bruch aufweist, bildet sich an den Bruchstellen ein magnetischer Dipol aus, der das magnetische Streufeld lokal verändert. Werden die magnetischen Streufelder entlang der Spannglieder mit Magnetfeldsensoren gemessen, kann diese magnetische Anomalie und somit der Bruch erkannt werden. Bei der Messung der axialen Komponente des Magnetfelds wird der Bruch als lokaler Extremwert (Maximum) angezeigt. In Abbildung 4 ist dies schematisch dargestellt. Wegen des ferromagnetischen Verhaltens des Spannstahls bleibt dessen Magnetisierung auch nach dem Ausschalten des Magnetfelds des Jochmagneten teilweise erhalten, sodass durch Messung des remanenten Felds ebenfalls die Detektion von Brüchen möglich ist [16].

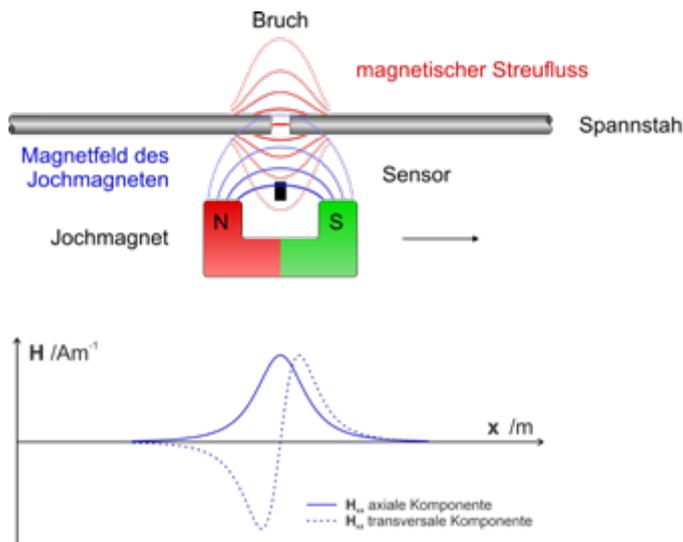


Abbildung 4: Schematische Darstellung der axialen und transversalen Komponente der magnetischen Feldstärke an einem Spannstahlbruch.

In Spannbetonbauteilen ist neben der vorgespannten Bewehrung auch schlaife Bewehrung vorhanden. Diese trägt erheblich zum magnetischen Streufeld bei. Zur Interpretation der gemessenen Streufeldsignale müssen die magnetischen Anteile der schlaffen Bewehrung (meist Bügelbewehrung quer zur Fahrtrichtung) herausgefiltert werden. Um dies in optimaler Weise vornehmen zu können, werden die unterschiedlichen magnetischen Materialeigenschaften von Spannstahl und Baustahl ausgenutzt. Dazu werden mit dem Prüfkopf mehrere Messfahrten durchgeführt, bei denen das Magnetfeld des Elektromagneten jeweils unterschiedliche Feldstärken hat. Das Ziel besteht darin, die Spannbewehrung möglichst gleichmäßig zu magnetisieren und gleichzeitig die schlaife Bewehrung nach Möglichkeit zu entmagnetisieren<sup>[16]</sup>.

Die Herausforderung bei der magnetischen Streufeldmessung liegt in der Identifizierung möglicher Bruchsignale in den Datensätzen. Neben der genannten Bügelbewehrung überlagert eine Vielzahl von anderen magnetischen Störsignalen die registrierten Defektantworten, in besonderem Maße außerhalb der Laborumgebung. Dazu gehören beispielsweise die starken magnetischen Einflüsse der Robustheitsbewehrung in Prüfrichtung, Überlappungsstöße, offene Stabstahlenden, Baustahlmatten, Einbauteile und ferromagnetische Zuschlagstoffe. Zudem spielen intrinsische Effekte eine starke Rolle, wie z. B. die ungleichförmige Magnetisierung im Anfahrts- und Endbereich, die Reaktionszeit des Spulenstroms auf Änderungen der Bewehrungsdichte und magnetische Einstreuungen aus dem Motor der Vorrichtung und äußerer Einflüsse aus dem Baustellenbetrieb. Diese Störsignale übersteigen in ihrer Amplitude in der praktischen Anwendung deutlich die zu identifizierenden Bruchsignale und müssen daher in der Auswertung der Streufeldsignale berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurden eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden entwickelt, um die Störsignale so weit wie möglich zu unterdrücken<sup>[16]</sup>.

Das Verfahren ist mittlerweile für die Untersuchung aller Spannbetonbauteile etabliert, insbesondere bei Anfälligkeit für wasserstoff- oder chloridinduzierter Spannungsrisskorrosion. Aber auch bei unsachgemäßem Bohren, vermuteter Überlastung, usw. liefert die magnetische Streufeldmessung entscheidende Informationen zur Beurteilung des Gesamtzustandes von Spannbetonbauwerken.

Diese Informationen können zur akuten Beurteilung der Verkehrssicherheit beitragen und in eine effiziente Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen einfließen<sup>[4][14][16]</sup>.

### Ziele der vorliegenden Versuchsreihen

Das primäre Ziel der in der aktuellen Arbeit durchgeführten Versuchsreihen war es, das Verständnis der Einflussfaktoren auf die magnetische Streufeldmessung zu verbessern, die in einer realen Prüfsituation auftreten. Dazu wurden insgesamt 408 praxisnahe Laborversuche durchgeführt, bei denen die Randbedingungen nicht wie in vorigen Arbeiten auf einzelne Einflussfaktoren reduziert wurden. Stattdessen wurde die Komplexität der Versuchsaufbauten den realen Bedingungen bei Bestandsbauwerken angeglichen. So konnte in einem ersten Schritt die Effektivität des Prüfverfahrens innerhalb der etablierten Verfahrensgrenzen verifiziert werden. Anschließend wurde die große Datenmenge für eine statistische Auswertung herangezogen, bei der die Einflussfaktoren separiert und analysiert wurden. Die Bewertung der Ergebnisse beinhaltete die Quantifizierung der einzelnen Einflussfaktoren, sowie deren Kombination und Variation. Durch diese Herangehensweise konnte dargestellt werden, welche Effekte durch die Überlagerung der unterschiedlichen Randbedingungen entstehen. Um die Bedingungen, unter denen die Laborversuche durchgeführt wurden, noch weiter an reale Prüfsituationen anzugleichen, wurde der Einfluss unregelmäßiger magnetischer Einflüsse im Prüfbereich untersucht. Dabei wurden 181 unterschiedliche Anordnungen von Bewehrungsstäben im Versuchsstand eingebaut und sowohl mit Spannstahlbündeln und Bewehrungsstäben kombiniert als auch isoliert geprüft. Ergänzend zu den umfangreichen Versuchsreihen zur Detektion von Spannstahlbrüchen wurden 22 separate Versuche zum magnetischen Materialverhalten durchgeführt. Dabei wurde das ferromagnetische Materialverhalten, die Magnetisierungskurven und das Sättigungsverhalten unter Variation von Stahlorte, Menge und Anordnung untersucht. Die Versuche zum magnetischen Materialverhalten werden in diesem Artikel jedoch nicht weiter ausgeführt.

### Versuchsaufbauten

Abbildung 5 zeigt eine Übersicht des Versuchsaufbaus, der für die Versuchsreihen zur Bruchdetektion und zur Untersuchung unregelmäßiger magnetischer Einflüsse verwendet wurde. Der Bewehrungskorb wies eine Länge von 6 m, eine Breite von 0,5 m und eine Höhe von 0,8 m auf. In Abbildung 5 (rechts) ist die Bewehrung im Querschnitt dargestellt. Die Längsbewehrung hatte einen Nenn Durchmesser von 12 mm und die Bügel 16 mm. An einem Ende wurde auf zwei Metern Länge der Bügeldurchmesser zu 8 mm reduziert. Im Randbereich der ersten und letzten 1,6 m betrug der Bügelabstand 20 cm, in Feldmitte waren es 30 cm. Der Bewehrungskorb bestand aus Betonstabstahl der Sorte B500B. Die Spannglieder und Störeinflüsse wurden bei der Versuchsdurchführung jeder Versuchsreihe variiert.

Die Messrichtung der magnetischen Streufeldmessung war von unten nach oben, entsprechend den realen Prüfsituationen. Der Bewehrungskorb wurde auf einem unmagnetischen Messtisch platziert, der aus Aluminiumprofilen und Holzbrettern bestand. Der Magnet befand sich unterhalb des Aufbaus und wurde entsprechend des erforderlichen Prüfkopfabstands in der Höhe angepasst. Da Beton unmagnetisch ist, hat er keinen Einfluss auf die Magnetfeldsignale der Bewehrung und des Spannstahls. Deshalb wurde darauf verzichtet, die Versuchsaufbauten mit Beton zu vergießen.

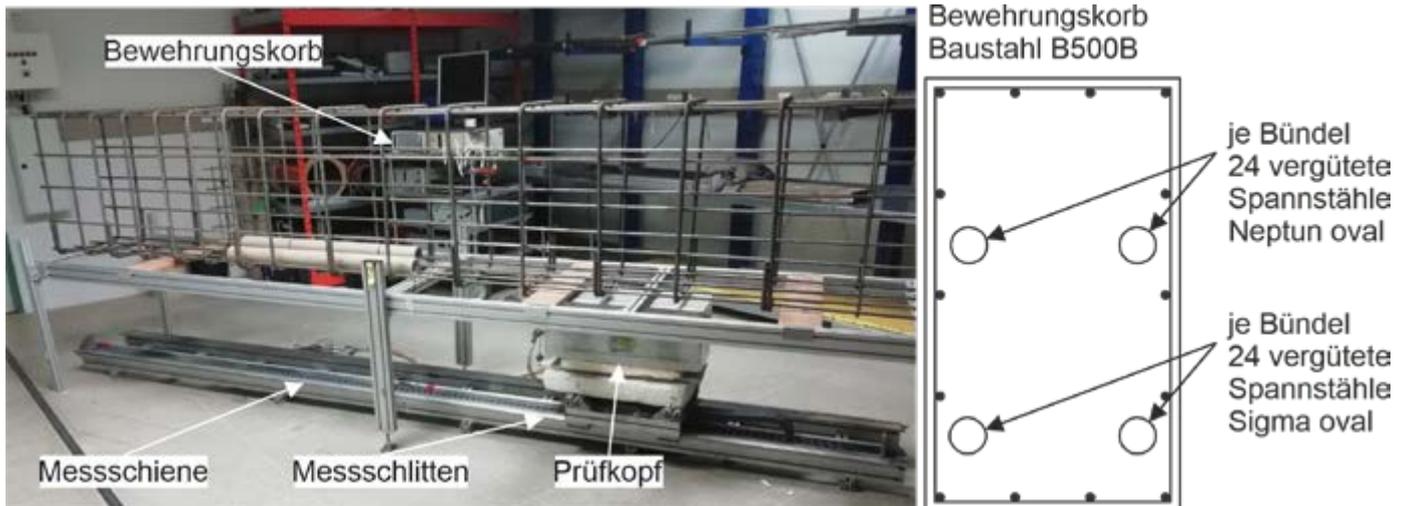


Abbildung 5: Übersicht Versuchsaufbau für die Versuchsreihen zur Bruchdetektion und zum Einfluss unregelmäßiger magnetischer Einflüsse (links) und Querschnitt des Bewehrungskorbs mit Spannstahlsorte und Spannstahlmenge (rechts)

In dem Bewehrungskorb wurden zwei Lagen mit je zwei Spannstahlbündeln eingebaut. Die untere Lage wurde aus dem Typ Sigma oval (St 145/160) hergestellt. Der Abstand zum Prüfkopf wurde zwischen 4,0 cm, 6,4 cm und 10,5 cm variiert. Dieser Abstand ist entscheidend, da sich in dem Prüfkopf der Elektromagnet und die Magnetfeldsensoren befinden. Die obere Lage wurde aus dem Typ Neptun oval (St 145/160) hergestellt. Der Abstand zum Prüfkopf betrug konstant 26,4 cm, wurde aber in einigen Versuchsreihen entfernt, um die Auswirkungen zu beurteilen. Jedes Bündel bestand aus 24 Einzeldrähten. Die Geometrie des Querschnitts ist in Abbildung 5 (rechts) veranschaulicht.

### Versuchsdurchführung

Mit dem Ziel, möglichst viele unterschiedliche Einflussfaktoren zu untersuchen, wurden neun Versuchsreihen konzipiert. Dabei wurden in einem der unteren Bündel bis zu sechs Spannstähle mit jeweils vollständigen Brüchen eingebaut. Die Bruchufer wurden durch einen Sägeschnitt erzeugt und waren parallel zueinander ausgerichtet. Die Rissbreite betrug bei jedem Versuch konstant 1 mm. Dadurch ergaben sich in jeder Versuchsreihe sechs verschiedene Querschnittsschwächungen: 4 % (1/24), 8 % (2/24), 13 % (3/24), 17 % (4/24), 21 % (5/24) und 25 % (6/24). Für jede Querschnittsschwächung wurden drei verschiedene Bruchorientierungen und zwei verschiedene Positionen in Bezug auf die Biegel getestet. Die Multiplikation dieser Variationen ergab 36 Aufbauten, aus denen sich jede Versuchsreihe zusammensetzte.

Die drei verschiedenen Bruchorientierungen sind Zugewandt, Halb-Abgewandt und Abgewandt. Sie beschreiben die Beziehung zwischen dem Prüfkopf und den gebrochenen Spannstählen im Bündel und sind in Abbildung 8 schematisch dargestellt. Bei zugewandten Brüchen zeigen die Bruchufer nach unten direkt zum Prüfkopf, bei der Bruchorientierung Halb-Abgewandt wird das Spannglied in Längsrichtung um 90° gedreht und bei abgewandten Brüchen zeigen die Bruchufer nach unten vom Prüfkopf weg. Somit sind bei der Bruchorientierung Abgewandt die intakten Spannstähle des Bündels zwischen dem Prüfkopf und den Bruchufern. Die beiden unterschiedlichen Positionen in Bezug auf die Biegelbewehrung sind über einem Bügel und zwischen benachbarten Bügeln. Sie sind in Abbildung 10 schematisch veranschaulicht. Die theoretische Überlegung bei der Konzeption der Versuchsreihen war, dass die

Bügel den Bruch magnetisch abschirmen, wodurch das Bruchsignal verringert werden sollte. Ein Beispiel eines simulierten Bruchs zwischen den Bügeln mit einer abgewandten Bruchorientierung und einer Querschnittsschwächung von 25 % ist in Abbildung 6 dargestellt.



Abbildung 6: Beispiel eines Spannstahlbündels mit 25 % Querschnittsschwächung (6/24), Bruchorientierung Abgewandt und Bruch zwischen den Bügeln

Diese 36 Variationen der Parameter wurden in jeder der neun Versuchsreihen wiederholt. Für jede dieser Versuchsreihen galten andere Randbedingungen. Dabei wurden der Prüfkopfabstand, die Installation der oberen Spanngliedbündel, der Durchmesser der Biegelbewehrung und die offenen Enden der Biegelbewehrung variiert. Bei jedem der Bügel im Bewehrungskorb gab es offene Bügelenden, die durch die Herstellung bedingt waren. Die Bügelenden überlappten sich, sodass an dieser Stelle die doppelte Menge an Bewehrungsstahl in Kombination mit den offenen Enden eine magnetische Auswirkung auf die Versuche haben konnte. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 7 ein Bruch direkt über den offenen Bügelenden abgebildet. Um zu untersuchen, ob diese

Bewehrungsanordnung einen Einfluss auf die Bruchdetektion hat, wurden gezielt Brüche über dieser Bewehrungsanordnung platziert. Außerdem wurde der Bewehrungskorb nach der Hälfte der Versuchsreihen um die Längsachse rotiert. Das führte dazu, dass die offenen Bügelenden bei der Hälfte der Versuche unten und somit im Prüfbereich waren. Bei den restlichen Versuchen waren die offenen Bügelenden oben und somit außerhalb des Prüfbereichs.



Abbildung 7: Bruchufer direkt über den offenen Bügelenden – 21% Querschnittsschwächung (5/24) und Bruchorientierung Abgewandt

Im einfachsten Fall bestehen Bewehrungskörbe aus einzelnen Stäben, die rechtwinklig zueinander angeordnet und in regelmäßigen Abständen eingebaut sind. Diese Art der Anordnung lässt sich in den Messdaten einfach erkennen und mit den etablierten Filtermethoden zuverlässig eliminieren. In der Baupraxis sind Bewehrungsanordnungen jedoch oft unregelmäßig. Um diesen Einfluss besser bewerten zu können, wurden bei den entsprechenden Prüfserien Bewehrungsseisen schräg im Probekörper eingebaut.

Jede Ausrichtung wurde mit Stabdurchmessern von 8 mm, 12 mm und 20 mm Bewehrungsstahl B500B eingebaut. Die verwendeten Stäbe hatten Längen zwischen 60 cm und 75 cm. Die Bewehrungsstäbe wurden in sechs verschiedenen räumlichen Orientierungen eingebaut, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Diese Ausrichtungen wurden zunächst separat und störungsfrei geprüft. Anschließend wurden sie in den Bewehrungskorb eingebaut und geprüft, danach wurden ungebrochene Spannstahlilitzen hinzugefügt und schließlich wurde direkt neben dem zusätzlichen Bewehrungsstab eine Querschnittsschwächung im Spannglied simuliert. Bei diesem letzten Schritt wurde die Querschnittsschwächung zuerst ohne einen Störeinfluss erfasst. Anschließend wurde sie mit allen Raumorientierungen des zusätzlichen Stahls in direkter Nähe des Bruchs unter Variation der Bruchorientierung und der Lage bezüglich der Bügelbewehrung erfasst.

Tabelle 1: Untersuchte Raumorientierungen der Stabstähle bezogen auf das Spannglied. x – Prüfkörperlängsrichtung, y – Querrichtung, z – Höhe. Eine Rotation um die Längsachse (x-z) von 0° entspricht einem Stab in der horizontalen Ebene. Eine Rotation um die Querachse (x-y) von 90° bzw. 180° entspricht einem Stab in der Ebene parallel zur Seitenfläche des Prüfkörpers.

Rotation x-z	Rotation x-y	
90°	0°	„Senkrechter Stab“
45°	0°	
45°	45°	
45°	90°	„Schrägstab der Schubbewehrung“
45°	135°	
45°	180°	„Schrägstab der Schubbewehrung“

### Methodik der Versuchsauswertung

Eine Besonderheit bei der Herangehensweise dieser Arbeit war, dass in jeder Versuchsanordnung alle Einflussfaktoren vorhanden waren. Die Interpretation erfolgte durch Sortieren, Filtern, grafische und statistische Methoden. So konnten die Einflussfaktoren getrennt und gewichtet werden.

Dabei stand die Bruchamplitude der bügelbereinigten Restfeldsumme als Kennwert im Vordergrund. Die bügelbereinigte Restfeldsumme ist die Magnetisierungskurve, die nach Anwendung des mehrschrittigen Filterprozesses entsteht. Die Bruchamplitude ist das Ergebnis, das der verwendete Auswertungsalgorithmus als ortsbezogenen Wert ausgibt. An jeder Position in Fahrtrichtung wird die Stärke der Magnetisierung in Kombination mit der Ähnlichkeit des Messsignals mit einem idealisierten Bruchsignal bewertet. Die Bruchamplitude kann als Wahrscheinlichkeit eines Spannstahlbruchs an der Stelle interpretiert werden [16].

Die Bruchamplitude ist also kein absoluter und unabhängiger Wert, wie die Magnetisierung, aus der sie berechnet wird. Ihre Größe ist abhängig von den zugrunde gelegten Parametern des Auswertungsalgorithmus, die individuell angepasst werden müssen, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Um die Ergebnisse aller Versuchsreihen trotzdem untereinander vergleichen zu können, wird in manchen Darstellungen die relative Bruchamplitude verwendet. Dies ist wichtig, um die Größenordnung der Einflussfaktoren korrekt zu bewerten. Die relative Bruchamplitude wurde als Quotient aus der Bruchamplitude am Ort des simulierten Bruchs und der größten Bruchamplitude an einem anderen Ort definiert. Somit kann man daran ablesen, wie deutlich sich die Bruchamplitude am Bruchort vom Signalrauschen abgehoben hat.

Bei Angaben zur Bruchdetektionswahrscheinlichkeit wurden alle Messungen wie im praktischen Einsatz händisch bewertet, jedoch wurde als zusätzlicher objektiver Parameter eine relative Bruchamplitude größer als Eins eingeführt. In der Praxis werden auch kleinere Bruchamplituden und weitere Auswertungsmethoden zur Bruchdetektion herangezogen. Das erfordert jedoch viel Erfahrung und ist im Kontext einer objektiven Beurteilung der Leistungsfähigkeit dieser Auswertungsmethode nicht zielführend. Die Bruchdetektionswahrscheinlichkeit ergibt sich als Quotient aus allen durchgeführten Versuchen der jeweiligen Kategorie und den als gefunden bewerteten Brüchen.

Alle gewonnenen Werte wurden in Kategorien eingeteilt und statistisch bewertet. Zunächst wurde die Datenmasse anhand der einzelnen Einflussfaktoren sortiert und Schritt für Schritt in feinere Unterkategorien eingeteilt. Die Gewichtung der Einflussfaktoren

wurde durch Quervergleiche zwischen den einzelnen Kategorien unterschiedlicher Stichprobengröße verifiziert. Folgende Kategorien bilden die größte Aufteilung mit der entsprechend größten Stichprobenmenge pro Kategorie:

- Bruchorientierung
- Querschnittsschwächung
- Lage bezüglich Bügelbewehrung
- Prüfkopfabstand

Anschließend wurden folgenden Unterkategorien gebildet:

- Bruchorientierung und Querschnittsschwächung
- Lage bezüglich Bügelbewehrung und Querschnittsschwächung
- Prüfkopfabstand und Querschnittsschwächung
- Prüfkopfabstand und Bruchorientierung

Bei den folgenden Kategorien war der Stichprobenumfang teilweise zu gering, um eine klare statistische Aussage treffen zu können. Da die kleinsten Kategorien am wenigsten andere Einflussfaktoren enthielten, waren sie bei der Gewichtung der Einflussfaktoren trotzdem hilfreich und konnten durch Quervergleiche mit den statistisch relevanteren Kategorien verifiziert werden.

- Prüfkopfabstand, Bruchorientierung und nur 25 % Querschnittsschwächung
- Querschnittsschwächung, Bruchorientierung und nur 6,3 cm Prüfkopfabstand
- Querschnittsschwächung, Bruchorientierung und nur 10,5 cm Prüfkopfabstand

Bei den Versuchsreihen zu unregelmäßigen magnetischen Störeinflüssen wurden zunächst die separat gemessenen Bewehrungsstahlanordnungen betrachtet und mit typischen Bruch- und Bügelsignalen verglichen. Bei den Versuchsaufbauten mit Bewehrungsstahlstäben im ansonsten leeren Bewehrungskorb und bei den Versuchen mit hinzugefügten ungebrochenen Spanngliedern wurde nach Auffälligkeiten am Einbauort gesucht. Dabei wurden Bruchsignale in Form einer Bruchamplitude erwartet. Die letzte Art der Versuchsaufbauten zu magnetischen Störeinflüssen war ein Bewehrungsstahl in direkter Nähe einer Querschnittsschwächung. Dabei wurde die Bruchamplitude ohne Störeinfluss berechnet und danach mit den Bruchamplituden verglichen, bei denen das magnetische Signal des Bewehrungsstahls mit dem Bruchsignal überlagert war.

**Versuchsergebnisse**

Eine Darstellung der ersten vier Kategorien als Kastengrafiken vermittelt einen guten Überblick über die Größenordnung der Einflussfaktoren und die Gesamtmasse der Daten. In Abbildung 8 sind alle Messwerte nach der Bruchorientierung sortiert. In Abbildung 9 nach Querschnittsschwächung, in Abbildung 10 nach Position bezüglich der Bügelbewehrung und in Abbildung 11 nach Prüfkopfabstand.

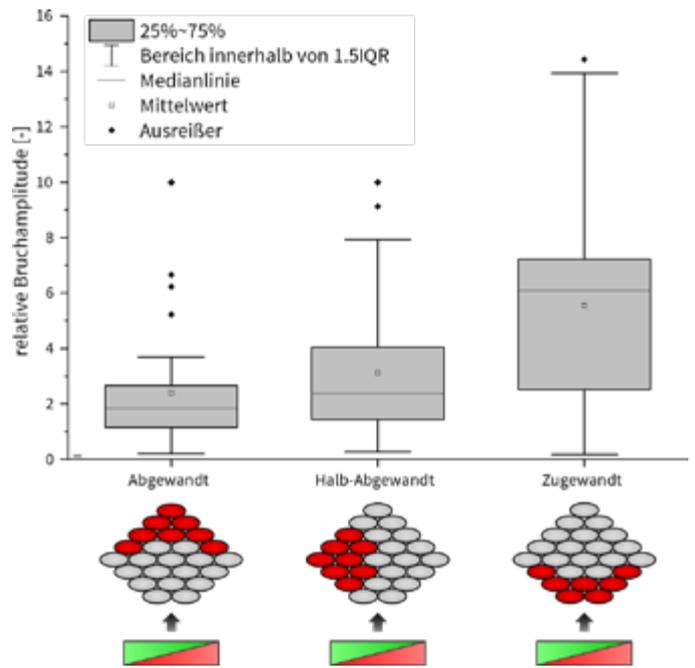


Abbildung 8: Kastengrafik mit allen Messdaten sortiert nach Bruchorientierung und schematische Darstellung

In Abbildung 8 ist gut erkennbar, dass die relative Bruchamplitude bei Brüchen, die dem Prüfkopf zugewandt sind, zuverlässig am höchsten ist. Sie beträgt durchschnittlich 5,54, reduziert sich bei halb-abgewandten Brüchen auf 3,12 und bei abgewandter Bruchorientierung auf 2,38, womit eine Reduktion von ungefähr 60 % von der Bruchorientierung „Zugewandt“ zu „Abgewandt“ vorliegt.

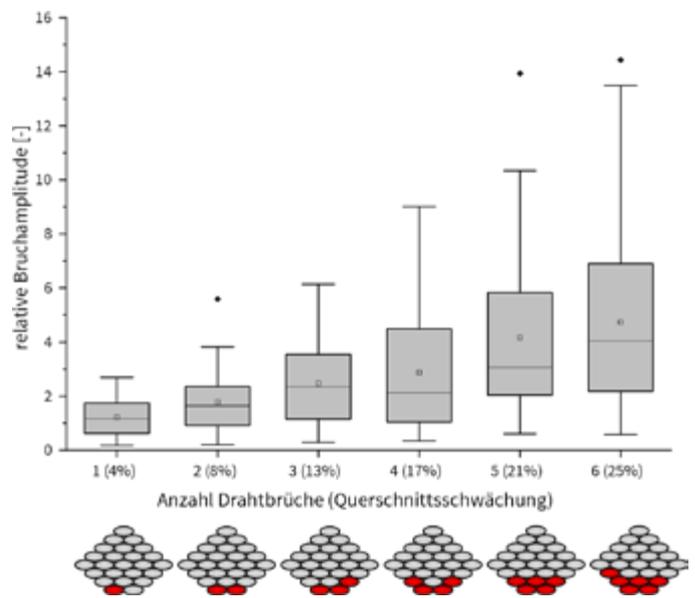


Abbildung 9: Kastengrafik mit allen Messdaten sortiert nach Querschnittsschwächung und schematische Darstellung

Aus Abbildung 9 geht hervor, dass größere Querschnittsschwächungen zuverlässig zu stärkeren Signalen führen. Im Durchschnitt löst ein gebrochener Stab von 24 Stäben im Bündel (4 % Querschnittsschwächung) eine relative Bruchamplitude von 1,21 aus. Dies steigt nahezu linear auf 4,74 bei einer Querschnittsschwächung von 25 % an.

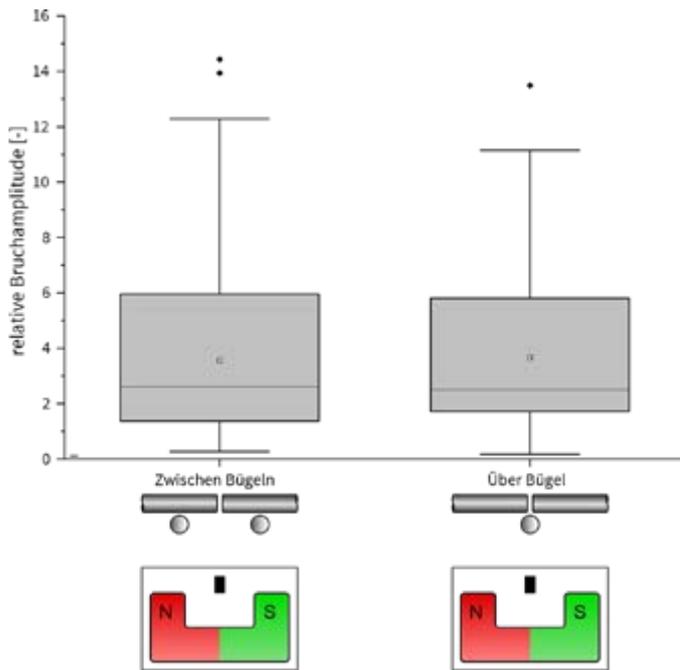


Abbildung 10: Kastengrafik mit allen Messdaten sortiert nach Positionen bezüglich Bügelbewehrung und schematische Darstellung

In Abbildung 10 ist die Einteilung nach Position bezüglich der Bügelbewehrung dargestellt. Die Auswirkungen dieses Einflussfaktors sind sehr gering. Ist der Bruch zwischen den Bügeln angeordnet beträgt die durchschnittliche relative Bruchamplitude 3,55 und über den Bügeln 3,66. Somit ergibt sich eine Steigerung von 3 %. Die Annahme einer abschirmenden Wirkung der Bügelbewehrung kann somit nicht bestätigt werden. Das kann unter Anderem mit der Funktionalität der verwendeten Filtermethoden begründet werden.

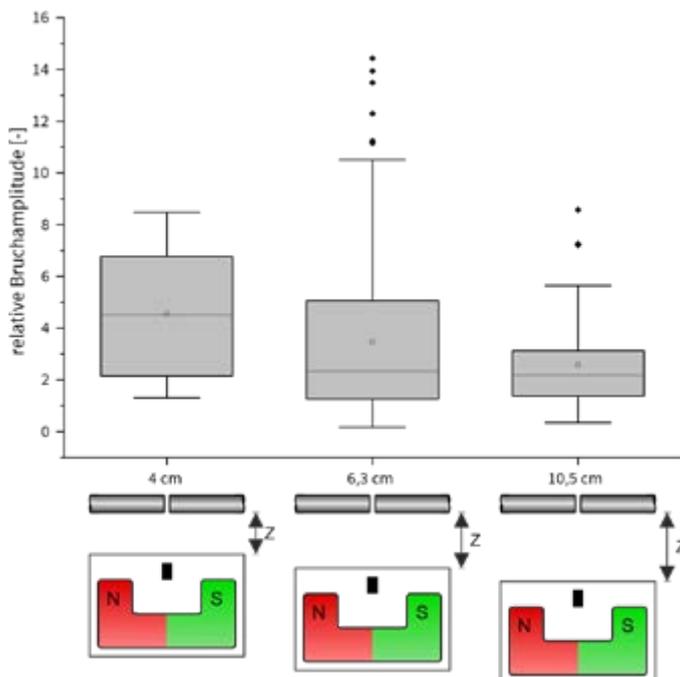


Abbildung 11: Kastengrafik mit allen Messdaten sortiert nach Prüfkopfabstand und schematische Darstellung

Der Prüfkopfabstand hat einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der magnetischen Streufeldmessung. Wie in Abbildung 11 veranschaulicht, beträgt die relative Bruchamplitude bei einem Abstand von 4 cm 4,56. Bei einem Prüfkopfabstand von 6,3 cm reduziert sie sich auf 3,48 und bei einer Steigerung des Abstands auf 10,5 cm verringert sie sich weiter auf 2,58. Die große Streuung der Versuchsergebnisse bei 6,3 cm entsteht, da bei diesem Prüfkopfabstand die meisten Versuche durchgeführt wurden. Deshalb sind darin aus statistischen Gründen die meisten Ausreißer mit besonders großen Bruchamplituden enthalten. In der Literatur wird ein nahezu quadratischer Einfluss des Prüfkopfabstands angegeben <sup>[16]</sup>.

Das Zusammenspiel der Einflussfaktoren kann besonders gut in den Übersichtsdiagrammen gesehen werden, die aus den Unterkategorien erstellt wurden. Dabei bietet es sich meistens an, die Querschnittsschwächung als x-Achse zu verwenden. Nachdem die Bruchamplitude, die relative Bruchamplitude und die Detektionswahrscheinlichkeit in direktem Zusammenhang stehen, ist die Aussage der Grafiken bei allen drei Kenngrößen sehr ähnlich. Die Bruchdetektionswahrscheinlichkeit stellt die als gefunden gewerteten Brüche der Versuchsaufbauten dar. Dies spiegelt nicht in direkter Art und Weise die Wahrscheinlichkeit wieder, Brüche an realen Bauwerken zu finden. Sie ist jedoch anschaulicher als die anderen beiden Kenngrößen und kann ein guter Anhaltspunkt für die Leistungsfähigkeit des Verfahrens sein. Deshalb wird sie in den folgenden Grafiken als y-Achse verwendet.

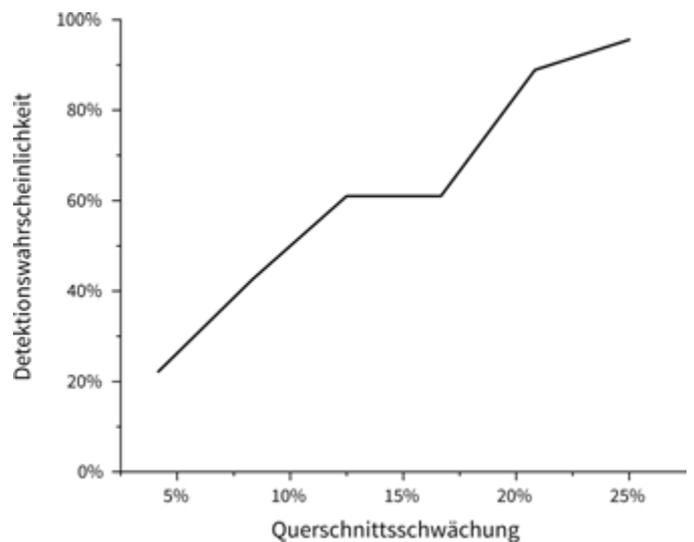


Abbildung 12: Bruchdetektionswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung

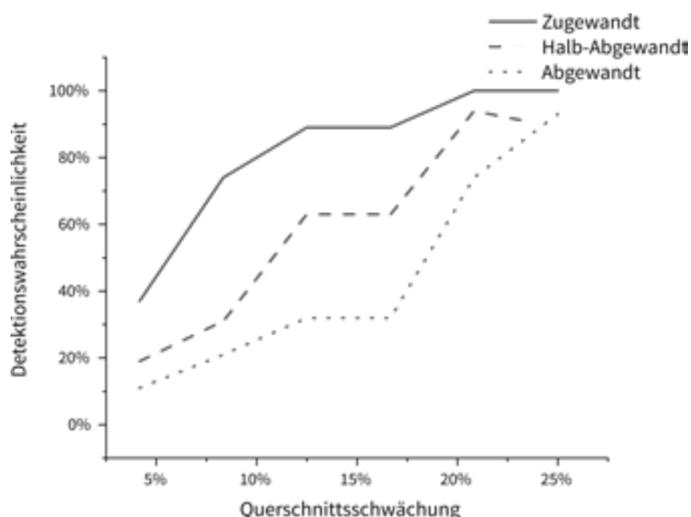


Abbildung 13: Bruchdetektionswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung und der Bruchorientierung

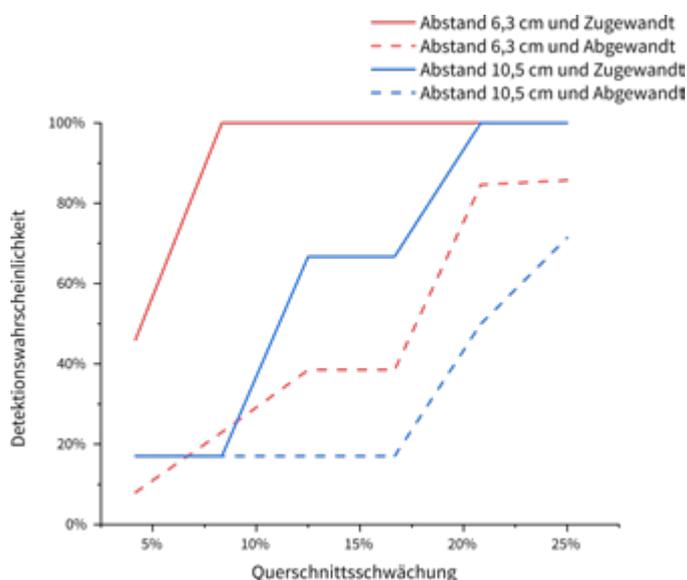


Abbildung 14: Bruchdetektionswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung, der Bruchorientierung und des Prüfkopfabstands

In Abbildung 12 ist die Bruchdetektionswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung dargestellt. Abbildung 13 berücksichtigt zusätzlich die Bruchorientierung und in Abbildung 14 ist ergänzend noch der Prüfkopfabstand von 6,3 cm und 10,5 cm berücksichtigt. Dabei kann man gut erkennen, wie durch Bildung der Unterkategorien Darstellungen von aufsteigender Komplexität möglich sind.

In Abbildung 12 ist der nahezu lineare Einfluss der Querschnittsschwächung erkennbar. Bei einer Querschnittsschwächung von 25% werden ohne Berücksichtigung weiterer Unterkategorien alle Brüche erfolgreich detektiert. Bei den zugewandten Brüchen in Abbildung 13 ist dies bereits ab einer Querschnittsschwächung von 21% der Fall. Die Kurven für die Bruchorientierungen Halb-Abgewandt und Abgewandt ordnen sich entsprechend der erwarteten Größenordnung unter den zugewandten Brüchen ein. In Abbildung 14 sieht man, wie sich die Einflussfaktoren in der praktischen Anwendung überlagern und gegenseitig beeinflussen. Betrachtet man nur Brüche, die eine zugewandte Bruchorientierung und einen ge-

ringen Prüfkopfabstand von 6,3 cm haben, können bereits ab 8% Querschnittsschwächung alle Brüche erfolgreich detektiert werden. Das bedeutet, dass bei günstigen Bedingungen eine zuverlässige Prüfaussage bei sehr kleinen Querschnittsschwächungen möglich ist. Jede Variation der Einflussfaktoren in eine ungünstige Richtung verringert die Bruchdetektionswahrscheinlichkeit und verdeutlicht so das Zusammenspiel der Einflussfaktoren, wie sie auch in der Praxis auftreten. Mit den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit kann man die Größenordnung der Einflussfaktoren abschätzen und bei der Interpretation der Messdaten an realen Bauwerken berücksichtigen.

Nach der ausführlichen Diskussion der Versuchsergebnisse zur Bruchdetektion werden die Ergebnisse zum Einfluss unregelmäßiger magnetischer Störeinflüsse kurz zusammengefasst. Die separaten Anordnungen der Bewehrungsstäbe in unterschiedlichen Raumorientierungen ähnelten in der Ausprägung ihrer Magnetisierungskurven eher Bügelsignalen statt Bruchsignalen. Ein Beispiel für den qualitativen Vergleich eines idealisierten Bügelsignals mit einem gemessenen Stabstahl ist in Abbildung 15 abgebildet. Obwohl die unterschiedlichen Raumorientierungen auch zu diversen Magnetisierungskurven führten, zeichneten sich alle durch einen Wendepunkt am Einbauort und Extremwerten davor und dahinter aus. Im Vergleich dazu zeichnet sich das Bruchsignal in der axialen Komponente durch ein deutliches Maximum aus (vgl. Abbildung 4). Durch diese magnetischen Eigenschaften wurden die Stabstähle in allen Raumorientierungen als Bügel erkannt und dementsprechend gefiltert.

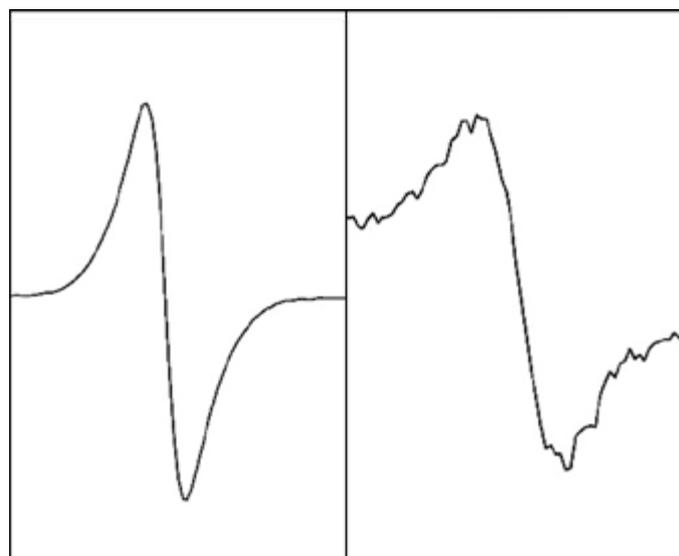


Abbildung 15: Vergleich idealisiertes Bügelsignal (links) und gemessenem Stabstahl (rechts)

Die erfolgreiche Unterdrückung der Stabstahlsignale aller Raumorientierungen setzte sich im leeren Bewehrungskorb und mit den ungebrochenen Spannstahlbündeln fort. Bei der Anordnung in direkter Nähe zum Bruchort hatten die Stabstähle keinen systematischen Einfluss auf die Bruchamplituden. Damit kann die Effektivität der Filtermethoden für in x-Richtung betrachtet punktuelle Stahlanordnungen bestätigt werden.

### Vergleich mit den etablierten Verfahrensgrenzen

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse mit den etablierten Verfahrensgrenzen verglichen. Das „DGZfP-Positionspapier. Magnetische

Verfahren zur Spannstahlbruchortung“ aus dem Jahr 2017<sup>[14]</sup> weist bereits auf die Überlagerung der Einflussfaktoren hin:

„Die Grenzen ergeben sich durch ein Zusammenspiel der Gesamtmenge an Spannstahl, des Anteils an gebrochenem Spannstahl, der Betondeckung, der Menge an Betonstahlbewehrung und deren Lage, die Stärke des anregenden Magnetfelds, sowie der Auflösung des gemessenen Magnetfelds.“

Diese Verfahrensgrenzen werden im Folgenden noch konkretisiert und mit den Ergebnissen der Laborversuche verglichen. Das Positionspapier gibt an, dass Spannstahlbrüche bis zu einer Betonüberdeckung von 20 cm detektiert werden können. Sind die Spannglieder als Einzelstäbe verbaut, kann man grundsätzlich von guten Detektionswahrscheinlichkeiten ausgehen. Untersucht man ein Bündel mit mehreren Spanndrähten, wird die zuverlässige Bruchdetektion auf Querschnittsschwächung größer 20 % eingeschränkt. Nachdem alle Versuche im Spannstahlbündel durchgeführt wurden, werden für den Vergleich mit den Verfahrensgrenzen die Bruchdetektionswahrscheinlichkeiten bei Brüchen mit einer Querschnittsschwächung über 20 % betrachtet. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Menge an Betonstahlbewehrung und der Lage wird im Positionspapier nur qualitativ beschrieben<sup>[14]</sup>.

„Mit zunehmendem Grad der Bewehrung sinkt die Detektionsmöglichkeit von Einzeldrahtbrüchen eines Spannglieds.“

Tabelle 2: Übersicht Bruchdetektionswahrscheinlichkeiten bei mehr als 20 % Querschnittsschwächung in Kombination mit anderen Einflussfaktoren

Betrachtete Kategorien	Bruchdetektions-wahrscheinlichkeit bei mehr als 20 % Querschnittsschwächung
Alle Daten	94 %
Bruchorientierung Zugewandt	100 %
Bruchorientierung Abgewandt	89 %
Prüfkopfabstand 10,5 cm und alle Bruchorientierungen	80 %
Prüfkopfabstand 10,5 cm und Bruchorientierung Zugewandt	100 %
Prüfkopfabstand 10,5 cm und Bruchorientierung Abgewandt	62 %

Bei den Versuchen dieser Arbeit lag die Bruchdetektionswahrscheinlichkeit bei Brüchen mit mehr als 20 % Querschnittsschwächung bei 94 %. Diese Treffsicherheit konnte erreicht werden, obwohl darunter nicht nur zugewandte Brüche waren, sondern auch halb-abgewandte und abgewandte Bruchorientierungen. Außerdem sind in dieser Detektionswahrscheinlichkeit zusätzlich alle Prüfkopfabstände enthalten. Von den zugewandten Brüchen konnten ab 20 % Querschnittsschwächung sogar 100 % der Brüche detektiert werden. Bei den abgewandten Brüchen konnten 89 % der Brüche mit einer Querschnittsschwächung über 20 % detektiert werden.

Der größte untersuchte Prüfkopfabstand war 10,5 cm. Somit können anhand der durchgeführten Versuchsreihen keine Aussagen über Bruchdetektionen bis zu einer Tiefe von 20 cm getroffen werden. Bei einem Prüfkopfabstand von 10,5 cm konnten unter Berücksichtigung aller Bruchorientierungen noch 80 % der Brüche

mit einer Querschnittsschwächung über 20 % gefunden werden. Betrachtet man nur die zugewandten Brüche sind es 100 % und bei den abgewandten Brüchen 62 %.

Nachdem nur eine beschränkte Variation der Bewehrungsanordnungen untersucht wurde, können keine quantitativen Aussagen über den Einfluss des Bewehrungsgrads getroffen werden. Es ist jedoch offensichtlich, dass die verwendeten Filtermethoden funktionieren, da alle der oben genannten Bruchdetektionswahrscheinlichkeiten mit dem regelmäßigen Störeinfluss des Bewehrungskorbs erzielt wurden. Die Effektivität der Filtermethoden wird besonders deutlich, wenn man den geringen Einfluss der Lage bezüglich Bügelbewehrung auf die Bruchdetektion und die Bruchamplituden betrachtet. Obwohl man im Vorfeld von einem abschirmenden Effekt der Bügelbewehrung ausging, konnten die Brüche über dem Bügel sogar geringfügig besser detektiert werden. Außerdem wurde gezeigt, dass die untersuchten unregelmäßigen Bewehrungsanordnungen von den Filtermethoden erkannt werden und keinen Einfluss auf die Bruchdetektion haben.

### Zusammenfassung

In den 90er Jahren häuften sich Schadensfälle an Spannbetonbauwerken, bei denen es zum Teil zu einem Versagen ohne Vorankündigung kam. Bei den Untersuchungen zur Aufklärung der Ursache wurden die Wirkmechanismen und Voraussetzungen für die Spannungsrissskorrosion wissenschaftlich ergründet. Die Voraussetzungen für dieses Schadensbild können durch Fehler bei Bemessung, Konstruktion und Ausführung verursacht werden. Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Zusammensetzung und Verarbeitung der Spannstähle selbst. Dabei wurden einige Spannstahlsorten als besonders spannungsrissskorrosionsgefährdet eingestuft. Diese Spannstähle wurden teilweise bis ins Jahr 1993 in Spannbetonbrücken, Turnhallen, Versammlungsstätten, Schulen, Universitäten, Stadien und anderen weitgespannten Tragwerken mit teilweise starkem Besucherverkehr verbaut. Aufgrund des plötzlichen, spröden und verformungsarmen Bruchverhaltens haben diese Gebäude einen undefinierten Bauwerkszustand. Die magnetische Streufeldmessung kann diese Wissenslücke schließen, zur Einleitung von effektiven Sanierungsmaßnahmen führen und gefährliche Bauwerkschäden bis zum Versagen verhindern.

Die magnetische Streufeldmessung ist ein ausgereiftes zerstörungsfreies Prüfverfahren, bei dem die Spannbetonteile magnetisiert werden und das Magnetfeld der Bewehrungselemente mit Magnetfeldsensoren gemessen wird. Durch Analyse der Messdaten können Anomalien identifiziert werden, die auf Brüche infolge von Spannungsrissskorrosion hindeuten. Dadurch können wertvolle Informationen über den Bauwerkszustand gewonnen werden.

Das Prüfverfahren unterliegt einer Vielzahl physikalischer Einflüsse. Das Ziel der vorgestellten Versuchsreihen ist es, das Verständnis der Einflussfaktoren zu vertiefen. Durch Sortieren, Filtern sowie grafische und statistische Methoden konnten die individuellen Einflussfaktoren quantifiziert und ihre komplexe Überlagerung im praktischen Einsatz dargestellt werden. Außerdem konnten die etablierten Verfahrensgrenzen und die Effektivität des Prüfverfahrens bestätigt werden.

Betrachtet man das Schadensbeispiel vom Anfang des Artikels unter dem Gesichtspunkt der vorgestellten Versuchsergebnisse, kann angenommen werden, dass der versteckte Schaden an den Spanngliedern lange vor einem Versagen hätte entdeckt werden können. Zum Zeitpunkt des Versagens waren alle der 16 Spannstähle gebro-

chen. Davor gab es keine von außen sichtbaren Anzeichen, dass ein Versagen bald bevorstehe, obwohl die Spannstähle im Inneren Schritt für Schritt korrodiert waren. Bei einer regelmäßigen Prüfung mit der magnetischen Streufeldmessung wäre dieser Schaden zuverlässig ab einer Querschnittsschwächung von 20 % erkannt worden. Somit hätte das plötzliche, unangekündigte Bauteilversagen verhindert werden können. Außerdem hätten die verbleibenden Spannbetonbinder auf vergleichbare Spannstahlschäden überprüft werden können. Ihre Integrität wäre sichergestellt, ohne sie systematisch durch Öffnungsstellen zu schwächen.

### Ausblick

Die Weiterentwicklung der magnetischen Streufeldmessung ist auf verschiedenen Ebenen möglich. Magnetisierungseinheit, neuartige Sensoren, komplexere Maschinensteuerung, Messdatendarstellung, Auswertungsalgorithmen und viele weitere Elemente können stetig verbessert werden.

An der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart wird momentan an mehreren Verbesserungen parallel gearbeitet. Die vorgestellten Ergebnisse aus der Masterarbeit werden übergangslos in einer Dissertation weitergeführt. Dabei stehen Optimierungen der bestehenden Auswertungsalgorithmen, die Entwicklung neuer Auswertungsmethoden unter Verwendung von Machine Learning und Simulationsmethoden im Vordergrund.

Neben der Weiterentwicklung der Software wird die komplette Messanlage aktuell neu gebaut. Dies bietet viele Möglichkeiten für Optimierungen und neue Funktionen. Einer der innovativsten Ansätze, die im Zuge eines Forschungsvorhabens und dem Neubau der Anlage aktuell verfolgt werden, ist der Einsatz von Quantensensoren.

Matthias Niethammer und Kim Kafenda Advanced Quantum GmbH haben nach jahrelanger theoretischer Forschung am physikalischen Institut der Universität Stuttgart ein Start-Up mit ihren patentierten Diamant-basierten Quantensensoren gegründet. Die aktuelle Generation der Quantensensoren für Magnetfeldmessungen basieren auf NV-Zentren (negativ geladene Stickstoff-Vakanzzentren) in der Kristallstruktur von Diamanten und nutzen Elektronenspindefekte zur optischen Analyse der Magnetfelder. Sie messen alle Raumrichtungen des Magnetfelds zur gleichen Zeit und erreichen eine Auflösung, die im Bereich von pT bis nT liegt. Die hohe Empfindlichkeit der Quantensensoren erlaubt einen deutlich größeren Abstand der Sensoren vom Prüfobjekt. Für die Streufeldmessung eignen sie sich insbesondere auch aufgrund ihrer Hysterese-Armut, was diese Art Sensor von anderen präzisen Magnetfeldsensoren unterscheidet. Aktuell sind sie hauptsächlich wegen der hohen Herstellungskosten noch nicht im regulären Praxiseinsatz, wobei im Bereich der magnetischen Streufeldmessung zudem die komplexe Dateninterpretation noch nicht vollumfänglich den notwendigen Stand für die Anwendung bei kommerziellen Dienstleistungen erreicht.

Eine der entscheidendsten Neuerungen in Bezug auf die neue Sensortechnologie ist die Erweiterung der ortsabhängigen, quantitativen Erfassung der Magnetfelder auf drei Raumrichtungen. Durch die vektorielle Erfassung der transversalen, axialen und radialen Komponenten der lokalen magnetischen Felder im aktiven und passiven Zustand (Streufeld und Restfeld) kann die Orientierung der magnetischen Dipole im geprüften Bauteil bestimmt werden. Mit geeigneter Software kann der Ursprung des Signals lokalisiert und Rückschlüsse auf die Abmessungen des Dipols gezogen werden. Durch diese zusätzliche Information über die vorherrschenden

Magnetfelder werden die Möglichkeiten der Trennung von Bruch- und Störsignalen deutlich erweitert und das Signal-Rausch-Verhältnis wesentlich verbessert.

Wenn man diese Eigenschaft mit der gesteigerten Sensitivität der Quantensensoren kombiniert, könnten in Zukunft der maximale Abstand zwischen Prüfkopf und Spannglied erhöht werden. Für die Prüfung ergeben sich dadurch die Möglichkeiten einer Effizienzsteigerung, da Anbauteile, TGA und abgehängte Decken bestenfalls nicht mehr entfernt werden müssen. Außerdem wird eine Erfassung auch tieferliegender Spannglieder inklusive der Tiefeninformation und somit eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der Spanndrahtbruchortung hin zu einer Gesamtbewertung aller Spannglieder innerhalb typischer Bauteilabmessungen ermöglicht.

### Danksagung

Die vorgestellten Versuche wurden an der Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart im Zuge einer Masterarbeit durchgeführt. Die Masterarbeit wurde mit dem Nachwuchspreis der DGZfP 2023 prämiert. Ich möchte mich an dieser Stelle noch einmal für die Möglichkeit zur Teilnahme an der DACH-Jahrestagung inklusive eigenem Vortrag bedanken.

### Referenzen

- [1] Müller, Bericht über Untersuchungen an einem gebrochenen Spannbetonbinder aus dem Werk Schrobenhausen der Firma YTONG. Bericht 1376/Mü. TU München, Lehrstuhl für Massivbau, Prof. Dr.-Ing. K. Zilch (unveröffentlicht). zitiert nach Bundesanstalt für Straßenwesen, Integration der Handlungsanweisungen Spannungsrisskorrosion und Koppelfugen in die Nachrechnungsrichtlinie. Brücken- und Ingenieurbau Heft B 186, Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG, 2023
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen, Integration der Handlungsanweisungen Spannungsrisskorrosion und Koppelfugen in die Nachrechnungsrichtlinie. Brücken- und Ingenieurbau Heft B 186, Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG, 2023
- [3] Nürnberger, Schäden an Spannbetonbauwerken. In: Betonbauwerke, Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, Band 2, 2003.
- [4] Lehmann, Non-destructive testing and monitoring as elements of building inspection, Universität Stuttgart, Materialprüfungsanstalt, 2020.
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen, „Fokus: Brücken“, 1 März 2023. [Online]. Available: <https://www.bast.de/>.
- [6] Verkehr, Bundesministerium für, Bauwerksprüfung nach DIN 1076. Bedeutung, Organisation, Kosten. Dokumentation 2013, Berlin: Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 2013.
- [7] Verein Deutscher Ingenieure (VDI), VDI 6200:2010-02. Standsicherheit von Bauwerken. Regelmäßige Überprüfung, Düsseldorf, 2010/2015.
- [8] DB Netz AG, Richtlinie 804.8002. Inspektion von Ingenieurbauwerken; Eisenbahnüberführungen, DB Netz AG, Frankfurt am Main, 2020.
- [9] DB Netz AG, Richtlinie 805.0104. Tragsicherheit Eisenbahnbrücken; Grundlagen für die Nachrechnung; Messtechnische Bauwerksuntersuchungen, Berlin, 2021.
- [10] DB Netz AG, Richtlinie 805.0104. Tragsicherheit Eisenbahnbrücken; Grundlagen für die Nachrechnung; Messtechnische Bauwerksuntersuchungen, Berlin, 2021.
- [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Berlin, 2011.

[12] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). 1. Ergänzung, Berlin, 2015.

[13] Sakiyama, F.I.H.: Real-size structural health monitoring of a pre-stressed concrete bridge based on long-gauge fiber Bragg grating sensors. Dissertation, Universität Stuttgart, Materialprüfungsanstalt, 2021.

[14] Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), Unterausschuss Dauerüberwachung von Bauwerken, DGZfP Merkblatt B 09. Dauerüberwachung von Ingenieurbauwerken, Berlin, 2022.

[15] Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), Unterausschuss Magnetische Verfahren zur Spannstahlbruchortung, „DGZfP Positionspapier. Magnetische Verfahren zur Spannstahlbruchortung,“ Berlin, 2017.

[16] Sawade, „Prüfung von Spannbetonbauteilen mit magnetischen Methoden,“ Beton- und Stahlbetonbau 105, Nr. Heft 3, pp. 154-164, 2010.

Mit der Cloud-basierten Management-Software DRIVE NDT können Sie Ihren gesamten ZfP-Workflow für alle Prüfverfahren zentral organisieren und steuern.

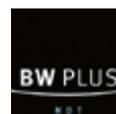
- Umfassendes Auftragsmanagement
- Individuelle und automatisierte Prüfberichterstellung
- Verwaltung von Prüfpersonal inkl. Dosismanagement
- Prüfmittelüberwachung und -verwaltung
- Anlage von Prüfobjekten inkl. Prüfparameter, ROI, ...
- Zentraler Zugriff auf Prüfanweisungen und -vorschriften
- Unterstützende Systemhinweise und Erinnerungen
- Smarte Auswertbarkeit der Daten, z.B. für Statistiken
- Beschleunigung der Abrechnungsprozesse
- Benutzerzugriff jederzeit und von überall möglich

Jetzt Termin für eine kostenlose Demonstration vereinbaren!

**DRIVE**NDT  
www.drive-ndt.com

Eine Softwarelösung von  
**DÜRR** NDT **AAP**NDT

AAP NDT Channel-Partner Deutschland



\* Basierend auf Kundenerfahrungen

Die Rubrik „Mitgliedsfirmen“ bietet Herstellern und Dienstleistern, die in der DGZfP organisiert sind, die Möglichkeit, Leser\*innen der ZfP-Zeitung über neue Produkte, Firmenjubiläen oder personelle Veränderungen in ihren Unternehmen zu informieren. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den inserierenden Mitgliedsunternehmen. Die Redaktion behält sich vor, unverlangt eingesandte Beiträge zu kürzen.

## Applus+ setzt bei der Digitalisierung des ZfP-Workflows auf **DRIVE NDT**

Als einer der führenden Anbieter von ZfP-Servicedienstleistungen in Deutschland investiert Applus+ in Zukunftstechnologien. Eine der zentralen Herausforderungen der Zukunft stellt die Beschleunigung der Abläufe bei der ZfP durch Digitalisierung dar. „Ein wesentliches Versprechen ist es, dass der Prüfbericht eines akkreditierten Unternehmens das letzte Wort des Fachmannes oder der Fachfrau vor Gericht ist. Dafür ist Vertrauen in die Korrektheit der Arbeitsabläufe und die rechtliche Mangelfreiheit der Ergebnisse eine grundlegende Voraussetzung. Aus diesem Grund ist die Rückverfolgbarkeit und Revisionsicherheit der Prüfergebnisse und Prüfberichte unerlässlich. Durch die Digitalisierung unserer Abläufe erleichtern wir unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Ermittlung des Prüfergebnisses und der Dokumentation im Prüfbericht.“ erklärt Dr. Michael Neiser, Geschäftsführer bei Applus+ Deutschland. Darum setzt Applus+ bereits seit 4 Jahren auf

die ZfP-Workflow-Management-Plattform DRIVE NDT, welche aktuell an zahlreichen Standorten in Deutschland im Einsatz ist.

„Wir nutzen DRIVE NDT für den gesamten Leistungserbringungsprozess von der Auftragsanlage, bis hin zur Reporterstellung und Sicherung der Prüfergebnisse“ erläutert Dr. Michael Neiser. Zu jeder Zeit werden Qualifikationen von Prüfern und Auswertern sowie Kalibrierungen und Wartungsstände von Geräten überprüft und so eine fehlerhafte Zuteilung bei der Auftragserstellung verhindert. Sämtliche Information, die digital übertragen werden kann, ist hilfreich, um Fehler zu vermeiden. Die Integration von D-Tect X, der RT-Imaging-Software von DÜRR NDT, mit automatischer Übertragung der Messparameter und -ergebnisse, erfüllt diese Anforderung und zeigt die Vision, die hinter DRIVE NDT steht.

„Die Verfügbarkeit von DRIVE NDT war bisher einwandfrei. Auch der Service und die Beratung sind absolut empfehlenswert.

Daraus ist eine sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit entstanden“ lobt Oliver Rosendahl. Dass dies keine leeren Worte sind, zeigt die Entscheidung bei Applus+, DRIVE NDT an allen Standorten in Deutschland einzuführen. Einen besseren Vertrauensbeweis in die Qualität ihrer Software können sich AAP-NDT und DÜRR NDT kaum vorstellen.

[www.drive-ndt.com](http://www.drive-ndt.com)



## Mobile Handjochmagnete – dank HELLING Power Case

Handjochmagnete der Serie HANSA, gefertigt im Hause HELLING, bewähren sich seit Jahrzehnten bei der Magnetisierung von Prüfteilen wie z. B. Schweißnähten. Sie sind leicht, handlich und sehr leistungsstark. Der schmale Griffsteg ermöglicht ein ermüdungsfreies Arbeiten auch über einen längeren Zeitraum.

Hinderlich war bisher der Umstand, dass am Prüfort eine entsprechende Stromversorgung vorhanden sein musste. Durch das HELLING Power Case (s. Abb. 1) wird

das Handjochmagnet nun zu einer mobilen Einheit. So können die Handjochmagnete UM 8, UM 9 und UM 10 Serie HANSA-42 an Prüforten außer Hause eingesetzt werden; die Stromversorgung ist immer mit dabei!

Durch verschiedene schwenkbare Vorsatzpole können Handjochmagnete optimal auf die Prüfoberfläche aufgesetzt werden. Sie können mit einem seitlichen Kabelausgang oder Kabelausgang nach oben (s. Abb. 2) ausgestattet werden.

Die wichtigsten Kenndaten der Standardausführung sind: Betriebsspannung 42 V, Betriebsstrom 6 A, Gewicht ca. 4,5 kg, Abmessungen (B x T x H) 270 mm x 210 mm x 170 mm. Bei 50 % ED (Prüftakt an/aus jeweils 15 s) beträgt die Betriebszeit für die Handjochmagnete UM 9 und UM 10 ca. 8 Stunden. Eine grüne Kontrollleuchte signalisiert ausreichende Ladung, bei Unterspannung leuchtet sie rot.

[www.helling.de](http://www.helling.de)



Abb. 1: HELLING Power Case



Abb. 2: HELLING Handjochmagnet Serie HANSA-42



Abb. 3: HELLING Power Case im mobilen Einsatz

## PFINDER 73 ProLight: Auf der NDT-Roadshow live erleben



Die PFINDER KG in Böblingen ist einer der führenden Hersteller von Prüfmitteln für die Magnetpulver- und Eindringprüfung. Neben der langjährigen Marktführerschaft im Bereich der Serienprüfungen in der Automobilindustrie bietet PFINDER ein komplettes Prüfmittelprogramm für alle industriellen Bereiche an. Prüfmittel von PFINDER sind auch für Anwendungen im Luftfahrtbereich zugelassen.



Links: Herkömmlicher UV-Strahler  
Rechts: PFINDER 73 ProLight

Der neue Handstrahler PFINDER 73 ProLight mit seinen 16 UV-LEDs und einer besonders großflächigen Ausstrahlung ist inzwischen weltweit verfügbar. Über die PFINDER-Standorte in USA, Mexiko und China sowie das Händlernetzwerk kann das Gerät lokal bezogen werden.

Im Rahmen der NDT-Roadshow Deutschland am 11. Oktober 2023 in Magdeburg haben die Teilnehmenden die nächste Gelegenheit, den Handstrahler live und in der praktischen Anwendung zu erleben.

PFINDER 73 ProLight bietet eine überragende Ausstrahlungsfläche, die man bisher höchstens von sehr guten stationären Strahlern kannte. Darüber hinaus eine überragende Homogenität der UV-Strahlung im Bereich eines Durchmessers von bis zu 50 cm (Abstand 38 cm) mit einer Bestrahlungsintensität von 1000 bis 3500  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Alle gängigen Normen und Spezifikationen werden erfüllt, entsprechende Zertifikate können erstellt werden (Bsp. RRES 90061, ASTM E3022). Für das akkubetriebene Gerät



werden Standard-Akkus des CAS-Systems verwendet. Somit können Zusatz- oder Ersatzakkus einfach über den Handwerks-/Industriebedarf bezogen werden können.

[www.pfinder.de](http://www.pfinder.de)



## Baker Hughes Waygate Technologies bringt Krautkrämer RotoArray comPact für industrielle Inspektion auf den Markt

Waygate Technologies, a Baker Hughes business und weltweit führender Anbieter von Lösungen für die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) in der Industrie, stellt mit Krautkrämer RotoArray comPact ein tragbares Gerät für die manuelle Phased-Array-Ultraschallprüfung von großflächigen Verbundwerkstoffen vor. Der neue und verbesserte Rollenprüfkopf ergänzt die bestehende Krautkrämer RotoArray-Produktlinie, die speziell für die Inspektionsanforderungen in der Luftfahrt-, Raumfahrt- und Windenergie entwickelt wurde.

Krautkrämer RotoArray comPact ist mit der neuen und patentierten comPact-Technologie von Waygate Technologies ausgestattet und macht damit leichtere, einfachere und kostengünstige Ultraschall-Anwendungen mittels Phased Array möglich. Durch die comPact-Technologie entfällt die Notwendigkeit eines zusätzlichen Phased-Array-Geräts für Anwender, da die miniaturisierte Elektronik die PA-Leistung direkt in den Prüfkopf integriert.

„Mit dieser branchenweiten Technologiereihe wollen wir die Phased Array-Ultraschallprüfung einfacher, kostengünstiger und vor allem für jeden in der Industrie zugänglich machen, für den sie von Nutzen ist“, erklärt Miao Wang, General Manager Ultrasound bei Waygate Technologies. „Krautkrämer RotoArray comPact ist unser erstes comPact-basiertes Produkt. Wir sind jedoch bereits dabei, weitere Anwendungen für comPact zu entwickeln und freuen uns auf deren Markteinführung.“

### comPact: Die derzeit leichteste verfügbare Phased Array-Lösung

Das Konzept von comPact komprimiert die Funktionalität der Phased Array (PA)-Elektronik auf einen Chip, der gerade einmal halb so groß ist wie ein Daumen. Die miniaturisierte Geräteelektronik reduziert das Volumen um den Faktor 100 und den Stromverbrauch um den Faktor 20 im Vergleich zu herkömmlichen PA-Geräten. Damit ermöglicht comPact die einfache Stromversorgung über USB von einem Tablet oder PC

aus. Minimale Größe und geringes Gewicht bieten maximale Flexibilität bei der Unterbringung der PA-Elektronik in einer Box, direkt im Scanner oder sogar im PA-Prüfkopf selbst. Durch die Integration der Elektronik in den Prüfkopf wird auch die Qualität der Prüfung verbessert. Dies wird durch ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis erreicht.

### Maximale Mobilität und mühelose Bedienung bei minimaler Ausrüstung

Das RotoArray comPact vereint die Leistung eines kompletten PA-Prüfsystems in einem Prüfkopf. Für den Betrieb von RotoArray comPact wird das Gerät einfach über ein USB-Kabel an ein Tablet oder einen PC angeschlossen. Mit einem Wi-Fi- oder Mobilfunk-kompatiblen Tablet oder PC können Nutzer eine Verbindung zu einem vor Ort verfügbaren Netzwerk herstellen, um Inspektionsdaten zügig auszutauschen und zu speichern und so schneller Inspektionserkenntnisse zu gewinnen.

[www.bakerhughes.com/waygate-technologies](http://www.bakerhughes.com/waygate-technologies)

## Verteilte Sensorelektronik zur energieeffizienten und vorausschauenden Instandhaltung von Bauwerken

Vor dem Hintergrund einer alternden Infrastruktur gewinnt in Deutschland die Ermittlung des Zustands von kritischen Bauwerken wie Brücken, Kläranlagen oder Staudämmen zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit eine immer höhere Bedeutung. Aber auch aus wirtschaftlichen Gründen sind Industriestandorte auf eine funktionierende Infrastruktur angewiesen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert »ImaB-Edge« mit ca. 5,6 Millionen Euro.

Die ungeplante Sperrung einer Brücke kann einen volkswirtschaftlichen Schaden in Höhe von mehreren Millionen Euro täglich verursachen. Werden Schäden bei Infrastrukturbauwerken frühzeitig erkannt, analysiert, bewertet und dann auch zeitnah instandgesetzt, können Kosten in Milliardenhöhe vermieden werden. Die Herausforderung besteht hierbei in der Bereitstellung einer umfassenden Daten- und Informationsgrundlage am Bauwerk selbst, welche zur Bewertung des Bauwerkszustands von entscheidender Bedeutung ist.

### Permanente Überwachung von Infrastrukturbauwerken

Im Verbundprojekt ImaB-Edge entwickeln Materialforschungs- und -prüfungseinrichtungen in Kooperation mit Hard- und Softwareentwicklern, Bauunternehmen und Infrastrukturbetreibern ein modular konfigurierbares elektronisches System, welches die Grundlage für eine Vor-Ort-Bewertung von Ingenieurbauwerken legt. Das System wird zum permanenten Monitoring des Zustands der Bausubstanz von Infrastrukturbauwerken verwendet. Die in ein Bauwerk integrierten Sensoren nehmen dabei fortwährend Messdaten auf, die in einem Knotenpunkt gesammelt und mittels künstlicher Intelligenz analysiert und bewertet werden. Durch die einfache Einbindung eines mobilen Ultraschallinspektionssystems können bei Bedarf zerstörungsfreie Prüfungen an kritischen Stellen zur signifikanten Verbesserung des Informationsgehaltes durchgeführt werden. Der Zustand des Bauwerks wird dann zu einer Leitstelle oder an Servicepersonal übertragen.

Neben Autobahnbrücken sollen perspektivisch auch an Bahnanlagen, Tunneln, Dämmen etc. kritische Zustände oder signifikante Veränderungen frühzeitig erkannt werden, damit entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können. Einerseits können dadurch potenziell fatale Unfälle vermieden werden, andererseits kann sichergestellt werden, dass kostenintensive Baumaßnahmen erst dann durchgeführt werden, wenn dies tatsächlich erforderlich ist. Das Vorhaben trägt damit zur Sicherheit von Infrastruktur und zu deren kostensparendem Unterhalt bei.

### ImaB-Edge-Konsortium

Das Verbundvorhaben ist mit seinen zehn projektbeteiligten Partnern stark interdisziplinär und komplementär aufgestellt und vereint ein breites Spektrum an Unternehmen auf dem Gebiet der Konzeption, Bau, Betrieb und Überprüfung kritischer Infrastruktur sowie Unternehmen und Forschungsinstitutionen mit Schwerpunkten auf Sensorik, Software und Datenökosysteme.

[www.izfp.fraunhofer.de](http://www.izfp.fraunhofer.de)

## SHS – Stahl-Holding-Saar und VECTOR qualifizieren gemeinsam zu zerstörungsfreien Prüfverfahren

### Dillingen wird Stützpunkt für Qualifizierungen – VECTOR bereitet Teilnehmende auf Zertifizierung im NDT-Bereich vor

Zerstörungsfreie Prüfverfahren gehören zu den normierten und heute am häufigsten genutzten Verfahren der Qualitätsprüfung in der Industrie. Mit dem nun unterzeichneten Kooperationsvertrag zwischen der SHS – Stahl-Holding-Saar (SHS) und der VECTOR Technische Unternehmensberatung (TUB) GmbH – einem Unternehmen der TÜV Saarland Holding GmbH – erhält das Saarland ein ausgezeichnetes Ausbildungszentrum für Beschäftigte im Saarland und darüber hinaus.

„Dank anerkannter und normierter Prüfverfahren können wir die Qualität unserer Produkte auf transparente Art und Weise sicherstellen und für unsere Kunden bestens dokumentieren“, so Dr. Peter Maagh,

Geschäftsführer SHS – Stahl-Holding-Saar, Ressort Technik. Joerg Disteldorf, Geschäftsführer SHS und verantwortlich für das Ressort Personal, ergänzt: „Durch die Kooperation mit den ZfP- und Schulungsprofis der VECTOR TUB GmbH können wir unsere Mitarbeitenden ebenso wie ZfP-Beauftragte anderer Unternehmen hier im Saarland vor Ort schulen und auf die entsprechenden Zertifizierungen vorbereiten.“

Prüfen, schulen, zertifizieren. Mit diesem Dreiklang engagiert sich die TÜV Saarland ZfP-Gruppe in der Qualitätssicherung für den gesamten Materialzyklus. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Qualifizierung der Mitarbeitenden in den Unternehmen. „Experten im internationalen Netzwerk der ZfP-Gruppe schulen Teilnehmende an Standorten in Deutschland, Europa, USA und Asien. Die akkreditierten Programme erfüllen alle zumindest die Anforderungen

einer Personalzertifizierung nach den Normen DIN EN ISO 9712, DIN ISO 18436-1, DIN EN ISO 9972, der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU sowie des ASME B&PV Code für eine Arbeitgeberzertifizierung nach SNT-TC-1A und ANSI/ASNT CP-189. Ich freue mich sehr, dass wir mit der SHS – Stahl-Holding-Saar einen kompetenten Standortpartner gewinnen konnten, der unser Angebot weiter bereichern wird“, sagt Dr. Achim Jung, Geschäftsführer der VECTOR TUB GmbH/TÜV Saarland ZfP-Gruppe.

Die ersten Schulungen sind bereits erfolgreich durchgeführt worden. Weitere Schulungsmaßnahmen am neuen Standort in Dillingen sind bereits ausgeschrieben und werden noch in diesem Jahr durchgeführt. Die Nachfrage zeigt, dass dieses Angebot gut angenommen wird.

[www.vectortub.com](http://www.vectortub.com)

## Ursachen von Rissen in verzinkten Hochleistungsstählen entdeckt: BAM-Forschung verbessert Sicherheit von Autoteilen

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat neue Erkenntnisse zu den Ursachen von Flüssigmetallversprödung (Liquid-Metal Embrittlement, LME) von Stählen gewonnen. Die Forschung konzentrierte sich auf zinkbeschichtete Hochleistungsstähle, die insbesondere in der Automobilindustrie eingesetzt werden. Die Ergebnisse ermöglichen es, innovative Legierungslösungen zu entwickeln, die LME unterdrücken und so den Weg für einen breiten Einsatz in der Industrie ebnen können. Zinkbeschichtungen sind unerlässlich, um Stähle vor Korrosion zu schützen. Das Zink reagiert mit der Oberfläche des Stahls und bildet eine robuste Zinkschicht auf der Oberfläche, die ausgezeichneten Korrosionsschutz bietet und die Lebensdauer des Stahls verlängert.

### Rissbildung stellt Automobilindustrie vor Herausforderungen

Doch beim Schweißen der einzelnen Verbindungsstücke kann die Zinkbeschichtung zu

Mikrorissen an den Stahlteilen führen. „LME ist ein seit Jahrzehnten bekanntes Problem, das auch bei verzinkten Stählen auftritt“, so Prof. Robert Maaß von der BAM. Das ist gerade in der Automobilindustrie eine Herausforderung, wo Fahrzeugkarosserien bis zu 5.000 Punktschweißnähte aufweisen, und die Integrität der verwendeten Materialien wichtig ist, um Sicherheitsrisiken zu minimieren.

Um präzisere Vorhersagen zur Rissanfälligkeit zu treffen und präventive Maßnahmen ergreifen zu können, ist ein tieferes Verständnis der Mechanismen der Flüssigmetallversprödung entscheidend. Neue Methoden zur Materialcharakterisierung und Simulationstechniken können dazu beitragen, die Ursachen zu identifizieren und Lösungsansätze zu entwickeln.

### Innovative Forschungsmethode soll Stähle langlebiger machen

Forscher\*innen der BAM haben sich daher auf die Untersuchung der frühen Stadien

der Flüssigmetallversprödung konzentriert. Hierbei lag der Fokus auf der Struktur, Thermodynamik und Atomistik an den Grenz- und Oberflächen des Stahls. Sie haben einen innovativen Ansatz entwickelt, der elektronenmikroskopische Untersuchungsmethoden mit computergestützten Simulationsmodellen, u. a. der sogenannten dichte-basierten Phasenfeldtechnik, die an der BAM entwickelt wird, kombiniert, um Defekte zu erklären.

„Unsere Erkenntnisse ermöglichen es, LME-resistente, fortschrittliche Hochleistungsstähle zu entwickeln, die langlebiger und ressourceneffizienter sind“, resümiert das Team um Robert Maaß, Reza Darvishi Kamachali und Tilmann Hickel. „So leistet unsere Forschung einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen und energieeffizienten Automobilproduktion.“

[www.bam.de](http://www.bam.de)

## Vollendeter Generationswechsel: Hans-Joachim Münch tritt zurück – Eindrucksvolles Kapitel findet Abschluss



Ein bedeutendes Kapitel geht zu Ende: Hans Joachim Münch, Mitbegründer der SONOTEC GmbH, tritt zum 31. August 2023 von seiner Position als langjähriger Geschäftsführer zurück und folgt Gründungspartner Dr. Santer zur Horst-Meyer in den wohlverdienten Ruhestand. Während sich ein Kapitel schließt, erreicht der lang vorbereitete Generationswechsel beim weltweit anerkannten Spezialisten für Ultraschallmesstechnik gleichzeitig seinen Höhepunkt.

Seit der Gründung im Jahr 1991 hat Hans-Joachim Münch mit visionärer Weitsicht und bemerkenswertem Engagement die Entwicklung der SONOTEC GmbH maßgeblich geprägt. Gemeinsam mit Dr. Santer zur Horst-Meyer hat er den heutigen Hidden Champion aufgebaut und zu einem Produkt- und Lösungsspezialisten ausgebaut, insbesondere in den Fokusbereichen: Sensoren für die Nicht-Invasive Flüssigkeitsüberwachung in der Medizintechnik, Biotechnologie und Halbleiterindustrie; digitale Ultraschallprüfgeräte für die Instandhaltung 4.0 sowie kundenspezifische Ultraschallwandler. In allen drei Geschäftsbereichen ist das Technologieunternehmen mit seinen Produkten heute weltweit führend.

Der Wechsel in der Geschäftsführung begann bereits 2019, als seine beiden Kinder Manuela Münch und Michael Münch in die Leitung des Unternehmens eintraten und als Teil einer Dreierspitze zusammen mit ihrem Vater die Geschäftsleitung über-

nahmen. Diese schrittweise Übergabe war wohlüberlegt und diente dazu, die Kontinuität und den Erfolg von SONOTEC zu sichern.

„Die Gründung und Führung der SONOTEC GmbH waren für mich eine unglaubliche Reise, auf die ich mit Stolz und Freude zurückblicke. Es ist nach 32 Jahren nun der richtige Zeitpunkt, die Führung des Unternehmens komplett in die Hände der nächsten Generation zu geben. Beide haben gezeigt, dass sie das Unternehmen erfolgreich in die Zukunft führen werden,“ betonte Hans-Joachim Münch.

Seit beinahe einem Jahrzehnt sind die Geschwister Manuela Münch und Michael Münch in verschiedenen Positionen bei SONOTEC aktiv und bringen ihre umfassende Expertise in die Unternehmensführung ein. Als geschäftsführende Gesellschafter werden sie gemeinsam die Zukunft gestalten und die Erfolgsgeschichte von SONOTEC fortschreiben.

[www.sonotec.de](http://www.sonotec.de)

Lerne uns  
unverbindlich  
kennen!\*

# Gestalte Deine Zukunft in der ZfP

Wir unterstützen dich und fördern die Zerstörungsfreie Prüfung durch

- Vernetzung und Wissenstransfer
- Aus- und Weiterbildung
- Nachwuchsförderung und -gewinnung



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.

Werde Mitglied und profitiere von unserem weitreichenden Netzwerk

\* Studierende und Auszubildende haben bis zur Vollendung des 30. Lebensjahres die Möglichkeit der temporären Mitwirkung im Verein in Form eines „Kennenlernjahres“. Das „Kennenlernjahr“ ist gebührenfrei, auf 12 Monate befristet und endet automatisch.

[www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de)

DGZfP e.V. | Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin | Tel. 030 67807-0 | [mitgliederservice@dgzfp.de](mailto:mitgliederservice@dgzfp.de)



## Wir begrüßen unsere neuen Mitglieder

### PERSÖNLICHE MITGLIEDER

Aus Datenschutzgründen entfernt.

### KORPORATIVE MITGLIEDER

## Die DGZfP gratuliert allen Jubilaren sehr herzlich

Aus Datenschutzgründen entfernt.

---



**Zerstörungsfreie Prüfung  
Prüfgeräte - Prüfmaschinen  
Materialprüfung**

**BERATUNG | PROBLEMLÖSUNG | LEIHGERÄTE | SERVICE**

**Ihr Partner für wirtschaftliche Qualitätssicherung durch Werkstoffprüfung**

Mittli GmbH & Co KG | Tel: +43 (0)1 7986611-0 | [www.mittli.at](http://www.mittli.at) | 1030 Wien, Hegergasse 7

## Die DGZfP trauert um verstorbene Mitglieder und Fachkollegen

**Ralf Wagner**, geb. 19. Oktober 1959, verstarb am 16. Oktober 2022 im Alter von 62 Jahren. Er war 14 Jahre *persönliches* Mitglied der DGZfP.

## Arbeitskreise – Termine & Themen

Liebe Besucher\*innen & Gäste der DGZfP-Arbeitskreise,

wir veröffentlichen aktuelle Arbeitskreis-Termine regelmäßig auf unserer Website: [www.dgzfp.de/Arbeitskreise/Terminübersicht](http://www.dgzfp.de/Arbeitskreise/Terminübersicht)

**Wichtiger Hinweis: Eine Anmeldung zu den Sitzungen ist unbedingt erforderlich.** Das betrifft sämtliche Veranstaltungen (regionale und überregionale Online-Meetings, Präsenz- und Hybridsitzungen sowie Exkursionen).

Über unseren kostenlosen und unverbindlichen E-Mail-Service erhalten Sie regelmäßig die gewünschten Einladungen zu allen Arbeitskreisen. Die Registrierung können Sie vornehmen über [www.dgzfp.de/Benutzerkonto](http://www.dgzfp.de/Benutzerkonto)

### Überregionaler Arbeitskreis

- 12.10.2023** **Standardisierung – Wie geht[‘s] eigentlich Normung?**  
Impulsvortrag „Normung – Made in Germany?“  
*Dr. Thomas Wenzel, DGZfP e.V., Berlin*  
**Grundlagen zur nationalen, europäischen und internationalen Normungsarbeit**  
*Dr. Michael Schmitt, DIN-NMP, Berlin*  
**Wie kommt die Expertise in die Norm?**  
*Dr. Franziska Baensch, DIN-NMP, Berlin*  
**Erfahrungsbericht aus der Normungsarbeit**  
**Ultraschallprüfung**  
*Thomas Heckel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin*

### AK Berlin

- 07.11.2023** Veranstaltung in Vorbereitung  
**05.12.2023** Veranstaltung in Vorbereitung

### AK Düsseldorf

- 06.11.2023** Veranstaltung in Vorbereitung  
**11.12.2023** Veranstaltung in Vorbereitung

### AK Ems-Vechte

- 13.11.2023** **Ultraschall Phased Array Prüfung – wie ist das Einsatzgebiet dieses Verfahrens in der Praxis und stellt es einen Ersatz für die Durchstrahlungsprüfung dar?**  
*Martin Maass, testsinn Training & Projektplanung industrielle Prüftechnik, Asendorf*

### AK Halle-Leipzig

- 18.10.2023** *Experimentalvortrag*  
**Ultraschallprüfung mit einem modernen Phased-Array-Prüfgerät – welche Möglichkeiten der Fehlerauffindung gibt es?**  
*Heiko Küchler, EVIDENT Europe GmbH, Hamburg*

### AK Halle-Leipzig

- 05.12.2023** *Exkursion ins BTZ Bernburg - Jahresabschluss*  
**Drahtgebundene additive Fertigung mit Kunststoff (ugspl. 3-D-Druck)**  
*Dirk Wienicke, SLV Halle GmbH, Bernburg*

### AK Siegen

- 24.10.2023** **Qualifizierung des Prüfpersonals - Neuigkeiten aus Normung, Schulung und Zertifizierung**  
*Dr. Ralf Holstein, DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Berlin*
- 28.11.2023** **Zukunftsweisende Ultraschallprüfung mit dem neuen UT8000 von PROCEQ, Schweiz**  
*Jürgen Mallasch, PTH GmbH, Hamminkeln*  
**Vorstellung einer neuen akkubetriebenen und ölkühlten Röntgenröhre für den mobilen Einsatz**  
*Marc Lührenberg, PTH GmbH, Hamminkeln*

### AK Thüringen

- 19.10.2023** *Gemeinschaftsveranstaltung mit dem DVS Bezirksverband Ostthüringen*  
**Jetzt knallt’s: Experimentalvortrag – Tipps und Tricks zur Fehlervermeidung beim Bolzenschweißen**  
*Live-Schweißen inkl. anschließender zerstörungsfreier und zerstörender Prüfung*

### AK Zwickau-Chemnitz

- 07.11.2023** **„Das Wissen der Mitarbeiter als Firmenkapital – Wie lässt sich das erfassen und für die folgende Arbeitsgeneration bereitstellen?“**  
*Solveig Hausmann, Technische Universität Dresden*
- 12.12.2023** **Betriebsbeanspruchung von Bauteilen und die Auswirkungen auf das Gefüge – Nachweis mittels ambulanter Metallografie?**  
*Ralf Jordan, imq Ingenieurbetrieb GmbH, Crimmitschau*

Datum Ort	Veranstaltung	Veranstalter
<b>2023</b>		
23. – 26.10.2023 Houston/TX/USA	ASNT 2023 – The Annual Conference	ASNT <a href="https://asnt.eventsair.com/asnt-2023-the-annual-conference">https://asnt.eventsair.com/asnt-2023-the-annual-conference</a>
28.10. – 02.11.2023 Salt Lake City/UT/USA	15 <sup>th</sup> Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society (PHM 2023)	PHM Society <a href="https://phm2023.phmsociety.org">https://phm2023.phmsociety.org</a>
05. – 08.11.2023 Busan/Südkorea	14. International Symposium on NDT in Aerospace	KSME <a href="https://aerondt2023.org">https://aerondt2023.org</a>
08. – 09.11.2023 Würzburg	1. Fachtagung Bauwerksprüfung nach DIN 1076	VFIB e.V. <a href="http://www.vfib-ev.de/veranstaltungen/2023-fachtagung.php">www.vfib-ev.de/veranstaltungen/2023-fachtagung.php</a>
 14. – 15.11. Kassel	<b>Seminar des FA Ultraschallprüfung</b>	<b>DGZfP</b> <a href="https://ultraschall2023.dgzfp.de">https://ultraschall2023.dgzfp.de</a>
28. – 30.11.2023 Brescia/Italien	ART'23 – 14 <sup>th</sup> International Conference on non destructive investigations and micronanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage	AIPnD <a href="http://www.aipnd.it/art_23_international_conference">www.aipnd.it/art_23_international_conference</a>
<b>2024</b>		
06. – 09.02.2024 Wels/Österreich	iCT 2024 – 13 <sup>th</sup> International Conference on Industrial Computed Tomography	FH OÖ <a href="http://www.fh-ooe.at/ict2024">www.fh-ooe.at/ict2024</a>
 20. – 21.02. Harzgerode	<b>1. Fachseminar „Historisches trifft Materialkunde“ Kulturgut untersuchen, verstehen und bewahren mithilfe materialkundlichen Expertenwissens</b>	<b>DGZfP</b> <a href="https://historie2024.dgzfp.de">https://historie2024.dgzfp.de</a>
 29.02. – 01.03. Berlin	<b>Fachtagung Bauwerksdiagnose</b>	<b>DGZfP, BAM</b> <a href="https://fachtagung-bauwerksdiagnose.de">https://fachtagung-bauwerksdiagnose.de</a>
 07.03. Leipzig	<b>20. Seminar: Aktuelle Fragen der Durchstrahlungsprüfung und des Strahlenschutzes</b>	<b>DGZfP</b> <a href="https://ds2024.dgzfp.de">https://ds2024.dgzfp.de</a>

Datum Ort	Veranstaltung	Veranstalter
12. – 13.03.2023 Kaiserslautern	11 <sup>th</sup> International Workshop on Terahertz Technology and Applications 2024	Fraunhofer ITWM <a href="https://www.itwm.fraunhofer.de/en/fairs_events/2024/2024_03_12_workshop-terahertz-technology-applications-en.html">https://www.itwm.fraunhofer.de/en/fairs_events/2024/2024_03_12_workshop-terahertz-technology-applications-en.html</a>
 12. – 14.03. Erfurt	13. Fachtagung – ZfP im Eisenbahnwesen	DGZfP <a href="https://eisenbahn2024.dgzfp.de">https://eisenbahn2024.dgzfp.de</a>
 06. – 08.05. Osnabrück	DGZfP-Jahrestagung 2024 ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung	DGZfP <a href="https://jahrestagung2024.dgzfp.de">https://jahrestagung2024.dgzfp.de</a>
27. – 31.05.2024 Incheon/Korea	20 <sup>th</sup> World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2020)	KSNT <a href="http://www.20thwcndt.com">www.20thwcndt.com</a>
 10. – 13.06. Potsdam	EWSHM 2024 11 <sup>th</sup> European Workshop on Structural Health Monitoring	DGZfP, Airbus, BAM, DLR, Universität des Saarlandes <a href="http://www.ewshm2024.com">www.ewshm2024.com</a>
11. – 13.06.2023 Nürnberg	SENSOR+TEST 2024 – Die Messtechnik-Messe	AMA Service GmbH <a href="http://www.sensor-test.de">www.sensor-test.de</a>
19. – 21.06.2024 Cambridge/UK	FATIGUE 2024 – 9 <sup>th</sup> Engineering Integrity Society International Conference on Durability & Fatigue	Engineering Integrity Society <a href="https://fatigue2024.com">https://fatigue2024.com</a>
01. – 05.07.2024 Zagreb/Kroatien	17 <sup>th</sup> Quantitative Infrared Thermography Conference (QIRT 2024)	Energetika marketing <a href="https://qirt2024.org">https://qirt2024.org</a>
 18. – 20.09. Potsdam	EWGAE 2024 36 <sup>th</sup> Conference of the European Working Group on Acoustic Emission	DGZfP, THM, Universität Augsburg <a href="http://www.ewgae2024.com">www.ewgae2024.com</a>
24. – 27.09.2024 Berlin	InnoTrans 2024	Messe Berlin <a href="http://www.innotrans.de">www.innotrans.de</a>

## → Besuchen Sie die virtuellen Arbeitskreise der DGZfP!

Informationen zu Themen und Terminen finden Sie auf Seite 61 und online unter

[www.dgzfp.de/arbeitskreise](http://www.dgzfp.de/arbeitskreise)



## → Die ZfP-Zeitung ist Ihr idealer Werbeträger!

Mit einer Auflage von rund 3.600 Exemplaren erreicht die ZfP-Zeitung die ZfP-Firmen und ZfP-Experten in fast allen europäischen und in den wichtigen Ländern in Übersee.

Sonderkonditionen bei mehr als fünfmaliger Schaltung sind möglich.

Die neuen Anzeigenpreise und -formate sowie weitere Metadaten finden Sie unter:

[www.dgzfp.de/mediadaten](http://www.dgzfp.de/mediadaten)

Die ZfP-Zeitung wird klimaneutral gedruckt.



## IMPRESSUM

Die ZfP-Zeitung wird von der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP), der Österreichischen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (ÖGfZP) und der Schweizerischen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (SGZP) herausgegeben.

Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag der Gesellschaften enthalten.

### Redaktion

Dr. Jochen Kurz, DGZfP (V.i.S.P.)  
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin  
Tel.: +49 30 67807-105 | E-Mail: [jk@dgzfp.de](mailto:jk@dgzfp.de)

Dr. Eric Cataldi | Schweizerische Bundesbahnen SBB  
Ferrovie Federali Svizzere FFS | P-O-UHR-FZG-QK-VTK  
Viale Officina 18 | 6500 Bellinzona | Schweiz  
Tel.: +41 79 479 06 09 | E-Mail: [eric.cataldi@sbb.ch](mailto:eric.cataldi@sbb.ch)

Dr. Wolfgang Schützenhöfer, ÖGfZP  
Jochen Rindt-Str. 33 | 1230 Wien | Österreich  
Tel.: +43 1 890 99 08 | E-Mail: [office@oegfzp.at](mailto:office@oegfzp.at)

Gerald Idinger, ÖGfZP  
Jochen-Rindt-Str. 33 | 1230 Wien | Österreich  
Tel.: +43 1 890 99 08 | E-Mail: [office@oegfzp.at](mailto:office@oegfzp.at)

Dr. Thomas Wenzel, DGZfP  
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin  
Tel.: +49 30 67807-0 | E-Mail: [mail@dgzfp.de](mailto:mail@dgzfp.de)

Anja Schmidt, DGZfP  
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin  
Tel.: +49 30 67807-103 | E-Mail: [zeitung@dgzfp.de](mailto:zeitung@dgzfp.de)

### Anzeigenverwaltung

Anja Schmidt, DGZfP  
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin  
Tel.: +49 30 67807-103 | E-Mail: [anzeigen@dgzfp.de](mailto:anzeigen@dgzfp.de)

### Layout

Anja Schmidt, DGZfP  
Tel.: +49 30 67807-103 | E-Mail: [zeitung@dgzfp.de](mailto:zeitung@dgzfp.de)

Manuel Schwartz, DGZfP  
Tel.: +49 30 67807-116 | E-Mail: [zeitung@dgzfp.de](mailto:zeitung@dgzfp.de)

Sigrid Sy, DGZfP  
Tel.: +49 30 67807-104 | E-Mail: [zeitung@dgzfp.de](mailto:zeitung@dgzfp.de)

### Druck

Druckhaus Sportflieger  
Sportfliegerstr. 7 | 12487 Berlin

Die Redaktion behält sich vor, Zuschriften zu kürzen. Ein Anspruch auf Abdruck besteht nur für Gegendarstellungen im Sinne des Presserechts.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen die Meinung des Autors, nicht unbedingt die der Redaktion dar. Die Verantwortung für den Inhalt der Anzeigen liegt ausschließlich bei den Inserenten.

ISSN 1616-069X

Die nächste Ausgabe der ZfP-Zeitung erscheint im Dezember 2023.

**Redaktionsschluss: 8. November 2023**



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG e.V.

Zerstörungsfreie Materialprüfung

# DGZfP-JAHRESTAGUNG 2024

Anmeldeschluss für Beiträge:  
31. Oktober 2023

6. - 8. Mai



**ZfP IN FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG**



© Fotos OsnaBrückHalle H. Penttermann



Der neue

# VUMAN<sup>®</sup> E3

dition

-64

## Profitieren Sie von....

- dem **High Performance** System Upgrade
- der neuen „**True Control Articulation**“: X-WAY 2.0, die komplett **überarbeitete**, analoge **Kamerakopf-Abwinkelung**

True Control Articulation

## Und freuen Sie sich auf...

- die noch **präzisere** Abwinkelungssteuerung
- die deutlich spürbare **Leistungssteigerung** des Systems
- **volle Funktionskompatibilität** zu allen bestehenden **VUMAN E3** Modellen bzw. allen **V3** Wechselsonden
- **Upgrade Optionen** für ältere **VUMAN E3** Systeme



**Sie wollen umsteigen?**

Kein Problem! Ob Neukauf oder Umrüstung Ihres bestehenden Systems, unser Sales-Team berät Sie gern!