



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

AUSGABE 176

Oktober 2021



jugend  forscht

DGZfP-Sonderpreise bei
jugend forscht 2021



Fotos: Stiftung Jugend forscht e.V.

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 AUS DER DGZfP	
3	DGZfP-Nachwuchs mit Vortrag zur Transformation der Branche Marika Maniszewski, Giovanni Schober
3	ICNDT mit neuem Webauftritt
4	Im Gespräch mit Dr. Dirk Treppmann Lernen Sie unser Vorstandsmitglied kennen Dirk Treppmann
HINTER DEN KULISSEN	
6	Wir stellen vor – DGZfP-Ausbildungszentrum in Hamburg
8	Wer steckt dahinter? – Tagungen und Seminare
ARBEITSKREISE UND FACHAUSSCHÜSSE	
10	40 Experten beim Austausch in Moers Dr. Peter Mikitisin, Gordon Pelz
11	Leitungswechsel im Arbeitskreis Mannheim
VERANSTALTUNGEN ANKÜNDIGUNGEN	
12	Tagungen und Seminare der DGZfP
14	Beitragsaufruf zur DGZfP-Jahrestagung 2022
15	Ausschreibung der DGZfP-Preise 2022
NACHWUCHSAKTIVITÄTEN	
16	Neue Metallograph*innen – Wir gratulieren den Absolvent*innen des Lette Vereins Berlin Anja Schmidt
18	Seminar für angewandte ZfP im Ausbildungszentrum Magdeburg Peter Kirsch
20	„Mich fasziniert die Vielseitigkeit der ZfP“ Julia Willich, Anja Schmidt
JUGEND FORSCHT 2021	
22	DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“ – Preisträger*innen der Landeswettbewerbe und des Bundeswettbewerbs
STELLENMARKT	
30	Stellenmarkt
GESCHÄFTSSTELLE ÖGfZP	
32	ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufen 1 und 2
33	ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufe 3



Titel: DGZfP-Sonderpreise bei Jugend forscht 2021

[Bericht auf Seite](#)

22



Vorstandsmitglied Dr. Dirk Treppmann im Gespräch

[Bericht auf Seite](#)

4

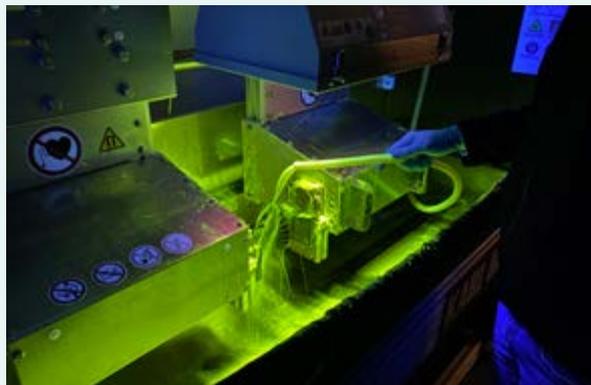


BC-Kurs für Studierende im Ausbildungszentrum Berlin

[Bericht auf Seite](#)

20

GESCHÄFTSSTELLE SGZP	
34	Kurs- und Prüfungsprogramm der SGZP 2021
DGZfP AUSBILDUNG UND TRAINING	
36	Neuer NDT Master® Gunnar Morgenstern
36	Schulungsprogramm 2022 erschienen
38	Luftfahrtausbildung im DGZfP-Ausbildungszentrum München Uwe Elpelt, Thomas Müller
FACHBEITRÄGE	
41	Nachwuchspreis 2021 Zur Validierung von ZfP-Verfahren für die Nachrechnung von Brücken Stefan Küttenbaum
PRÜFPRAXIS	
50	Computertomographie zur zerstörungsfreien Prüfung von AM-Bauteilen – Chancen und Grenzen Lennart Schulenburg
MITGLIEDSFIRMEN	
57	VisiConsult bietet eigene Prüfdienstleistungen an
57	Bei MT Aerospace will man hoch hinaus!
58	Neue Betriebsleitung beim IT-Service in der Hauptstelle in Leipzig
58	SPECTRO stellt neues SPECTROMAXx LMX09 Funkenspektrometer vor
59	Eddyfi Technologies: der neue aufstrebende ZfP-Star
59	Innviertler Knödel meets Hamburger
60	Qualitech und Eurofins bündeln ihre Kräfte
KALENDER	
61	Geburtstagskalender
66	Internationaler Tagungskalender
NEUE DGZfP-MITGLIEDER	
63	Neue Korporative und Persönliche Mitglieder
LESERBRIEF	
64	Kommentar zum Artikel „Das Thema Zuverlässigkeit ist nicht unterzukriegen!“ Andreas Hecht
IMPRESSUM	
68	Impressum



ZfP-Kurse für die Luftfahrt – was ist besonders?

[Bericht auf Seite](#)

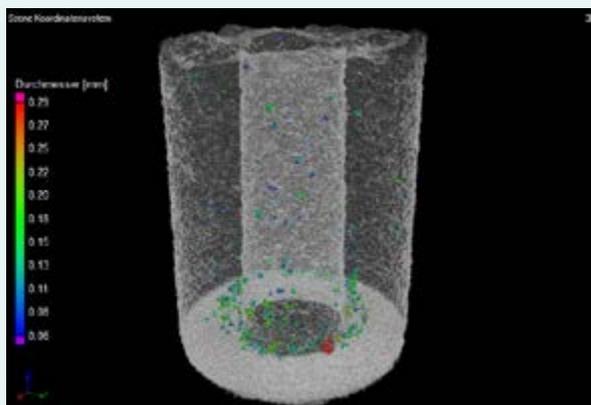
38



Fachbeitrag zur Validierung von ZfP-Verfahren für die Nachrechnung von Brücken – ausgezeichnet mit dem Nachwuchspreis 2021

[Bericht auf Seite](#)

41



Beitrag über die Möglichkeiten der Computertomographie an additiv gefertigten Bauteilen

[Bericht auf Seite](#)

50

DGZfP-Nachwuchs mit Vortrag zur Transformation der Branche

Die U 35-Gruppe der DGZfP traf sich am 19. August 2021 erneut virtuell, nachdem die geplante Präsenzsitzung aufgrund der aktuell ansteigenden Coronafälle und der Reisebeschränkungen einiger Mitglieder abgesagt wurde.



Die beiden Sprecher der Gruppe Falk Ahrens (MQ Engineering GmbH) und Giovanni Schober (SKZ – Das Kunststoffzentrum) eröffneten das bereits fünfte Zusammentreffen und übergaben für den fachlichen Teil an Lennart Schulenburg von der VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH.

Diskussion zur Transformation der ZfP-Branche

Die 15 Teilnehmenden lauschten interessiert dem Vortrag zum Thema „ZfP 4.0: Digitalisierung und Transformation der Branche“. Dieser gab Zündstoff für eine anregende Diskussion. Politisch und medial ausgeschlachtet, wird das Schlagwort „(Industrie) 4.0“ oftmals falsch verstanden und mit Begriffen wie „Digitalisierung“ gleichgesetzt. Es besteht die Gefahr, dass Europa und insbesondere Deutschland bei diesem, der Meinung aller Anwesenden nach, unvermeidlichen Zukunftsthema abgehängt wird. Nur durch eine intensive Ausbildung in Schulen, Universitäten und auch über die Mitwirkung von Verbänden kann „ZfP 4.0“ zur Normalität werden. Wünschenswert sind daher einheitliche Definitionen, wie sie auch

in den Fachausschüssen der DGZfP entwickelt werden und davon abgeleitet systematisch aufgebaute Schulungsangebote.

In diesem Kontext wurde festgehalten, dass ein Austausch zwischen dem Fachausschuss ZfP im Zeichen der Digitalisierung – ZfP 4.0 und der U 35-Gruppe sinnvoll ist. Eine entsprechende Einladung zur nächsten Sitzung wird an die Fachausschussvorsitzenden gerichtet, um Querschnittsthemen zu identifizieren.

Mitgliederzahl stabil

Im Anschluss informierte Marika Maniszewski (DGZfP) über die aktuellen Mitgliederzahlen der DGZfP-Nachwuchsgruppe. Aktuell sind 72 Personen verzeichnet, zuzüglich elf weiterer beratender Mitglieder. Personen, die im laufenden Jahr das 36. Lebensjahr erreichen, scheidern zum Ende des jeweiligen Jahres aus der Gruppe U 35 aus. Sie bleiben der Gruppe allerdings beratend – ohne Stimmberechtigung – für weitere drei Jahre erhalten.

Die Gruppe U 35 ist eine zusätzliche Gruppe im Bereich der persönlichen Mitglieder. Somit scheidern die über 35-Jährigen lediglich aus der Untergruppe aus und sind weiterhin Mitglied in der Gruppe C (Persönliche Mitglieder).

Laufende und zukünftige Projekte

Bereits vor dem ersten coronabedingten Lockdown erarbeitete die Gruppe eine Plattform für Abschlussarbeiten, Praktika oder Promotionsstellen, die auf der Website der DGZfP platziert werden soll. Universitäten, Institute und Unternehmen haben hier die Möglichkeit, entsprechende Angebote zu veröffentlichen. Die bekannten Umstände haben einige Arbeiten stillliegen lassen, sodass dieses Projekt nun wieder vorangetrieben wird.

Neben weiteren Ideen und Anregungen, wie z. B. eine mögliche Förderung der DGZfP für eine gezielte Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen zu schaffen, wurde darüber hinaus die geplante Zusammenarbeit mit dem Fachausschuss Hochschullehrer begrüßt, um an gemeinsame Interessen beider Gremien anzuknüpfen.

Marika Maniszewski, Giovanni Schober

ICNDT mit neuem Webauftritt

Der Weltverband für Zerstörungsfreie Prüfung, das International Committee for Non-Destructive-Testing (ICNDT), hat seit Kurzem einen überarbeiteten Webauftritt.

Die neue Webseite verfügt über ein zeitgemäßes, übersichtliches Layout und ist responsiv gestaltet. Sie funktioniert auf allen Endgeräten, egal ob Smartphone, Tablet oder Laptop. Zudem wurde die inhaltliche Struktur aufgeräumt und umgebaut. Das Ergebnis ist eine für die Leser*innen funktionalere und ansprechendere Homepage.

www.icndt.org



Im Gespräch mit Dr. Dirk Treppmann Lernen Sie unser Vorstandsmitglied kennen



geb. am 06.01.1965
in Hagen in Westfalen
verheiratet, zwei Töchter
Spitzname: Treppi

Meine Kolleg*innen halten mich für... *teamorientiert und offen*
Das sind meine größten Stärken... *eine gute Arbeitsorganisation und eine besondere Freude am Präsentieren*
Das ist meine größte Schwäche... *ich sollte gelassener sein, auch wenn es mal nicht perfekt läuft*
Das bringt mich auf die Palme... *Gleichgültigkeit und Willkür sowie Managemententscheidungen mit geringer Halbwertszeit*

Dabei kann ich entspannen... *sehr laute Hard-Rock-Musik hebt meine Stimmung enorm; das Rauschen des Meeres bringt mich schnell runter*

Für die Zukunft der DGZfP wünsche ich mir... *Menschen, die von Ihren Arbeitgebern auch den Freiraum zur Mitarbeit in Gremien erhalten. Vielen Controllern ist nicht bewusst, welchen enormen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens Mitarbeiter haben, die zum Beispiel Normen entwickeln*

Wie kamen Sie zur ZfP?

Die zerstörungsfreie Prüfung war in allen meinen beruflichen Stationen ein wichtiges Instrument, um die Kernaufgaben zu lösen. Aber ich war noch nie in einem Unternehmen oder Institut beschäftigt, das sich im Schwerpunkt mit der ZfP beschäftigt hat.

Meine ersten Berührungspunkte mit der ZfP waren vor fast 40 Jahren der Bauch-Ultraschall während meiner Arbeit als Rettungssanitäter und die Endoskopie während meiner Ausbildung zum Kfz-Mechaniker.

Als Maschinenbau-Ingenieur in der Werkstoff-Forschung in den 1990er Jahren arbeitete ich dann mit Röntgenbeugung, Ultraschall und visueller Prüfung im Rahmen eines Joint-Ventures mit der DaimlerChrysler AG.

In meinem jetzigen Tätigkeitsbereich als Leiter Materials Engineering bei Evonik nutzen wir zur Beurteilung des sicherheitstechnischen Zustands von Chemieanlagen nahezu alle zerstörungsfreien Verfahren.

Die ZfP war und ist also immer ein wichtiger Teilaspekt meines Aufgabenfeldes.

Was haben Sie davor gemacht?

Ich stamme aus einer Handwerksfamilie und habe zunächst eine Ausbildung als Rettungssanitäter und als Kraftfahrzeugmechaniker absolviert. In dieser Zeit ist mir klar geworden, dass ich eher theoretisch veranlagt bin und es mir mehr liegt, „über Arbeit zu reden“. Das Maschinenbaustudium und die Promotion im Bereich Werkstofftechnik waren da eine wichtige Basis, um heute die Dinge zu tun, die mir liegen und Spaß machen.

Welche Rolle spielt die ZfP in Ihrem Arbeitsalltag?

Ich habe mich immer mit der Frage beschäftigt: Wie kann die ZfP helfen, meine Kernaufgaben zu lösen? Meine jetzige Aufgabe ist es, einen weltweiten Beitrag zur Anlagenverfügbarkeit und Anlagensicherheit unserer Chemieanlagen zu leisten. Dabei wird auch die ZfP angewendet, um bereits im laufenden Anlagenbetrieb Prüfungen durchzuführen, die es erlauben, Korrosionsvorgänge im Innern zu erkennen, bevor sie sicherheitstechnisch relevant werden können. Wir vermeiden dadurch ungeplante Stillstände, reduzieren die



Dirk Treppmann (li.) mit einem Evonik-Kollegen bei Mitsubishi in Japan.

Dauer geplanter Stillstände und erhöhen auch die Sicherheit der Anlage. Der Einsatz der ZfP erzeugt einen erheblichen Mehrwert für Evonik. Die Vermeidung und die Erkennung von Korrosion spielen eine große Rolle. Das bedeutet auch, dass man verstehen muss, welche Schädigungsarten der chemische Prozess hervorrufen kann. Es macht keinen Sinn, wenn Ultraschallwanddickenmessungen durchgeführt werden, falls der zu erwartende Schädigungsmechanismus transkristalline Spannungsrissskorrosion sein könnte. Vertiefte Kenntnisse zu den verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen und den Auswirkungen auf die eingesetzten Werkstoffe sind Grundlage des Handelns. Evonik kann und muss nicht alles aus Gold bauen, um die Korrosion in den Griff zu bekommen.

Seit wann engagieren Sie sich in der DGZfP?

Meine ehemaligen Chemie-Kollegen Dr. Andreas Hecht und Wilfried Hueck haben mich vor rund zehn Jahren dazu gebracht, verantwortungsvolle Aufgaben für die DGZfP zu übernehmen. Zunächst als Beiratsmitglied, dann als Vorsitzender des Ausschusses für Berufs- und Ausbildungsfragen (ABAF) und Mitglied im Lenkungsausschuss der DPZ. Im Jahr 2018 bin ich zum Mitglied des Vorstandes gewählt worden.

Für die DGZfP arbeiten zu dürfen, bereichert mein Berufsleben in besonderer Weise. An strategischen Prozessen eines mittelständischen Unternehmens mitwirken zu können und die Umsetzung unmittelbar zu erleben, ist etwas, das man in einem Großkonzern nur selten erfahren kann. Als Vorstand kommt man in Kontakt mit Entscheidungsträgern aus Forschung, Wirtschaft und Politik. Eine großartige Belohnung für den ehrenamtlichen Einsatz.

Wie wird sich die DGZfP in Ihren Augen entwickeln?

Die DGZfP hat sehr motivierte Mitarbeitende, eine kompetente Leitung und sehr engagierte ehrenamtliche Mitglieder, die ständig neue Impulse in die DGZfP tragen. Teil dieser Community zu sein, macht mich sehr stolz und dankbar. Ich bin mir sicher, dass diese Vielfalt eine hervorragende Basis ist für wirtschaftlichen Erfolg und für unsere zentralen Aufgaben: Die Entwicklung, die Anwendung und die Verbreitung der zerstörungsfreien Prüfverfahren zu fördern.

Ich erwarte nachhaltige Veränderungen im Bereich der Digitalisierung. Diese werden unsere Ausbildungsaktivitäten, unsere Tagungen und Arbeitskreise und auch die Prüftechniken weiter in deutlicher Weise verändern. Wir haben durch die Coronapandemie in rasanter Geschwindigkeit Videokonferenzen als Teil unserer täglichen Arbeit eingeführt. Ich denke, dass es weiterhin schwierig bleibt, nachhaltiges Vertrauen zum Gesprächspartner oder Kunden ausschließlich über diese Medien aufzubauen. Der reine Austausch von fachlichem Inhalt ist aber möglich. Man muss sich sicherlich fragen, ob es zukünftig immer notwendig ist, für eine mehrstündige Besprechung beispielsweise nach Japan zu fliegen. Ich bin gespannt, wie groß der Spagat wird, um z. B. bei den Tagungen das richtige Format zu finden.

Wie kann ZfP bekannter werden?

Im Gespräch mit Freunden, Bekannten oder auch Fremden kommen wir immer wieder zu der Frage „Zerstörungsfreie Prüfung? Was ist das denn?“ – genauer erklärt, wird meist schnell klar was gemeint ist. Das macht deutlich: Der Begriff ZfP ist sperrig!

Um eine hohe Akzeptanz in der breiten Öffentlichkeit zu erreichen, müssen wir einen anderen Begriff wählen.

Alle kennen Verfahren der Zerstörungsfreien Prüfung aus der Medizin. Röntgen, Ultraschall oder eine Magenspiegelung sind den meisten Menschen ein Begriff. Durch die Überführung der bekannten Verfahren in die industriellen Anwendungen, wird die ZfP verständlicher und greifbarer.

Mit was beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Schon als kleiner Junge war ich ein großer Autofan und bin inzwischen begeisterter Fahrer eines vollelektrischen PKW. Wie viel Spaß es machen kann und wie unkompliziert es ist, ein Elektroauto zu fahren, hätte ich eigentlich nicht gedacht. Klassische Autos faszinieren mich aber ebenso. Das Blubbern eines 65er Shelby Mustang V8 löst halt immer noch Herzklopfen aus.

Ziemlichen Ehrgeiz habe ich bei der Digitalisierung unseres Hauses. Die Smart-Home-Technik ist mein Steckenpferd. Wenn ich überall das Licht, die Rollos und die Temperatur per App steuern kann, fasziniert mich das. Meine Frau muss da gelegentlich meinen Tatendrang bremsen.

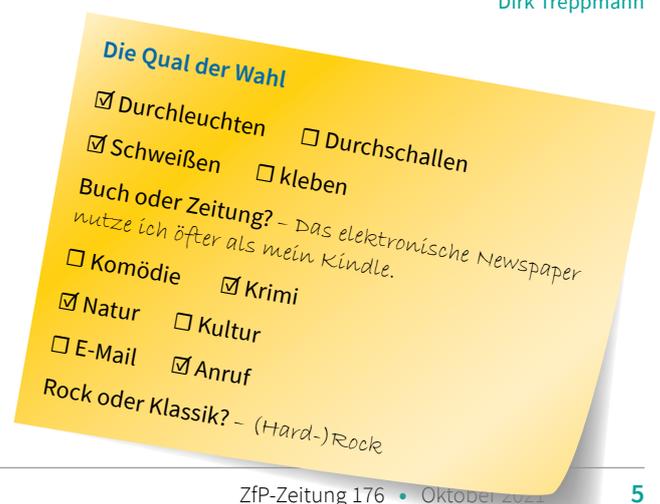
Etwas Besonderes ist für mich die mehr als 30-jährige Freundschaft mit meinen Studienkollegen. Wir treffen uns immer noch regelmäßig und gehen auch gemeinsam auf Reisen. Im letzten Jahr waren wir „kurz vor Corona“ in der Karibik segeln und haben die Windward Islands entdeckt.



Der Familienmensch: Dirk Treppmann mit seinen Töchtern

Über allem steht für mich aber meine Familie. Ich habe zwei großartige Zwillingstöchter und eine wunderbare Frau, die voll hinter mir steht. Meine Zwillingstöchter studieren Maschinenbau mit der Fachrichtung Werkstofftechnik. Sie arbeiten nun als studentische Mitarbeiter am gleichen Institut wie damals ihr Papa. Wenn sie über ihre Arbeit in der Metallografie oder am Mikroskop sprechen, bin ich immer wieder genauso begeistert wie die beiden. Stolz bin ich auf den guten Zusammenhalt in unserer Familie und die vielen gemeinsamen Aktivitäten.

Dirk Treppmann





Wir stellen vor DGZfP-Ausbildungszentrum in Hamburg

Schwerpunkte und Tätigkeiten

Das Schulungszentrum liegt im Westen der Stadt direkt am Hamburger Volkspark. Hervorgegangen ist es aus dem HELLING-Ausbildungszentrum (HAZ), das bereits Ende der 1970er Jahre im Bereich der Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung firmeninterne Schulungen für eigene Mitarbeiter und Kunden durchgeführt hat. Im September 1983 erhielt das Ausbildungszentrum die Anerkennung als Ausbildungszentrum der DGZfP und führte die Ausbildung in den Verfahren PT, MT, RT und UT gemäß der damaligen DGZfP-Richtlinie für ZfP-Prüfer durch. Die Schulungen und Prüfungen fanden zu der Zeit noch in den eigenen Gebäuden der HELLING KG am Hamburger Hafen statt. 1989 zog das Unternehmen an den jetzigen Standort in der Sylvesterallee. Bezüglich der Schulungen wurden extra dafür großzügige Räumlichkeiten (Seminarräume und Laborräume) geplant und gebaut, darunter zwei Röntgenbunker sowie mehrere Labore für die Eindringprüfung und Magnetpulverprüfung. Mit Einführung der DIN EN 473 im Jahr 1993 wurden diese Räume auch entsprechend in den Verfahren PT, MT, RT, UT, VT bis zur Stufe 2 voll ausgelastet. Ab 1993 bis 1995 gab es neben der Tätigkeit als anerkannte Ausbildungsstätte der DGZfP eine enge Zusammenarbeit mit dem TÜV Nord in Hamburg, die heute noch Bestand hat. 1995 entstand das jetzige DGZfP-Ausbildungszentrum Hamburg/HELLING. Alle vorhandenen Geräte wurden damals von der DGZfP übernommen, Leiter des neuen DGZfP-Ausbildungszentrums wurde Gunnar Morgenstern (damals noch Mitarbeiter der HELLING KG).

Heute finden die Schulungen weiterhin in den extra dafür erbauten und eingerichteten Seminar- und Praxisräumen statt. Schwerpunkte der ZfP-Aus- und -Weiterbildung sind die Verfahren UT, RT (inkl. Auswertung von Durchstrahlungsaufnahmen mit Film, Speicherfolie und DDA), PT, MT und VT bis zur Stufe 2 (Erstqualifikation und Rezertifizierungsveranstaltungen) und Schulungen zum Nachweis der Fachkunde im Strahlenschutz. Auf Kundenwunsch werden spezialisierte Tagesschulungen, Seminare und Prüferwerkerschulungen gemäß DIN 54161 durchgeführt. Alle Angebote können auch als Inhouse-Veranstaltungen gebucht werden. Qualifikationsprüfungen und die Zertifizierung erfolgen unter den Anforderungen der DGZfP-Personalzertifizierungsstelle (DPZ). Die Schulungen werden ausnahmslos von Mitarbeiter*innen durchgeführt, welche die fachliche Qualifikation DGZfP Stufe 3 in dem jeweiligen Verfahren haben, über eine entsprechende berufliche Praxis verfügen und in Pädagogik und sozialer Kompetenz geschult sind. Das DGZfP-Schulungszentrum Hamburg/HELLING ist auch zugelassenes Schulungszentrum der TÜV Nord Zertifizierungsstelle für ZfP-Prüfpersonal. Kunden, die ein Zertifikat dieser akkreditierten Personenzertifizierungsstelle anstreben, können die Schulung im DGZfP-Ausbildungszentrum Hamburg/HELLING durchführen, die Prüfung und Zertifizierung erfolgt durch TÜV Nord.

Das Dozenten-Team



Uta Siedentopf

Fachleiterin der DGZfP für VT
Dozentin für die Prüfverfahren RT, MT, PT und VT



Ralph Fischer

Dozent für die Prüfverfahren UT, MT, PT und VT



Markus Zander

Dozent für die Prüfverfahren RT, UT, PT, MT und VT

Die Leitung



Gunnar Morgenstern

Regionalleiter Hamburg/Berlin
Fachleiter der DGZfP für PT und MT
Dozent für die Prüfverfahren PT, MT, RT, UT, VT

Kontakt

DGZfP Ausbildungszentrum Hamburg/HELLING

Sylvesterallee 2
22525 Hamburg
Tel.: +49 40 555034-39 oder -45
Fax: +49 40 555034-19
E-Mail: azhh@dgzfp.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, www.sgsgroup.de

AUF DEM WEG ZU NEUEN PERSPEKTIVEN?

Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Ihre Bewerbung:
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.



Wer steckt dahinter? Tagungen und Seminare

Unsere Abteilung plant, organisiert und veranstaltet alle Tagungen und Fachseminare der DGZfP aber auch Konferenzen für oder mit Partnerorganisationen auf nationaler und internationaler Ebene. In den vergangenen Jahren hat die Zahl der Veranstaltungen stetig zugenommen und auch die Formate haben sich verändert. Klassische Vortragsveranstaltungen gibt es nur noch selten, meist finden Ausstellungen, Posterpräsentationen, Workshops oder Exkursionen parallel statt.

Genauso vielseitig wie unsere Veranstaltungen sind auch die Aufgaben in unserer Abteilung und unser Arbeitsalltag. Oft arbeiten wir auf mehreren „Baustellen“ gleichzeitig. Angefangen mit der Suche nach dem passenden Tagungsort bis hin zur Betreuung der Veranstaltung vor Ort heißt es, stets den Überblick zu behalten.

Geplanter Termin und Veranstaltungsort müssen zusammenpassen. Die Infrastruktur, eine gute Erreichbarkeit und natürlich die Kosten spielen bei der Auswahl des Veranstaltungsortes eine wichtige Rolle. Hotelkontingente müssen organisiert und das Rahmenprogramm geplant werden. Jede Veranstaltung hat ihre eigene Webseite, die von uns erstellt und gepflegt wird. Das wissenschaftlich-technische Programm einer jeden Konferenz oder Fachtagung wird entweder per Beitragsaufruf ausgeschrieben oder durch ein Expertengremium zusammengestellt. Alle Beiträge und Teilnehmeranmeldungen durchlaufen unser Veranstaltungstool, das über viele Jahre von unserer IT speziell nach unseren Anforderungen entwickelt und ständig optimiert wurde. Nahezu alle Prozesse, wie die Programmerstellung, die Erstellung von Drucksachen, Teilnehmerausweisen und -unterlagen, Mailings an Vortragende und Teilnehmende sowie Rechnungen u.v.m. werden daraus generiert.

Am Ende einer langen Vorbereitung heißt es dann Kisten packen und vor Ort die Erwartungen möglichst aller Teilnehmenden, Vortragenden, Aussteller und Sponsoren erfüllen und die Veranstaltung reibungslos durchführen.

Die Vorbereitungszeit einer Veranstaltung dauert durchschnittlich sechs bis acht Monate für Fachseminare und ein bis zwei Jahre für unsere Jahrestagung und für nationale und internationale Kongresse. Spannend ist unsere Arbeit auch im Hinblick auf immer neue Themen und die Auseinandersetzung mit interessanten Menschen und Charakteren. So ist jede Veranstaltung neu und einzigartig.

Mit einigen Veranstaltungen in den vergangenen zwei Jahren und unserer Jahrestagung 2021 haben wir gezeigt, dass sich die DGZfP auch in der Welt der virtuellen Tagungen behaupten und sehr gut präsentieren kann. So wollen wir auch zukünftig ansprechende und erfolgreiche Veranstaltungen organisieren, die auch sich ändernden Anforderungen und Thematiken gerecht werden. Wir sind offen für Ihre Anregungen, Wünsche und Kritik.

Das Team



Christine Krüger

Nach meiner Zeit als Luftverkehrskauffrau habe ich am 1. April 2021 in der Tagungsabteilung der DGZfP angefangen. Ich freue mich auf die spannenden und vielseitigen Aufgaben in einem tollen Team. Gemeinsam mit meiner Familie erkunde ich in meiner Freizeit gern das Berliner Umland, am liebsten mit dem Fahrrad. Ob mit Papier oder Stoff – ich mag es kreativ zu sein, lese gern und liebe das Tanzen.



Marita Völler

Seit 12 Jahren verstärke ich die Tagungsabteilung der DGZfP in Berlin-Adlershof. Viele interessante und abwechslungsreiche Aufgaben begleiten mich schon in dieser Zeit und neue folgen. Meine Freizeit verbringe ich am liebsten mit Familie und Freunden. Ich mache gern verschiedene Unternehmungen, Spaziergänge und Fahrradtouren – auch verbunden mit Wasser, gehe gern ins Kino und auf Reisen.



Anne Zimmermann

Ich arbeite seit 21 Jahren in der Tagungsabteilung der DGZfP. Die Arbeit macht mir sehr viel Spaß, da sie immer wieder neue interessante Herausforderungen bietet. Meine Freizeit verbringe ich am liebsten im schönen Brandenburg und bin dort gern mit dem Fahrrad oder auf dem Wasser unterwegs.

Die Leitung



Steffi Dehlau

Vor 21 Jahren kam ich zur DGZfP und leite seit 2003 die Abteilung Tagungen und Seminare. Die Vielfältigkeit unserer Aufgaben, die kleinen und großen Herausforderungen, der direkte Kontakt zu Kunden und Geschäftspartnern und unser klasse Team motivieren mich täglich aufs Neue!

Ich bin im Berliner Umland zuhause und verbringe meine Freizeit am liebsten aktiv, ob im häuslichen Garten, in den Wäldern und auf den Seen in Brandenburg oder in der Badmintonhalle.

Kontakt

DGZfP e.V.
Tagungen und Seminare
Max-Planck-Str. 6
12489 Berlin

Tel.: +49 30 67807-120 bis -123

Fax: +49 30 67807-129

E-Mail: tagungen@dgzfp.de

OmniScan X3 – Das neue Prüfgerät



Innovativer TFM-Modus

OmniScan – der Standard für portable Phased-Array-Prüfgeräte – kann ab sofort noch mehr! Nutzen Sie jetzt unsere neuen leistungsstarken Tools im neuen OmniScan X3 für ein noch präziseres, effizienteres Arbeiten.

Prüfen Sie mithilfe von beeindruckenden **TFM**-Bildern (Total Focusing Method), die durch eine vollständige Matrixerfassung (**FMC**) erzeugt wurden.

Profitieren Sie von einer optimierten Phased-Array-Bildgebung, einem innovativen **Live-TFM-Envelope-Feature** und dem neuartigen **integrierten Reflexionssimulator** mit AIM-Funktion (Acoustic Influence Map) für den TFM-Modus.



<https://www.olympus-ims.com/de/phasedarray/omniscan-x3/>

Liebe Besucher & Gäste der DGZfP-Arbeitskreise,

Aufgrund der aktuellen Einschränkungen durch die Pandemie, ist die Terminplanung zurzeit schwierig. Wir veröffentlichen aktuelle Arbeitskreis-Termine regelmäßig auf unserer Website.

www.dgzfp.de/Arbeitskreise/Terminübersicht

Wichtiger Hinweis: Eine Anmeldung zu den Sitzungen ist unbedingt erforderlich. Das betrifft sämtliche Veranstaltungen (regionale und überregionale Onlinemeetings, Präsenz- und Hybrid-Sitzungen 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

40 Experten beim Austausch in Moers



Am 14. Juni 2021 fand die erste Präsenzveranstaltung des Arbeitskreises (AK) Düsseldorf in diesem Jahr auf dem Gelände der PELZ GmbH & Co.KG in Moers statt.

Für die Sicherheit der 40 Teilnehmenden war durch das firmeneigene Corona-Testzentrum zu Beginn der Veranstaltung gesorgt. Im Anschluss daran ging es zu einem entspannten Get-together bis Dr. Matthias Purschke, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der DGZfP, am frühen Abend die Arbeitskreissitzung eröffnete.

Verabschiedung und Neuernennung der Arbeitskreisleitung

Eine besondere Ehrung galt an diesem Tag Martin Klein, der bis Dezember 2020 die Leitung des Arbeitskreises innehatte. Matthias Purschke überreichte ihm zum Abschied eine Urkunde und bedankte sich herzlich für die langjährige vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Als Nachfolger wurden Dr. Peter Mikitisin als neuer Arbeitskreisleiter sowie Gordon Pelz und Holger Aßmann als stellvertretende Arbeitskreisleiter ernannt und mit der Überreichung einer Ernennungsurkunde geehrt.

Fachvorträge des Abends

Nach den Auszeichnungen folgten zwei Fachvorträge aus der Zerstörungsfreien Prüfung. Thomas Fausten (Waygate Technologies) sprach zum Thema „SAMT – Effiziente Prüfung von Eisenbahn-

Vollwellen“. Danach referierte Roman Dörn (MR Chemie GmbH) aus Unna zum Thema „Risslumineszenz (Rilluminati)“.

Gordon Pelz: „Der fachliche Erfahrungsaustausch stärkt Unternehmen der ZfP in der Region.“

Abschließend war für das leibliche Wohl der Teilnehmer*innen gesorgt. Bei kühlen Getränken und einem Buffet auf der Dachterrasse blieb genug Zeit, um sich zu vernetzen und in den Erfahrungsaustausch zu gehen.

Dr. Peter Mikitisin, Gordon Pelz



Matthias Purschke (li.) verabschiedet Martin Klein (re.) als Arbeitskreisleiter

Leitungswechsel im Arbeitskreis Mannheim

Schon im Dezember 2020 gab es im Arbeitskreis Mannheim einen Führungswechsel. Gerda Bach, die schon seit zehn Jahren die Leitung des Arbeitskreises innehatte, legte das Amt nieder und übergab den Staffelstab an Roger Marhöfer.

Da im Dezember pandemiebedingt keine Präsenztreffen der Arbeitskreise stattfinden konnten, musste auch die offizielle Verabschiedung auf sich warten lassen.

Am 13. Juli 2021 war es dann endlich soweit. Der Arbeitskreis richtete eine Sitzung ausschließlich für Gerda Bachs Abschied aus. 24 Gäste nahmen daran teil und würdigten die hervorragende Organisation des Arbeitskreises unter ihrer Leitung. Dr. Matthias Purschke, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied, ließ es sich nicht nehmen Gerda Bach im Namen des gesamten Vorstands persönlich zu verabschieden und überreichte eine Urkunde und ein Präsent.



Gerda Bach wird von Matthias Purschke im Namen des DGZFP-Vorstands verabschiedet



Carestream NDT

Worldwide NDT Products and Solutions



Globale Stärke. Lokale Unterstützung.

Bei Carestream NDT, schätzen wir unsere Beziehung zu Ihnen, den NDT-Technikern und Fachleuten weltweit. Wir hören Ihnen zu und berücksichtigen Ihre Anforderungen und Bedürfnisse. Nur so können wir Ihnen einen lösungsorientierten Ansatz bieten und das richtige Digitalsystem für Sie finden. Das Ergebnis ist die Steigerung von Produktivität und Rentabilität.

Individuelle digitale ZfP-Lösungen

- **5 DR Detektoren:** 75 μ / 98 μ / 139 μ Auflösung, high-speed, großes oder kompaktes Format
- **2 Non-Glass DR Detektoren:** verschiedene Formate
- **2 CR Systeme:** Leistungsstark im Labor und mobil im Einsatz vor Ort
- **Imaging Plates:** GP - HR and XL Blue Speicherfolien in zahlreiche Formaten
- **INDUSTREX Digital Viewing Software:** all-in-one software für CR, DR, und Film Scanner

carestream.com/ndt



NDT ndt-Service.de

**CARESTREAM NDT AND YOU.
WE'RE BETTER TOGETHER.**



© Carestream Health, Inc., 2021. CARESTREAM and INDUSTREX are trademarks of Carestream Health. 08/21

Carestream

Tagungen und Seminare der DGZfP

Unser Tagungsteam arbeitet täglich an der Umsetzung der aktuellen, gesetzlichen Vorgaben, um Ihnen eine sichere Tagungsteilnahme zu gewährleisten.

Aktuelle Maßnahmen gegen die Verbreitung des Coronavirus finden Sie auf der jeweiligen Veranstaltungswebsite:

10. – 11. November 2021, Berlin

Seminar des FA Ultraschallprüfung Konventionelle und innovative Anwendungen der Ultraschallprüfverfahren

mit Geräteausstellung

Das diesjährige Seminar des Fachausschusses Ultraschallprüfung der DGZfP befasst sich mit konventionellen und innovativen Anwendungen der Ultraschallprüfverfahren. Auch hier spielen die Phased-Array-Verfahren aufgrund ihrer vielfältigen Prüffunktionalitäten eine große Rolle. Innovative Prüflösungen, nicht zuletzt für komplexe Komponenten und Materialien, basieren unter anderem auf kontaktlosen Verfahren, beispielsweise der luftgekoppelten Ultraschallprüfung. Darüber hinaus bieten Methoden aus dem informationswissenschaftlichen Bereich – die Stichworte künstliche Intelligenz und Augmented Reality seien stellvertretend genannt – neue Möglichkeiten bei der Akquisition und der Auswertung von Ultraschalldaten. In Vorträgen und Diskussionen soll die Vielfalt der Anwendungen der Ultraschallverfahren vermittelt werden. Hersteller und Dienstleister sind eingeladen, im Rahmen der begleitenden Geräteausstellung ihre Produkte zu präsentieren.

Die Mitglieder des Fachausschusses Ultraschallprüfung freuen sich auf Ihre Teilnahme.

www.dgzfp.de/seminar/ultraschall

10. – 11. Februar 2022, Berlin

Fachtagung Bauwerksdiagnose

mit Geräteausstellung

Der Fachausschuss ZfP im Bauwesen der DGZfP und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) laden Sie wieder zur Fachtagung Bauwerksdiagnose nach Berlin ein. Im bewährten Format mit Workshop, Vorträgen, Postern, Geräteausstellung und Gerätevorführungen liegt der Fokus auf der praxisnahen Vermittlung neuester Forschungsergebnisse, der Anwendung von Regelwerken sowie baupraktischen Beispielen. Der Workshop, in diesem Jahr zum Thema Methoden der Dauerüberwachung von Bauwerken, findet am Vormittag des ersten Tagungstages statt.

Die Abendveranstaltung in der Versuchshalle der BAM am ersten Veranstaltungstag bietet die Möglichkeit, an Gerätevorführungen teilzunehmen und selbst Messungen durchzuführen. Posterbeiträge können bis zum 30. November angemeldet werden.

Das Programm liegt dieser Ausgabe der ZfP-Zeitung bei.

<https://fachtagung-bauwerksdiagnose.de>

15. – 17. März 2022, Erfurt

12. Fachtagung ZfP im Eisenbahnwesen

mit Geräteausstellung

Der DGZfP-Fachausschuss ZfP im Eisenbahnwesen lädt zu seiner 12. Fachtagung vom 15. – 17. März 2022 wieder nach Erfurt in das Kongresszentrum der Messe Erfurt ein.

Unsere Einladung richtet sich an Anwender und Dienstleister aller Bereiche der zerstörungsfreien Prüfung im Eisenbahnwesen und bei Stadtbahnen sowie an Fachleute aus Forschung und Entwicklung.

Folgende Themenschwerpunkte sind vorgesehen:

- Zerstörungsfreie Prüfmethoden
- Digitalisierung
- Zuverlässigkeit und Messunsicherheit zerstörungsfreier Prüfungen
- Vergleichskörper, Referenzkörper und Ringversuche für die ZfP
- Standardisierung der zerstörungsfreien Prüfung
- Schadensfälle und Schadensanalyse
- Entwicklung und Einsatz neuer und alternativer Verfahren und Prüftechniken
- Konformitäten und Kompetenzen
- Aus- und Weiterbildung

Das Programm zur Tagung erscheint im November.

www.dgzfp.de/seminar/eisenbahn

22. März 2022, Berlin

Anwenderseminar CarbonSafe2 – Entwicklung einer referenzfreien Strukturüberwachung für Faserverbundwerkstoffe

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Maßnahme „KMU-innovativ: Elektronik und autonomes Fahren“ geförderte Projekt „CarbonSafe 2“ entwickelte referenzfreie Ultraschall-Prüfsystem für ausgewählte Komponenten aus Faserverbundwerkstoffen (CFK) im Kraft- und Nutzfahrzeugbereich soll im Rahmen des Seminars vorgestellt und diskutiert werden.

www.dgzfp.de/seminar/carbonsafe

10. – 15. Juli 2022, Berlin/Potsdam

26th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 26)

mit Geräteausstellung

Die SMiRT-Konferenzreihe bringt Nuklearindustrie und akademische Forschung zusammen, um die Fortschritte beim Verständnis und der Entwicklung technischer Lösungen für den gesamten Kernzyklus zu markieren. SMiRT begeht in diesem Jahr ihren 50. Geburtstag. Aus diesem Anlass haben wir auf der Webseite ein kurzes Video zur Erinnerung an die Eröffnung der ersten SMiRT-Konferenz am 20. September 1971 bereitgestellt. Zur Jubiläumsveranstaltung im nächsten Jahr werden Führungskräfte, Manager und Ingenieure aus der ganzen Welt in Potsdam zusammenkommen, um angesichts der globalen Energiewende Innovationen für sichere, zuverlässige und effiziente Kernenergie voranzutreiben.

Inzwischen wurden mehr als 400 Vorträge angemeldet, ausgewählte Themen werden in Special Sessions und Workshops angeboten.

Wir laden auch Sie und Ihr Unternehmen ein, die Konferenz durch Sponsoring oder die Teilnahme an der Ausstellung zu unterstützen.

“Building the future on 50 Years of experience – It’s SMiRT to embrace change”

www.smirt26.com

14. – 15. September 2022

2. Fachseminar Wirbelstromprüfung Aktuelle Anwendungen und Entwicklungen

mit Geräteausstellung

Aufgrund der anhaltenden Einschränkungen in Zusammenhang mit dem Coronavirus hat der Fachausschuss Wirbelstromprüfung beschlossen, das ursprünglich für den 14. und 15. September 2021 in Schweinfurt geplante Seminar in das kommende Jahr zu verschieben. Das Seminar wird vom 14. – 15. September 2022 in Schweinfurt stattfinden. Bereits angemeldete Teilnehmer*innen werden zeitnah informiert.

Die folgenden Themenschwerpunkte sollen im Seminar angesprochen werden:

- Materialcharakterisierung mit Wirbelstrom
- Angewandte Fehlerprüfung mit Wirbelstrom
- Sondertechniken der Wirbelstromprüfung
- Statistische Betrachtungen und neue Auswertetechniken
- Normung/Standardisierung und Ausbildung

Vorträge für 2022 zu den genannten Themen können bereits eingereicht werden.

www.dgzfp.de/seminar/et

VERSCHOBEN auf Oktober 2022 International Conference on NDE 4.0

ZfP 4.0 zeigt sich als zukünftige, tragende Säule in der ZfP. Die virtuelle Konferenz zu ZfP 4.0 wurde im April 2021 erfolgreich durchgeführt. An vier Tagen standen die Grundlagen von ZfP 4.0 sowie die industrielle Anwendung im Mittelpunkt. Nationale und internationale Gesellschaften berichteten über ihre Aktivitäten.

Die Fortsetzung der Tagung soll 2022 in Präsenz stattfinden. Aufgrund der noch unsicheren Lage, bedingt durch die Coronapandemie und damit verbundener (Reise-)Einschränkungen, hat das Organisationsteam entschieden, die ursprünglich für April 2022 in München geplante Veranstaltung auf voraussichtlich Oktober 2022 zu verschieben.

Der genaue Termin wird in Kürze bekannt gegeben.

Die Beitragsanmeldung zur Konferenz ist geöffnet. Alle bereits angemeldeten Beiträge behalten ihre Gültigkeit.

Alle aktuellen Informationen finden Sie auf der Tagungswebsite

<https://conference.nde40.com>

Beitragsaufruf zum 31. Oktober 2021



DGZfP-JAHRESTAGUNG 2022 | 23. – 25. Mai in Kassel

„ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung“

Im kommenden Jahr lädt die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung zur DGZfP-Jahrestagung vom 23. bis 25. Mai 2022 in das nordhessische Kassel ein. Nach zwei Jahren, in denen pandemiebedingt keine Präsenztagung stattfand, treffen sich die ZfP-Interessierten nun zum persönlichen Austausch wieder.

Kassel, die mit etwas mehr 200 000 Einwohnern drittgrößte Stadt in Hessen, liegt unweit des geografischen Mittelpunkts Deutschlands nahe der Grenze zum nördlichen Bundesland Niedersachsen. Die Stadt blickt auf eine lange Geschichte zurück und war ab 1277 Hauptstadt der Landgrafschaft Hessen, der Landgrafschaft Hessen-Kassel und des Kurfürstentums Hessen. Eine Reihe von Residenzen und Schlössern zeugen heute noch von dieser Epoche. Besonders hervorzuheben ist die Orangerie in der Karlsaue und das Schloss Wilhelmshöhe im seit 2013 zum Weltkulturerbe der UNESCO zählenden Bergpark.

In der Welt der zeitgenössischen Kunst sichert sich Kassel alle fünf Jahre einen Eintrag in die Kalender der Liebhaber dieser Kunstrichtung, die dann regelmäßig zur documenta pilgern. Der Name Joseph Beuys ist fest mit diesem Kulturevent verbunden und man findet heute noch Installationen, die mittlerweile feste Bestandteile des Stadtbilds geworden sind.

Wirtschaftlich ist Kassel von diversen Industrien geprägt und hat sich einen Namen mit Instituten, Verbänden und Unternehmen im Bereich der regenerativen Energien gemacht. Insbesondere im Bereich Photovoltaik sind hier große Unternehmen angesiedelt. Dazu ist der Automobilbau mit vielen Dienstleistern im direkten Umfeld ansässig.

Schon von 1633 bis 1653 gab es in Kassel eine Universität. 1971 als Gesamthochschule gegründet, entstand die neue Universität Kassel, die mehr oder weniger von Beginn an nach dem Kasseler Modell ausgebildet hat. Heute gibt es rund 25.000 Studierende, die in 142 Studiengängen (Stand WS 2019/20) ihrem Abschluss entgegenstreben.

Dank seiner beeindruckenden historischen Architektur gehört das Kongress Palais Kassel zu den schönsten Veranstaltungshäusern in Deutschland. Modernste Infrastruktur und ein flexibles Raumkonzept bieten den perfekten Rahmen für unsere Veranstaltung.

Mit Spannung erwarten wir Ihre Vortragsanmeldungen und freuen uns auf das persönliche Wiedersehen in Kassel. Die Mitglieder der Gruppe B sind bei dieser Jahrestagung wieder aufgerufen, Innovationen und neue Produkte in einem speziellen Vortragsblock ohne Parallelsitzungen vorzustellen. Eine Podiumsdiskussion zum Thema „Nachwuchs für den technisch-wissenschaftlichen Bereich“ ist geplant.

Dr. Anton Erhard
Vorsitzender der DGZfP e.V.

Beitragsanmeldung

Ihre Beitragsanmeldung nehmen Sie bitte bis zum **31. Oktober 2021** auf der Tagungswebsite vor.

Die Entscheidung des Programmausschusses werden wir den Autoren Anfang Januar 2022 mitteilen.

Mitgliedergruppe B

Die Mitglieder der Gruppe B (Hersteller und Lieferanten von Prüfgeräten und Zubehör) sind für die DGZfP-Jahrestagung 2022 wieder aufgerufen, ihre Innovationen und neuen Produkte in einem speziellen Vortragsblock vorzustellen. Die Gebühr für einen Firmenvortrag beträgt 300,00 € zzgl. MwSt. Die Gebühr wird zusätzlich zur Teilnahmegebühr erhoben.

Die Auswahl der Firmenvorträge obliegt den Beiratsvertretern der Gruppe B.

Allgemeines

Vortragende und präsentierende Posterautor*innen zahlen eine reduzierte Tagungsgebühr (wie Mitglieder).

Die DGZfP wird die Manuskripte aller Vorträge und Posterbeiträge zur Tagung veröffentlichen, die fristgemäß bei der DGZfP eingegangen sind.

Das Manuskript muss entsprechend den Formatvorgaben bis zum **31. März 2022** hochgeladen werden.

Zusätzlich zur Möglichkeit der Präsenzteilnahme ist geplant, eine virtuelle Teilnahme über einen Livestream anzubieten. Das Vortragsprogramm wird live aufgezeichnet und übertragen. Eine interaktive Teilnahme, z. B. über Q & A oder Chat, ist nicht vorgesehen.

Tagungsort

Kassel Kongress Palais | Holger-Börner-Platz 1 | 34119 Kassel
www.kongress-palais.de

Organisation

Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP e.V.)
Steffi Dehlau | Tel.: +49 30 67807-120 | E-Mail: tagungen@dgzfp.de

Hotelreservierung

Informationen und das Buchungsformular finden Sie auf der Tagungswebsite.

<https://jahrestagung.dgzfp.de>

Ausschreibung der DGZfP-Preise 2022

Die DGZfP verleiht auch 2022 wieder Preise für herausragende und innovative Leistungen auf dem Gebiet der Zerstörungsfreien Prüfung.



Wissenschaftspreis

Der Preis wird an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, 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 aus allen Bereichen der Zerstörungsfreien Prüfung sowie aus natur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, die einen wesentlichen Beitrag in diesem Sinne leisten.

Der Preis ist mit 5.000 Euro dotiert.



Nachwuchspreis

Um Leistungen junger Menschen für die Zerstörungsfreie Prüfung zu würdigen, vergibt die Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung 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.



Anwenderpreis

Mit dieser Auszeichnung wendet sich die DGZfP e.V. 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.

Die ausführlichen Ausschreibungsbedingungen für alle Preise finden Sie auf der DGZfP-Website unter www.dgzfp.de/Startseite/Wir-ueber-uns/Auszeichnungen und auf der Website zur DGZfP-Jahrestagung 2022.

Wir rufen die Mitglieder und Freunde der DGZfP auf, Vorschläge für die Verleihung einzureichen. Eigene Bewerbungen sind ausdrücklich zugelassen. Die Einreichungsfrist endet am **15. Januar 2022**.

Neue Metallograph*innen Wir gratulieren den Absolvent*innen des Lette Vereins Berlin



„Wir haben's geschafft!“ – am 23. Juni 2021 konnten sich neun Auszubildende über ihren Abschluss als Technische*r Assistent*in für Metallographie und Werkstoffanalyse freuen.

Seit 2009 unterstützt die DGZfP die Ausbildung im Bereich Metallographie am LETTE VEREIN BERLIN. Fester Bestandteil der zwei- (mit Abitur) bzw. dreijährigen Ausbildung (mit MSA) ist ein zweiwöchiger ZfP-Unterricht mit anschließender Prüfung bei der DGZfP in Berlin. In diesen zwei Wochen lernen die Auszubildenden die verschiedenen ZfP-Verfahren – Sichtprüfung, Durchstrahlungsprüfung, Magnetpulverprüfung, Farbeindringprüfung sowie Ultraschallprüfung – in Theorie und Praxis kennen.

Auszeichnung für gute Leistung

Als Anerkennung der guten Leistungen erhalten in jedem Jahrgang die zwei besten Absolvent*innen von uns eine Auszeichnung verbunden mit der Einladung zur Teilnahme am BC-Grundkurs inkl. Abschlussprüfung. Dieser 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 beglückwünschen wir Max Wagner und Paul Räcke. Sie erhielten die Möglichkeit im August am BC-Grundkurs im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin teilzunehmen und sich somit weiter mit der ZfP zu beschäftigen.



Max Wagner und Paul Räcke (v. li.) mit ihrer DGZfP-Auszeichnung



Marika Maniszewski (li.) bedankt sich bei Gundula Jeschke (re.) für die gute Zusammenarbeit

Im Rahmen der Abschlussfeier nutzte unsere Kollegin Marika Maniszewski (DGZfP, Berlin) die Gelegenheit, sich für die langjährige gute Zusammenarbeit bei Gundula Jeschke zu bedanken. Die Abteilungsleiterin für Metallographie am Lette-Verein und somit unsere Ansprechpartnerin in dieser Kooperation verabschiedet sich in den Ruhestand. Dr. Volker Hinrichs tritt die Nachfolge an und freut sich auf die zukünftige Zusammenarbeit.

Anja Schmidt

Metallograph*innen

beschäftigen sich hauptsächlich mit der Mikrostruktur von Werkstoffen und leisten einen Beitrag in der Qualitätssicherung, Werkstoffprüfung, Werkstoffentwicklung und Erforschung von hochwertigen neuen Werkstoffen oder auch in der Schadensanalyse. Sie werden in den Prüflaboren der Industrie, wie der Auto-, Flugzeugindustrie, der Bahn, in der Mikro-Elektronik, Maschinen- oder Turbinenbau sowie in privaten und staatlichen Forschungseinrichtungen beschäftigt. Dazu gehören zum Beispiel die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, das Helmholtz-Institut, die Fraunhofer-Gesellschaft, das Max-Planck-Institut oder auch Universitäten sowie Hochschulen.

Staatlich geprüfte Metallograph*innen werden nur am Lette-Verein und am Berufskolleg in Solingen ausgebildet.

Quelle: LETTE VEREIN BERLIN

MOBILES RÖNTGEN

Praxisgerecht und sicher



Mobiles Röntgen - Vorteile

Schnelle Bilderstellung

Hohe Bildgüte

Unempfindlichkeit gegenüber Unter- und Überbelichtung

Umfassende Bildbearbeitung

Analyse und Dokumentation (Dicomkonform)

Kostenreduktion:

- Kein Verbrauchsmaterial
- Geringere Bearbeitungskosten

Unser Service für Sie

Herstellerzertifizierte Reparatur und Wartung in Deutschland | Anpassungen von Kundensystemen | kundenspezifische Entwicklungen | Erprobungstermine

System - Vorteile

Geringe Strahlenbelastung durch gepulste Strahlung (ALARA)

Alternative zum Isotopenstrahler:
hohe Durchdringung (bis 7 cm Vollstahl)

Geringes Gewicht und Akkubetrieb

Schneller Systemaufbau („Plug and Play“)

Sichere und intuitive Bedienung

Kompatibilität (Matrixdetektoren) mit allen marktüblichen Röntgenquellen

Seminar für angewandte ZfP im Ausbildungszentrum Magdeburg

Unser Dozent Peter Kirsch begrüßte am 6. Juli 2021 drei Maschinenbau-Studenten der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zum Seminar für angewandte ZfP im DGZfP-Ausbildungszentrum Magdeburg. Die Kooperationsveranstaltung zwischen der DGZfP und der Universität Magdeburg findet jährlich statt und ermöglicht es Studierenden am Institut für Werkstoff- und Füge-technik (IWF), intensive Einblicke in Theorie und Praxis verschiedener zerstörungsfreier Prüfverfahren zu erhalten.

Nach einer kurzen Einführung in die Arbeit der DGZfP und die von ihr unterstützten Jugendprojekte, gab Peter Kirsch einen Einblick in die Prüfverfahren Eindringprüfung (PT), Magnetpulverprüfung (MT) und Sichtprüfung (VT). Unter anderem wurde der richtige Umgang mit der Prüftechnik sowie deren Kontrolle, das Einhalten von vorgegebenen Prüfbedingungen sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Prüfverfahren vermittelt.

Nach der Mittagspause durften die Teilnehmenden selbst praktisch tätig werden und ihr Können beweisen.

Leider musste die Veranstaltung auf einen Tag gekürzt werden, dennoch hatten alle Beteiligten sichtlich Spaß.

Wir hoffen im nächsten Jahr wieder die Veranstaltung im gewohnten Umfang von zwei Tagen durchführen zu können. Das Team des DGZfP-Ausbildungszentrums Magdeburg freut sich darauf.

Peter Kirsch



Teilnehmer des Seminars für angewandte ZfP mit unserem Dozenten Peter Kirsch (re.)



Praktische Übungen während des Seminars

DIGITALE RÖNTGENPRÜFUNG

HOCHAUFLÖSEND & ZUVERLÄSSIG

DRC 1024 NDT

FLACHDETEKTOR

- ✓ Hochauflösend dank 76 µm Pixelabstand
- ✓ Aktive Fläche von 10 x 24 cm, optimal für die Schweißnahtprüfung
- ✓ Für Röntgen- und Gammaquellen geeignet
- ✓ Elektronische Komponenten abgeschirmt für den Einsatz bis 350 kV*
- ✓ Extrem robustes Design, staub- und wasserdicht (IP67)
- ✓ Abnehmbarer Tragegriff für vielseitige Positionierung
- ✓ Für stationäre und mobile Anwendungen (WLAN- & Batteriebetrieb)

* für lange Lebensdauer bei typischen Anwendungen, Isotope (höhere Energien möglich)



Der kompakte DRC 1024 NDT Flachdetektor wurde von Grund auf für die ZfP entwickelt. Mit seiner aktiven Fläche von 10x24 cm ist er ein optimaler digitaler Filmsatz für eines der am häufigsten verwendeten Filmformate in der industriellen Radiographie. Die zugehörige Bildgebungs- und Analysesoftware D-Tect X unterstützt Sie mit allen Werkzeugen, die Sie für die Arbeit nach Industriestandards benötigen und sorgt dabei für einen zeitsparenden Workflow.

Überzeugen Sie sich selbst bei einer kostenlosen Demonstration – jetzt Termin vereinbaren!

Digital Intelligence – Ready to Change.

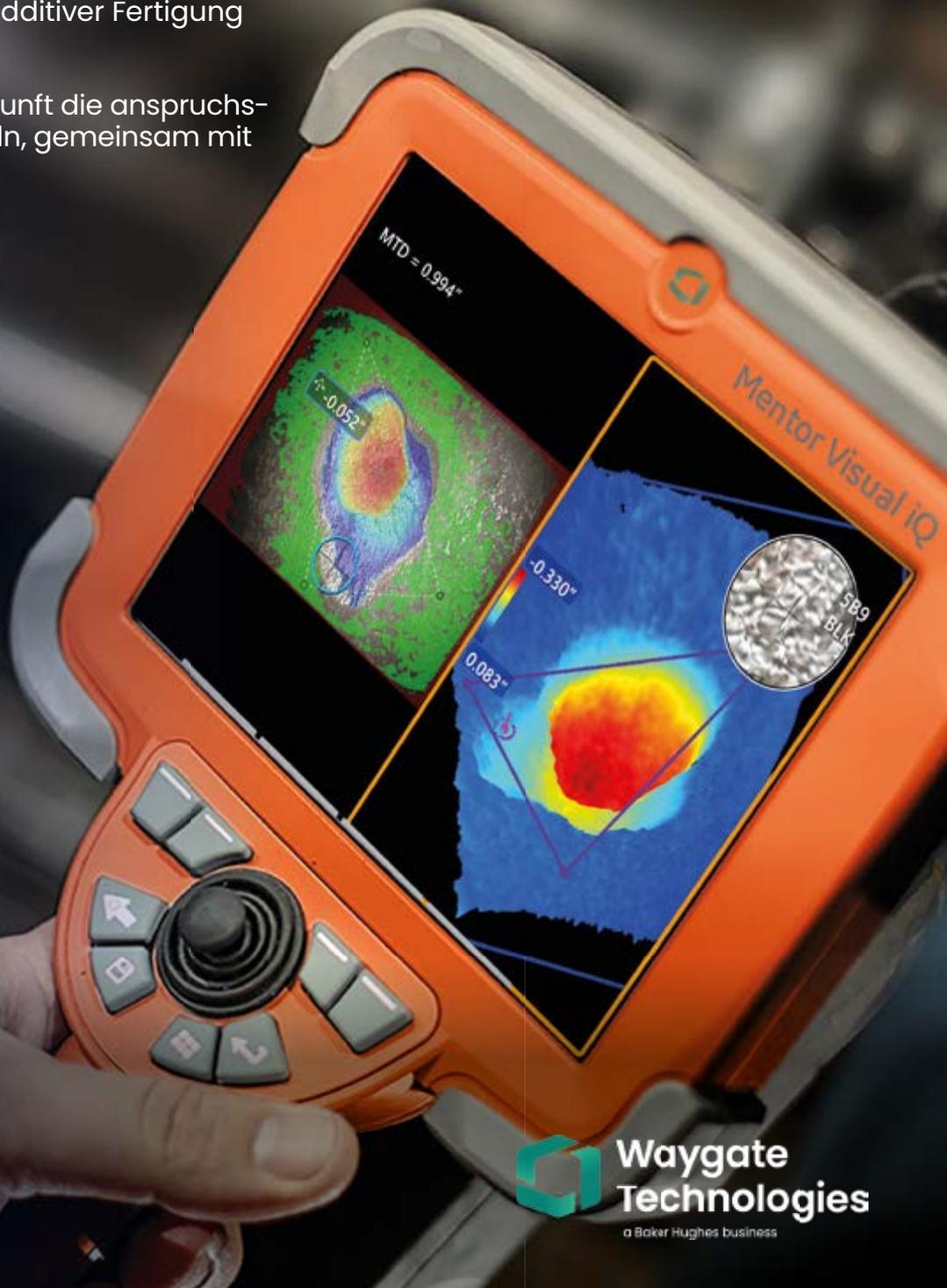
www.duerr-ndt.de / info@duerr-ndt.de / +49 7142 993810

Inspection starts here

**Mehr als 125 Jahre
Erfahrung in ZfP**

Als Weltmarktführer in der zerstörungsfreien Prüfung bieten wir zuverlässigste industrielle Inspektionslösungen für zahlreiche Branchen: von Automobil, Luft- und Raumfahrt, Elektronik und Energie bis hin zu Transportwesen und Forschung, einschließlich additiver Fertigung und Batterieinspektion.

Und wir werden auch in Zukunft die anspruchsvollsten Lösungen entwickeln, gemeinsam mit unseren Kunden.



„Mich fasziniert die Vielseitigkeit der ZfP“

Am 16. August 2021 startete im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin die ZfP-Grundlagenschulung für Studierende mit insgesamt elf Teilnehmer*innen, die in diesem Jahr mit dem DGZfP-Studierendenpreis ausgezeichnet wurden. Jedes Jahr empfehlen Professor*innen verschiedener Hochschulen und Universitäten in ganz Deutschland Studierende für die Auszeichnung und die damit verbundene kostenfreie Teilnahme am Grundlagenkurs.

Zwei Wochen haben 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. Mit diesem Bildungsangebot möchte die DGZfP den akademischen Nachwuchs in der Branche fördern und für die Zerstörungsfreie Prüfung begeistern.

Dieses Jahr nehmen zudem der Gewinner des ZfP-Sonderpreises im Bundeswettbewerb von Jugend forscht und drei Absolventen der Metallographie-Ausbildung am Lette Verein Berlin bzw. am Technischen Berufskolleg Solingen teil. In der ersten Schulungswoche vermittelt Dozent Patrick Schüle überwiegend theoretische Grundlagen. In der zweiten Woche liegt der Fokus auf der ZfP-Praxis.



Nachgefragt bei den jungen Talenten

Bei so viel Nachwuchs im Haus, wollten es sich die Redaktionskolleginnen Anja Schmidt und Julia Willich nicht nehmen lassen, einige Teilnehmer*innen näher kennenzulernen und ihnen ein bisschen auf den Zahn zu fühlen.



Annika Schimkus (24) studiert Bauingenieurwesen im Master bei Professor Alexander Taffe an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW). Dort arbeitet sie bereits als studentische Hilfskraft und übernimmt als Dozentin eine Vorlesung im Bachelorstudiengang. Sie plant ihre Doktorarbeit im Bereich der Zerstörungsfreien Prüfung zu schreiben und ist fasziniert von der Röntgenprüfung, für die sie insbesondere im Bauwesen großes Potenzial sieht. Am ZfP-Grundlagenkurs gefällt ihr ganz besonders, dass sie einen sehr großen Überblick über die zerstörungsfreien Prüfverfahren erhält, wie es ihr im Studium bisher nicht möglich war. Um weitere Studierende für die Zerstörungsfreie Prüfung zu begeistern, hält sie es für sinnvoll, ZfP-anwendende Firmen in die Vorlesungen zu holen, damit sie dort ihr Unternehmen und die möglichen Berufsfelder vorstellen.



Der 20-jährige **Camille Westerhof** hat dieses Jahr für sein hervorragendes Projekt „Visualisierung von Mikrowellen“ den DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“ im Bundeswettbewerb Jugend forscht gewonnen. Er beginnt demnächst sein Physikstudium an der Technischen Universität in Berlin und möchte danach im Bereich Luft- und Raumfahrt-technik tätig werden, z. B. als Testpilot. Für die Entwicklung findet Camille es spannend und hilfreich zu wissen, wie Materialien überhaupt getestet werden können. Seine Leidenschaft ist die Durchstrahlungsprüfung. Er hat bereits mit kleineren Röntgenröhren gearbeitet und ist von den schönen Bildern mit der großen Röntgenröhre begeistert, die die Kursteilnehmer*innen bei der DGZfP schießen können. Am Kurs gefällt ihm besonders, dass er die vielen praktischen Anwendungen in der Industrie kennenlernt.



Laura Bahmann (24) kommt aus München und studiert dort Maschinenbau im Masterstudiengang bei Professor Christian Große an der Technischen Universität. Die Zerstörungsfreie Prüfung hat Laura über Exkursionen ihrer Uni in die Praxis, z. B. zur Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin und zu Automobilherstellern, näher kennengelernt und fand es spannend in der Praxis zu sehen für welche Anwendungsbereiche die Zerstörungsfreie Prüfung relevant ist. Sie ist fasziniert von der Vielfältigkeit der ZfP und hat ihre Bachelorarbeit zum Thema „Zerstörungsfreie Untersuchung verschiedener Werkstoffe mit der Butterfly-IQ-Ultraschallsonde und KI“ geschrieben. Nach dem Studium sieht sie sich im Entwicklungsbereich der Luftfahrt- oder Automobilbranche. Beim Grundlagenkurs findet sie es toll, so viele Leute kennenzulernen, die sich ebenfalls für die Zerstörungsfreie Prüfung interessieren.



Max Wagner (30) ist Metallograph und hat seine Ausbildung im Juni am Lette Verein Berlin als Jahrgangsbester abgeschlossen. Dafür erhielt er von der DGZfP eine Auszeichnung und die Einladung zur Teilnahme am ZfP-Grundlagenkurs. Er mag die kompakte Wissensvermittlung im Kurs und betont die gute Strukturierung. Im Rahmen seiner Ausbildung war Max schon einmal zu einem zweiwöchigen ZfP-Kurs im DGZfP-Ausbildungszentrum Berlin, bei dem er viele Verfahren kennenlernen konnte. Bei der ZfP-Grundlagenschulung für Studierende freut er sich darüber, noch tiefer in die Materie einzusteigen und die Geräte besser kennenzulernen. Darüber hinaus hat er gelernt, dass die ZfP aufgrund der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen, wie beispielsweise bei der Durchstrahlungsprüfung, keine Magie ist, vor der man Angst haben muss, sondern ein interessantes Berufs- und Forschungsfeld.

Herzlichen Dank für eure offenen Worte und euren Einsatz. Wir wünschen euch alles Gute für eure Zukunft und hoffen euch bald einmal wiederzusehen.

Julia Willich, Anja Schmidt

Wir danken allen Hochschulen, Universitäten und sonstigen Bildungseinrichtungen für das Vertrauen.



DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“

Jugend forscht 2021 – auch wenn die diesjährige Wettbewerbsrunde alles andere als „normal“ verlief, ließ die DGZfP es sich nicht nehmen wieder den DGZfP-Sonderpreis „Qualitätssicherung durch Zerstörungsfreie Prüfung“ auszuloben. Mit knapp 9.000 angemeldeten Projekten war die Beteiligung in diesem Jahr geringer als gewöhnlich. Dennoch ließen sich erfreulicherweise viele Jungforscherinnen und Nachwuchswissenschaftler nicht davon abbringen, den Dingen auf den Grund zu gehen. Beim 56. Bundeswettbewerb von Jugend forscht präsentierten 169 junge MINT-Talente insgesamt 113 Forschungsprojekte. Das Bundesfinale, das in diesem Jahr genau wie die Regional- und Landeswettbewerbe ausschließlich online stattfinden konnte, wurde vom Bundespaten Science Center experimenta ausgerichtet.

Die DGZfP möchte an dieser Stelle allen DGZfP-Mitgliedern und Wettbewerbsleiterinnen und -leitern für die tatkräftige Unterstützung bei der Begutachtung und Auswahl der Forschungsarbeiten danken! Wir danken auch der Stiftung Jugend forscht, die uns die persönliche Auswahl auf den jeweiligen Wettbewerben ermöglicht hat.

Die nachfolgenden Seiten zeigen die 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 Projektes

BUNDESWETTBEWERB

- Preisgeld 500 Euro
- Einladung zum örtlichen DGZfP-Arbeitskreis zur Präsentation des Projektes
- Einladung zur Teilnahme an der ZfP-Grundlagenschulung (Studierenden-BC) im Ausbildungszentrum Berlin



Fotos: Stiftung Jugend forscht e.V.

Preisträger*innen der Landeswettbewerbe und des Bundeswettbewerbs

BADEN-WÜRTTEMBERG



Thema: Aufbau und Erforschung eines Raman-Mikrospektrometers
 Preisträger*in: Lukas Weiblen (18)
 Schule: Dietrich-Bonhoeffer-Gymnasium, Metzingen
 Preisvergabe: Dr. Marianne Rädle
 Landeswettbewerbsleiterin Baden-Württemberg

Kurzfassung. Auf der Basis eines schulüblichen Lichtmikroskops wird ein Raman-Mikrospektrometer aufgebaut und erforscht.

Hierzu wurde ein 532nm-Laser über einen Auflichtkondensator eingespiegelt und durch das Objektiv auf die Probe fokussiert. Die Energieverluste durch Anregung von Molekülschwingungen (Ramaneffekt) des eingestrahlt Laserlichts in der Probe führen zu einer für den Stoff charakteristischen Verschiebung der Wellenlänge.

Das sehr intensitätsschwache Ramanlicht wird vom Mikroskopobjektiv gesammelt, durch einen Interferenzfilter vom Laserstreulicht getrennt über einen Lichtleiter in ein Gitterspektrometer eingekoppelt. Das in seine Wellenlängen aufgetrennte Ramanspektrum wird auf einen CCD-Zeilensensor fokussiert das elektrische Signal wird über eine entsprechende Software auf dem PC dargestellt.

Das Spektrometer wurde zur Analyse von organischen und anorganischen Proben eingesetzt und mit einem professionellen, teuren Forschungsinstrument verglichen.

BAYERN



Thema: Computertomographie im Eigenbau
 Preisträger*in: Tobias Stadler (18)
 Schule: Gymnasium Waldkraiburg
 Preisvergabe: Monika Christl
 Landeswettbewerbsleiterin Bayern

Kurzfassung. Für Schulröntgengeräte gibt es CT-Aufbauten für etwa 6000 Euro. Diese Kosten sind für die meisten Schulen nicht zu rechtfertigen, weshalb in diesem Projekt ein CT-Aufbau für den Eigenbau entwickelt wurde, der mit Bauteilekosten von unter 40 Euro relativ einfach

nachgebaut werden kann. Zusätzlich wird nur eine Fotokamera und ein einigermaßen leistungsfähiger PC benötigt. Drehtisch und Kamera werden von einem Mikrocontroller koordiniert, der per WLAN mit dem PC verbunden wird. Die entwickelte benutzerfreundliche Software übernimmt die Aufnahme der Röntgenbilder, Kalibrierung des Aufbaus, das Processing der Projektionen und führt mit ASTRA Toolbox die Rekonstruktion durch.

Final erhält man tiff-Dateien der Schnittbilder des geröntgten Körpers, die in 3DSlicer als 3D-Modell gerendert werden können.

Die erreichte Bildqualität ist dabei vergleichbar mit den kommerziellen Lehr-CT-Aufbauten.

BERLIN



Thema: Ionisierende Strahlung mit einem eigenen Geigerzähler messen
 Preisträger*in: Marvin Ramm (17)
 Schule: Archenhold-Gymnasium, Berlin
 Preisvergabe: Samantha Laewen
 DGZfP e.V., Berlin

Kurzfassung. In meinem Projekt geht es kurzgesagt um das Messen von ionisierenden Strahlen über einen von mir selbst entwickelten Geigerzähler. Für den Geigerzähler selbst habe ich eine eigene Platine erstellt, ein Programm in C++ geschrieben und ein Gehäuse aus dem 3D-

Drucker ausgedruckt. Des Weiteren habe ich ein Experiment durchgeführt, um die Abschirmung oder Abschwächung von ionisierenden Strahlen näher zu untersuchen.

Das Ziel meines Projekts ist es, den Preis für Geigerzähler stark zu verringern und gleichzeitig mehr Funktionen als die Kontrahenten auf dem Markt zu bieten. Des Weiteren möchte ich Schüler*innen, sowie Studenten / Studentinnen die Kernphysik etwas näherbringen, indem sich Bildungseinrichtungen nun für einen geringeren Preis hochwertige Geigerzähler kaufen können. Zudem kann man meinen Geigerzähler auch als feste Messstation benutzen, um beispielsweise eine Atomkatastrophe früher zu registrieren und dadurch Personenschäden vorzubeugen.

BERLIN

Thema: Wirksamkeit der Desinfektion von Schultischen
 Preisträger*in: Sophie Bettray (14) und Yunus Argun (13)
 Schule: Robert-Blum-Oberschule, Berlin
 Preisvergabe: Samantha Laewen
 DGZfP e.V., Berlin

Kurzfassung. Während der Corona-Pandemie ist für Schulen die regelmäßige Desinfektion der Tische zu Beginn der Stunde vorgesehen, in der eine neue Gruppe den Raum nutzt.

An unserer Schule wird diese Reinigung von den Schüler*innen zu Beginn der Stunde selbst durchgeführt. Wir haben uns gefragt, wie gründlich das im Schulalltag tatsächlich passiert.

Wir wollen die Gründlichkeit des Wischens in Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen untersuchen (z. B. Lage der Stunde, Alter der Lerngruppe, Standort des Tisches im Raum).

Wir planen, die Tische vor dem Abwischen mit einer Flüssigkeit zu behandeln, die im normalen Licht unsichtbar, im UV-Licht jedoch sichtbar ist. Die verbleibenden Spuren dieser Farbe sind dann ein Hinweis, dass dort nicht ausreichend gewischt wurde. Der prozentuale Anteil der mangelhaft gewischten Flächen soll ausgewertet und verglichen werden.

BRANDENBURG

Thema: Mobiles Endgerät für die Holztomographie
 Preisträger*in: Maxime Stendal (17)
 Schule: Gesamtschule Wilhelm Conrad Röntgen, Panketal/OT Zepernick
 Preisvergabe: Thomas Lau
 BASF Schwarzheide GmbH, Schwarzheide

Kurzfassung. Auf Basis des 2018 begonnenen Projektes zur Untersuchung der Schallgeschwindigkeit, habe ich 2019 eine Testversion eines Holztomographen mit Piezosensoren vorgestellt. Ich bin der damaligen Empfehlung der Jury gefolgt und habe ein mobiles Endgerät mit Touchscreen und Sensoren für den Einsatz im Wald konstruiert. Die beiden Softwarepakete, für die Steuerung der Arduino-Sensoren und die Auswertesoftware auf einem Raspberry sowie die Schnittstelle habe ich vollständig überarbeitet und vereinfacht.

HESSEN



Thema: Messung der Temperatur mit dem Ultraschall
 Preisträger*in: Tim-Moritz Sauer (15) und Marvin Lemke (16)
 Schule: Lahntalschule, Lahnau
 Preisvergabe: Oliver Karplak
 Landeswettbewerbsleiter Hessen

Kurzfassung. In unserem Projekt möchten wir herausfinden, ob man mithilfe einer Ultraschallwelle, die sich durch den Raum ausbreitet, auch die Temperatur des Raumes bestimmen kann.

Unsere Messkonstruktion besteht aus einem Arduino Board, Ultraschallsensor (HC-SR04), Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor (DHT-22) und einem entsprechendem Arduino Programm. Wir haben die Konstruktion in den Karton der Länge (S) platziert. Der Ultraschallsensor misst die Zeit (t), welche die Schallwelle benötigt, um den Karton zu durchlaufen. Teilt man jetzt den Weg (S) durch die Zeit (t) so erhält man die Geschwindigkeit (V), mit der sich die Ultraschallwelle durch den Versuchsraum ausbreitet. Das Arduino Programm berechnet aus der Geschwindigkeit die Temperatur im Versuchsraum. Um unsere Messungen der Temperatur zu überprüfen, misst das Programm mit Hilfe des Sensors (DHT-22) die Temperatur im Raum. Die gemessenen Daten speichert das Programm auf einer SD-Karte. Diese Daten werden später in Excel ausgewertet.

MECKLENBURG-VORPOMMERN



Thema: Körpereigene Abwehr durch schnelle Tests
 Preisträger*in: Sascha Stanislav Statkevich (17) und Janne Widmer (18)
 Schule: Innerstädtisches Gymnasium Rostock
 Preisvergabe: Falk Ahrens
 MQ Engineering GmbH, Rostock-Bentwisch

Ob beim Schleifen, Fräsen, Schweißen oder Strahlen - Stäube entstehen oft und sind in unserer Branche, der (zerstörungsfreien) Werkstoffprüfung, kein unbekanntes Thema. Je feiner sie sind, umso tiefer können sie in unsere Atemwege eindringen. Gerade metallische Stäube können großen Schaden durch Wechselwirkungen in unserem Körper anrichten. So ist zum Beispiel das Metall Cadmium dafür bekannt (Lungen-) Krebs zu verursachen.

Aber sind wir tatsächlich nur im metallverarbeitenden Bereich von metallischen Stäuben umgeben?

Sascha Statkevich und Janne Widmer wollten es wissen und entnahmen in ihrer Schule unter anderem aus Unterrichtsräumen, der Turnhalle, den Fluren, Mitarbeiterräumen sowie aus einem Gartenhaus Staubproben und untersuchten diese auf Anteile von Aluminium, Cadmium, Chrom, Eisen, Kobalt, Kupfer, Magnesium, Mangan, Nickel, Silber, Strontium, Tantal und Zink.

Dafür entwickelten sie zusammen mit dem „Center for Life Science Automation“ ein Testverfahren auf Basis der Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS).

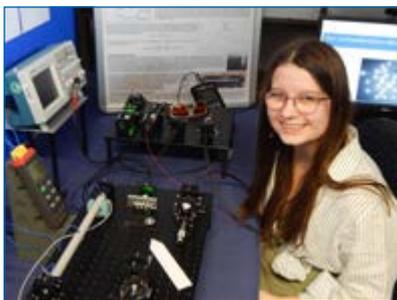
Weil mittels ICP-MS-Verfahren nur Proben im flüssigen Zustand analysiert werden können und Stäube jedoch fest sind, müssen diese erst in einen flüssigen Zustand versetzt werden. So wurde zunächst ein manuelles Verfahren entwickelt, das die Stäube mittels einem mikrowellengestütztem Säureaufschluss in einen analysierbaren Zustand überführen konnte.

Nach erfolgreicher Validierung und ca. 400 gemessenen Proben entwickelten die Jungforscher daraus einen automatisierten Prozess, der nun dabei helfen kann, eine Vielzahl von Staubproben auf (Schwer-) Metalle zu untersuchen.

Außerdem zeigten Sascha Statkevich und Janne Widmer eindrucksvoll, dass nicht nur in der Industrie, sondern auch in unserer Schule oder in unserem Garten belasteter Staub lauern kann.

Bericht: Falk Ahrens

NIEDERSACHSEN



Thema: Der Lichtwellenleiter-Abstandssensor
 Preisträger*in: Nele Drüner (15)
 Schule: Johannes-Althusius-Gymnasium, Emden
 Preisvergabe: Dr. Daniel Osewold
 Landeswettbewerbsleiter Niedersachsen

Kurzfassung. Beim Projekt im Schüler experimentieren Wettbewerb 2020 (Der Fahrrad Lichttring) habe ich einen Lichtwellenleiter (LWL) aus Plastik etwas missbraucht. Anstatt Licht durch die Faser möglichst verlustfrei zu führen, habe ich es gezielt aus den Faserseiten ausgekoppelt. Während meiner Arbeit stellte sich oft die Frage, was man sonst mit Lichtwellenleitern machen könnte. Eine Recherche ergab einige Anwendungen der Lichtwellenleiter als Sensor. Ein vom Verfahren her einfacher Sensor basiert auf dem Prinzip, das ein von einer Oberfläche reflektiertes Lichtbündel je nach Abstand mehr oder weniger Licht zurück zu seinem Ausgangspunkt schickt.

Im Projekt ‚Der LWL-Abstandssensor‘ wurde dieses Prinzip untersucht, zudem verschiedene Sensorvarianten aufgebaut und deren Eigenschaften und Kennlinien bestimmt. Dabei wurde der Einsatz verschiedene Fasertypen, Anordnungen und Lichtquellen getestet. Als Anwendung wurde ein LWL-Sensor als einfacher im Mikrometerbereich messender Abstandssensor umgesetzt.

NORDRHEIN-WESTFALEN



Thema: X-Sense
 Preisträger*in: Felix Bartram (18)
 Schule: Gymnasium St. Leonhard, Aachen
 Preisvergabe: Thomas Monsau
 DGZfP-Vertreter, Düsseldorf

Der Jugend forscht Landeswettbewerb Nordrhein-Westfalen wurde im Jahr 2021 – wie in den anderen Bundesländern – als virtueller Wettbewerb durchgeführt. Aus zahlreichen interessanten Beiträgen wurde für den Sonderpreis der DGZfP das Projekt „X-Sense - Entwicklung und Bau eines benutzerfreundlichen Gammastrahlendetektors mit Szintillationskristall“ des Jungforschers Felix Bartram vom Gymnasium St. Leonhard in Aachen ausgewählt.

Ausgangspunkt seiner Fragestellung ist die Überlegung, dass Radioaktivität und im Besonderen Gammastrahlen für Rettungsorganisationen ein besonderes Gefahrenszenario an Einsatzstellen sein kann, da der Mensch keine Sinnesorgane für sie hat. Insbesondere erscheint ihm die Entwicklung eines flugtauglichen Sensors zur Erfassung von Gammastrahlen zur Anwendung mit Drohnen sinnvoll zu sein.

Ziel war es also, den Sensor so klein wie möglich zu bauen und dabei nur mit geringen Spannungen zu arbeiten. Die Aussage über Energiewerte und somit auch die Auftragung von Energiespektren soll ebenfalls möglich sein.

Auf der Basis eines kommerziellen Szintillationssensors wurde ein kompakter Detektor aufgebaut, der die Rohdaten erfasst und benutzerfreundlich aufbereitet. Über eine gängige Funkschnittstelle werden die Daten zum Abruf zur Verfügung gestellt (Bluetooth/W-Lan).

Die zweite wesentliche Komponente des Projekts stellt eine eigens entwickelte App dar, welche die Daten auswertet und visualisiert. Die App wurde dabei so gestaltet, dass diese um weitere Sensoren (CO, CO₂, ...) erweitert werden kann.

Von Beginn an wurde auch auf besondere Benutzerfreundlichkeit Wert gelegt.

Im Ergebnis ist das „X-Sense“ geeignet, um in Bildungseinrichtungen, z.B. für den Physikunterricht und im privaten Gebrauch verwendet zu werden. Auch das gesetzte Ziel, für mehr Sicherheit bei Rettungseinsätzen zu schaffen wurde erreicht, denn das Gerät ist klein genug und hat einen geringen Stromverbrauch, sodass es auf Drohnen zur Aufklärung verwendet werden kann.

Die Wahl des Themas und die Realisierung mit aktuellen technischer Möglichkeiten werden mit dem DGZfP-Sonderpreis gewürdigt.

Bericht: Thomas Monsau

RHEINLAND-PFALZ



Foto: Stiftung Jugend forscht e.V.

Thema: Ein Modellaufbau zur Veranschaulichung eines AP-Sensors
 Preisträger*in: Benedict May (15)
 Schule: Bischöfliches Cusanus-Gymnasium, Koblenz
 Preisvergabe: Gerda Bach, Daimler Truck AG, Mannheim
 Gerald Schneibel, ROSEN Germany GmbH, Frankenthal

Kurzfassung. In meinem Projekt habe ich mich mit der Funktionsweise eines AP-Sensors beschäftigt und dazu einen Modellaufbau erstellt. Auf YouTube wurde eine Arduino-Sensorfeld-Matrix gezeigt. Eine Sensorfeld-Matrix besteht aus einer rechteckförmigen Anordnung von Sensoren, in diesem Fall Fotowiderstände. Das hat mein Interesse geweckt und ich habe mich

näher informiert. Im Anschluss habe ich dann meine erste Matrix programmiert. Aufgrund meiner Vorkenntnisse über einen Fotowiderstand habe ich eine Matrix aus diesen Widerständen gebaut. Da ich kein passendes Programm zur Auswertung der Daten gefunden habe, habe ich in der Programmiersprache C# ein eigenes grundlegend neues Programm zur Verarbeitung von Daten geschrieben. Das Programm habe ich immer weiter optimiert, bis ich das BCT (Bitmap-Creator-Tool) fertiggestellt hatte. In der Zukunft möchte ich die Matrix noch verbessern und ein geeignetes Gehäuse fertigen. Diese Verbesserung ermöglicht mir ein Bild und nicht nur einen Schatten aufzunehmen.

SAARLAND



Foto: Stiftung Jugend forscht e.V.

Thema: CO2-Ampel
 Preisträger*in: Maximilian Schumacher (18),
 Fabian Brenner (17) und
 Henrik Fisch (17)
 Schule: Albert-Schweitzer-Gymnasium Dillingen/Saar
 Preisvergabe: Dr. Michael Maisl
 Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken

Kurzfassung. Ich versuche eine CO2-Ampel zu bauen, mit der das Lüften zu Zeiten von Corona in der Schule effektiver gestaltet wird, sodass Lehrer und Schüler vor anderen Erkältungs-

krankheiten geschützt werden können. Dazu messe ich mit Hilfe eines CO2 Sensors den CO2-Gehalt der Luft und gebe die Daten mit Hilfe eines visuellen und akustischen Signals aus.

SACHSEN



Thema: Entwicklung eines Programms zur Untersuchung des Reflexionsgrades an mehrschichtigen Medien
 Preisträger*in: Johann Kretschmar (18)
 Schule: Martin-Andersen-Nexö-Gymnasium, Dresden
 Preisvergabe: Dr. Jörg Winterfeld
 Westsächsische Hochschule, Zwickau

Kurzfassung. In meiner Arbeit habe ich ein Computerprogramm entwickelt, das den Reflexionsgrad einfallenden Lichts abhängig von der Wellenlänge und dem Einfallswinkel für beliebige vorgegebene Konfigurationen mehrschichtiger Medien berechnet und die verschiedenen Lichtwege innerhalb des Mediums grafisch simuliert.

Mit einer unabhängigen Rechnung an einem einfachen Beispiel konnte bestätigt werden, dass das Programm mit einer akzeptablen Genauigkeit die Reflexionsgrade für einfache vorgegebene Medienkonfigurationen mit wenigen Schichten ermitteln kann. Aus der Berechnung der Daten eines vorgegebenen Mediums können Diagramme zur Winkel- und Wellenlängenabhängigkeit des Reflexionsgrades vom einfallenden Lichts erstellt werden. Mit der Analyse dieser Daten lassen sich mit der Verteilung der Wellenlängen des sichtbaren Lichts farbige Erscheinungen des mehrschichtigen Mediums erklären. In der Arbeit wird dies anhand des Beispiels der Seifenblase sowie einer Vereinfachung des Perlmutter durchgeföhrt.

SACHSEN-ANHALT



Foto: Stiftung Jugend forscht e.V.

Thema: Laterale Auflösung in der Positronen-Annihilations-Lebensdauerspektroskopie
 Preisträger*in: Martin Rauch (18)
 Schule: Gymnasium Südstadt Halle (Saale)
 Preisvergabe: Beate Enzian
 Landeswettbewerbsleiterin Sachsen-Anhalt

Kurzfassung. Ziel des Projektes ist die Verbesserung der Ortsauflösung in der Positronen-Annihilations-Lebensdauerspektroskopie (PALS), was bis jetzt nur unter Rückgriff auf von Teilchenbeschleunigern oder Kernreaktoren erzeugten Positronenstrahlen möglich ist. Diese Technik

ermöglicht es, Defekte in der Kristallstruktur von Festkörpern ortsaufgelöst zu untersuchen und wird in der Materialforschung sowie der zerstörungsfreien Prüfung von Werkstoffen angewandt.

Um das Ziel zu erreichen, wurden neuartige miniaturisierte Positronenquellen auf Basis von radioaktiven Natriumsalzen konzipiert und hergestellt. Weiterhin wurde eine Implementierung in bestehende Messplätze zur PALS erarbeitet und getestet, um Messungen weitgehend automatisiert durchführen zu können. Dazu wurde ein motorisierter Quellenmanipulator hergestellt und Erweiterungen in der Messplatzsoftware vorgenommen. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurden einige Messungen an unterschiedlich behandelten Metallen durchgeführt.

SCHLESWIG-HOLSTEIN

Thema: Rund statt eckig – mit Wüstensand zum neuen Baustoff
 Preisträger*in: Pito Kroschel (17)
 Schule: Stiftung Louisenlund, Güby
 Preisvergabe: Dr. Frank Herold
 VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH, Stockelsdorf

Bei der Auswahl des Preisträgers oder der Preisträgerin wurden vor allem die Beiträge berücksichtigt, die den Tätigkeiten der zerstörungsfreien Prüfung am nächsten kommen bzw. deren Methoden verwenden, um wissenschaftliches Arbeiten auch im Sinne der zerstörungsfreien Prüfung zu fördern. So hat sich Pito Kroschel Gedanken gemacht, welche physikalischen bzw. geometrischen Eigenschaften Sand haben muss, um die Aufgabe zu lösen:

Kurzfassung. Das Ziel meines Projektes ist es, die Problematik des mangelnden Bausandes zu lösen.

Zu diesem Zweck möchte ich einen neuen, nachhaltigen Baustoff entwickeln, der Wüstensand anstatt Bausand enthält. Wüstensand ist im Gegensatz zu Bausand sehr klein und rund. Deswegen lässt er sich in Beton nicht verwenden, da der Beton durch dessen Zugabe seine Stabilität verliert.

Mein Ziel ist es, durch die Zugabe eines nachhaltigen Bindemittels einen Betonersatz herzustellen und die daraus resultierenden Baustoffe auf Praktikabilität und Langzeitstabilität zu testen. Zudem stelle ich mir ein Zwei-Schrittssystem vor, in dem ich einen Baustoff entwickle, der durch ein Hydrophobierungsmittel oder Acrylat zusätzliche, verbesserte Eigenschaften erlangt.

Ich verfolge bei meinem Projekt einen interdisziplinären Ansatz, der die chemischen, physikalischen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Aspekte vereint.

Bericht Dr. Frank Herold

THÜRINGEN

Thema:	Die Infrarotbildkamera
Preisträger*in:	Anna Clara Hermsdorf (17)
Schule:	Goetheschule Ilmenau
Preisvergabe:	Prof. Lothar Spieß Technische Universität, Ilmenau

Kurzfassung. In dieser Arbeit mit dem Titel die Infrarotbildkamera wird der Aufbau und die allgemeine Funktionsweise einer Infrarotbildkamera erläutert. Dabei wird sich auf eine Infrarotbildkamera mit einem Widerstandsbolometer beschäftigt, da dieses in der alltäglichen Anwendung die meisten Vorteile bietet.

In dieser Arbeit wurde sich mit den physikalischen Grundlagen beschäftigt, welche die Grundlage für die Messung mit einer Infrarotbildkamera nötig sind. Des Weiteren wird erläutert welche Optiken für die Infrarotmessung infrage kommen und welche äußeren Einflüsse bei einer Messung berücksichtigt werden müssen, um ein genaues Ergebnis zu erzielen. Auf Grundlage der theoretischen Erkenntnisse über die Infrarotbildkamera wurde anschließend ein Experiment ausgewertet, dessen Messwerte von einer Infrarotbildkamera sowohl als auch von Messfühlern dokumentiert wurde und entsprechend ausgewertet mit der Zielsetzung die Genauigkeit der Infrarotbildkamera zu testen.

BUNDESWETTBEWERB



Foto: Stiftung Jugend forscht e.V.

Thema:	Visualisierung von Mikrowellen
Preisträger*in:	Camille Westerhof (20)
Schule:	Sophie-Scholl-Schule, Berlin
Preisvergabe:	Marika Maniszewski DGZfP e.V., Berlin

Kurzfassung. Ist von der Mikrowelle die Rede, denken viele an den praktischen Herd in der Küche, der im Handumdrehen Speisen erwärmt. Doch mit Mikrowellen lässt sich noch mehr anfangen: Camille Westerhof entwarf ein Konzept, um Bilder mithilfe von Mikrowellen aufzunehmen. Dazu machte er sich den sogenannten Dopplereffekt zunutze, bekannt etwa vom

Martinshorn auf Einsatzfahrzeugen: Bewegt sich eine Schallquelle auf einen zu, ist der Ton höher, als wenn sie sich von einem entfernt. In seinem Forschungsprojekt konstruierte der Jungforscher eine Platine, die diesen Mikrowellen-Dopplereffekt erfassen kann – eine Voraussetzung für die Bildaufnahme. Als Nächstes plant er den Bau einer Spezialantenne, die Mikrowellensignale aus der Umgebung erfassen kann, etwa von einem vorbeifliegenden Flugzeug.

Bremen

DGZfP-Sonderpreis wurde 2021 nicht vergeben

Hamburg

DGZfP-Sonderpreis wurde 2021 nicht vergeben



Ihrem geschulten Blick entgeht nichts? Dann sollten wir uns kennen lernen!

- ➔ Sie möchten anspruchsvolle Aufgaben im internationalen Umfeld,
- ➔ arbeiten gerne eigenständig
- ➔ und wollen stetige berufliche Weiterbildung?

Dann sind Sie bei uns genau richtig! Im Bereich Luftfahrt ist HEICO Aircraft Maintenance spezialisiert auf die Entwicklung von Reparaturtechnologien im Bereich der Faserverbundwerkstoffe und Triebwerkstechnologie. In diesen Bereichen haben wir die Möglichkeit, mit der Erlangung der EASA Part 145 Instandhaltungsgenehmigung den Airlines und der MRO Industrie flexible und mobile Reparaturlösungen anzubieten. Ob in unserem Repair Shop oder auf dem Vorfeld direkt am Flugzeug – wir stehen weltweit unseren Kunden rund um die Uhr mit professionellen Lösungen zur Verfügung und das seit über 10 Jahren.

Für unser wachsendes Unternehmen suchen wir am Standort Leipzig vielleicht genau Sie? Wir freuen uns, Sie kennen zu lernen! Senden Sie Ihre Bewerbungsunterlagen (Ref.-Nr. HA12) an career@heico.de oder an HEICO Aircraft Maintenance GmbH, Frau Enikö Nagy, Abraham-Lincoln-Straße 20, 65189 Wiesbaden.

Sie haben noch Fragen? Dann erreichen Sie uns natürlich auch telefonisch unter 0611/50590-18.

Werkstoffprüfer (m/w/d) zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)

Ihre Aufgaben:

- ➔ Durchführung von zerstörungsfreien Werkstoffprüfungen an verschiedenen Fluggeräten am Standort Leipzig und diversen Kundenstandorten
- ➔ Anwendung der Verfahren Wirbelstrom (ET), Ultraschall (UT), Farbeindring (PT) und Magnetpulver (MT) gemäß EN4179
- ➔ Lesen, Verstehen und Anwenden der einschlägigen englischsprachigen Durchführungsbestimmungen (Manuals)
- ➔ Qualitätsprüfung und technische Dokumentation der durchgeführten Arbeiten
- ➔ Pflege und Wartung von Werkzeugen

Ihr Profil:

- ➔ Abgeschlossene technische Ausbildung oder vergleichbare Qualifikation aus dem Metallbereich
- ➔ Idealerweise mehrjährige Berufserfahrung in der Industrie oder Luftfahrt im Bereich zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- ➔ Selbstständiges, strukturiertes und serviceorientiertes Arbeiten
- ➔ Reisebereitschaft und Flexibilität hinsichtlich der Arbeitszeit und Wochenenddiensten nach Absprache
- ➔ Ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit und hohes Durchsetzungsvermögen
- ➔ Gute Deutsch- und Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- ➔ Sicherer Umgang mit MS-Office Anwendungen
- ➔ Führerschein Klasse B

Wir bieten:

- ➔ Abwechslungsreiche Aufgabenstellung in einem internationalen Umfeld
- ➔ Attraktive Vergütungskonditionen
- ➔ Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung
- ➔ Umqualifikierungsmaßnahme zur Luftfahrtnorm EN4179 kann bei uns erworben werden



MT Aerospace ist ein international hoch angesehenes Unternehmen in der Luft- und Raumfahrtbranche. Wesentliche Komponenten für die europäische Trägerrakete Ariane, die Airbus-Flotte, Raumfahrzeuge und Satelliten kommen von uns. Wir sind Technologieführer im Leichtbau aus Metall und Verbundwerkstoffen. Derzeit arbeiten rund 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an unseren Standorten in Augsburg, Bremen und am Startgelände in Kourou (Französisch-Guayana).

Für unser Unternehmen am Standort Augsburg suchen wir ab sofort und unbefristet zwei

Prüfingenieure (m/w/d) der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung

Ihre Aufgaben

- Definieren, Erproben und Qualifizieren zerstörungsfreier Prüfmethoden
- Betreuen, Optimieren und Durchführen von zerstörungsfreien Prüfungen für Entwicklungs- und Serienaufgaben
- Vorbereiten und Durchführen von Prozessoptimierungen zu zerstörungsfreien Prüfverfahren
- Erstellen von Testplänen und -berichten in zulassungsfähiger Form
- Selbstständiges Durchführen von ZfP-Qualifikationen intern und ggf. bei Lieferanten
- Erstellen von Prüfunterlagen, z.B. Prüfanweisungen und -normen
- Selbstständiges Einarbeiten in Sonderprüfverfahren bis hin zur Umsetzung und Anwendung der Prüftechnik

Ihre Qualifikationen

- ZfP-Prüfer (m/w/d) nach EN 4179 bzw. mehrjährige Level II Tätigkeit
- ZfP-Level III Prüfer (m/w/d) (EN 4179), ggf. in mehreren Prüfverfahren von Vorteil
- Einschlägige Erfahrung in zerstörungsfreien Prüfverfahren und automatisierten Prüfungen sowie in der Anlagenbeschaffung, Abnahme und Qualifizierung
- Bereitschaft zur Durchführung von ZfP an Entwicklungsbauteilen und Hardware von Kleinserien
- Sicherer Umgang mit Microsoft-Office-Anwendungen
- Gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- Kommunikative und teamorientierte Arbeitsweise

Die Aufgaben bei uns sind vielseitig und abwechslungsreich. Hier haben Sie die Chance, sich in einem international etablierten Umfeld beruflich zu entwickeln.

Ready for Take-off?

Wir freuen uns auf Ihre aussagekräftige Bewerbung über unser [Bewerberportal](#).



ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufen 1 und 2

Termine von November 2021 bis März 2022 für die Qualifizierung und Zertifizierung gemäß EN ISO 9712, EN 4179 und NAS 410.

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
ÖGI Leoben	- T: +43 3842 43101-24

Qualifizierungsstufe 1:

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
ET1	08.11. – 19.11.2021	22.11. – 23.11.2021		VOEST/Linz
RT1	10.01. – 20.01.2022	24.01. – 25.01.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1	31.01. – 02.02.2022	14.02. – 15.02.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
UT1	31.01. – 11.02.2022			
UT1 Praktikum	14.02. – 16.02.2022	17.02. – 18.02.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1	02.02. – 04.02.2022	14.02. – 15.02.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
MT1	07.02. – 10.02.2022	14.02. – 15.02.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1	14.02. – 16.02.2022	28.02. – 01.03.2022	02.03. – 03.03.2022	VOEST/Linz
MT1	17.02. – 22.02.2022	28.02. – 01.03.2022	02.03. – 03.03.2022	VOEST/Linz
PT1	23.02. – 25.02.2022	28.02. – 01.03.2022	02.03. – 03.03.2022	VOEST/Linz
UT1	07.03. – 18.03.2022			
UT1 Praktikum	21.03. – 23.03.2022	24.03. – 25.03.2022		gbd/Dornbirn
ET1	14.03. – 23.03.2022	24.03. – 25.03.2022		VOEST/Linz

Kombikurse (Qualifizierungsstufe 1 und 2):

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
VT1/2	08.11. – 12.11.2021	22.11. – 23.11.2021		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	15.11. – 19.11.2021	22.11. – 23.11.2021		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
VT1/2	29.11. – 03.12.2021	06.12.2021	07.12.2021	VOEST/WIFI Graz
VT1/2	10.01. – 14.01.2022	24.01. – 25.01.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	17.01. – 21.01.2022	24.01. – 25.01.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
MT1/2	17.01. – 25.01.2022	26.01.2022	27.01.2022	VOEST/Linz
MT1/2	24.01. – 01.02.2022	02.02.2022		gbd/Dornbirn
VT1/2	31.01. – 04.02.2022	07.02.2022	08.02.2022	VOEST/Linz
PT1/2	07.02. – 11.02.2022	12.02.2022		gbd/Dornbirn
VT1/2	21.02. – 25.02.2022	26.02.2022		gbd/Dornbirn
VT1/2	28.02. – 04.03.2022	14.03. – 15.03.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	07.03. – 11.03.2022	14.03. – 15.03.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
PT1/2	21.03. – 25.03.2022	28.03.2022	29.03.2022	VOEST/Linz
MT1/2	21.03. – 29.03.2022	30.03.2022		TPA-KKS/TÜV-A/Wien

Qualifizierungsstufe 2:

Verfahren	Termin	Prüfung	2. Prüfung (opt.)	Veranstalter/Ort
RT2	08.11. – 19.11.2021	22.11. – 23.11.2021		TPA-KKS/TÜV-A/Wien
UT2	08.11. – 19.11.2021			
UT2 Praktikum	22.11. – 24.11.2021	25.11. – 26.11.2021		gbd/Dornbirn
VT2	15.11. – 17.11.2021	29.11. – 01.12.2021	01.12. – 03.12.2021	VOEST/Linz
MT2	18.11. – 23.11.2021	29.11. – 01.12.2021	01.12. – 03.12.2021	VOEST/Linz
PT2	24.11. – 26.11.2021	29.11. – 01.12.2021	01.12. – 03.12.2021	VOEST/Linz
UT2	31.01. – 11.02.2022			
UT2 Praktikum	14.02. – 16.02.2022	17.02. – 18.02.2022		VOEST/Linz

Requalifizierungstermine:

Vorbereitungskurs	Requalifizierungsprüfung	Veranstalter/Ort
18.10. – 20.10.2021	21.10. – 22.10.2021	VOEST/Kindberg
13.12. – 15.12.2021	16.12. – 17.12.2021	TPA-KKS/TÜV-A/Wien
21.02. – 23.02.2022	24.02. – 25.02.2022	TPA-KKS/TÜV-A/Wien

ZfP Kurs- und Prüfungstermine der Stufe 3

Termine 2021 und 2022 für die Qualifizierung und Zertifizierung gemäß EN ISO 9712, EN 4179 und NAS 410.

ARGE QS 3 - AUSBILDUNG – Ausbildungsstelle der Stufe 3:

Ausbildung (Mittli GmbH & CO KG – TÜV AUSTRIA TVFA Prüf- und Forschungs GmbH – TÜV Austria Akademie)

Kontakte: Herr Michael Gaunersdorfer, T: +43 676 5312348 (technisch) | Ing. G. Aufricht, T: +43 676 42 42 715 (GF)

Anmeldungen an: ARGE QS 3 c/o ÖGfZP, Fr. Iris Köstner, T: +43 (0) 1 890 99 08-11, E: office@oegfzp.at, office@argeqs3-ausbildung.at

Verfahren	Termin	Prüfung	Ort
RT3	07.11. – 11.11.2021	12.11.2021	Puchberg/Schneeberghof
GLS	15.11. – 19.11.2021 und 22.11. – 24.11.2021	25.11.2021	Puchberg/Schneeberghof
2022			
MT3	24.01. – 27.01.2022	28.01.2022	Puchberg/Schneeberghof
PT3	06.03. – 10.03.2022	11.03.2022	Puchberg/Schneeberghof
UT3	24.04. – 28.04.2022	29.04.2022	Puchberg/Schneeberghof
RT3	16.10. – 20.10.2022	21.10.2022	Puchberg/Schneeberghof

Requalifizierungstermine:

Verfahren	Termin	Prüfung	Ort
Alle Stufe 3	10.11. – 11.11.2021	12.11.2021	Puchberg/Schneeberghof
2022			
Alle Stufe 3	09.03. – 10.03.2022	11.03.2022	Puchberg/Schneeberghof
Alle Stufe 3	19.10. – 20.10.2022	21.10.2022	Puchberg/Schneeberghof

Beachten Sie, dass Seminare erst ab einer Teilnehmerzahl von mindestens 6 Personen möglich sind. Anmeldeschluss für ARGE QS 3 Seminare ist jeweils **6 Wochen vor Seminarbeginn** (Hausaufgabe!). 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.

Weitere Informationen unter: [oegfzp.at](mailto:office@oegfzp.at), office@argeqs3-ausbildung.at



Kurs- und Prüfungsprogramm der SGZP 2021

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

Kurs	Datum	Prüfung
VT 1 & 2	08.11. – 12.11.2021	16.11.2021
UT 2	25.10. – 05.11.2021	29.11.2021
UT R (Bahn)	06.12. – 10.12.2021	Prüfungsdatum wird während des Kurses fixiert
PT 1	23.08. – 25.08.2021	27.08.2021
PT 2	06.09. – 09.09.2021	13.09.2021
MT 1	22.11. – 25.11.2021	30.11.2021
ET 1 oder ET 2	15.09. – 24.09.2021	08.10.2021 (Übungstag 07.10.2021)

ÜBERSICHT ÜBER DIE REZERTIFIZIERUNGSTERMINE ¹⁾

	1. Rezertifizierungswoche Kalenderwoche 23	2. Rezertifizierungswoche Kalenderwoche 50
PT, MT	07.06.2021	13.12.2021
PT-, MT- Prüfung	08.06.2021	14.12.2021
VT	09.06.2021	15.12.2021
UT, ET	10.06.2021	16.12.2021
VT-, UT-, ET-Prüfung	11.06.2021	17.12.2021

¹⁾ 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)

INDUSTRIAL COMPUTED TOMOGRAPHY



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

11TH CONFERENCE ON INDUSTRIAL COMPUTED TOMOGRAPHY 2022

School of Engineering | Wels Campus |
Austria

8th - 11th February 2022

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

Early Bird
Registration until
6th December
2021!

www.ict-conference.com/2022

Co-Organisers



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG e.V.

Schulungsstätte Emitec Messtechnik AG, 6343 Rotkreuz

Kurs	Datum	Prüfung
TT 1	20.10. – 22.10. & 28.10. – 29.10.2021	Samstag, 30.10.2021

Schulungsstätte IMITec GmbH, Meilen

Kurs	Datum	Prüfung
IRT 1&2 (EN4179) ¹⁾	30.08.2020 – 02.09.2021	03.08.2021
IRT 3 (EN4179) ¹⁾	06.09.2021 – 09.09.2021	10.09.2021

¹⁾ weitere Kurse nach Absprache

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

Kurs	Datum	Prüfung	Repetitionstag
RT 1	08.11. – 19.11.2021	10.12.2021	09.12.2021
VT 1&2 Sw, (d) Kursort Basel	29.11. – 01.12.2021	03.12.2021	02.12.2021
VT 1&2 Sw, (d) Kursort Rheineck	18.10. – 20.10.2021	22.10.2021	21.10.2021
VT 1&2 Sw, (f) Kursort Vuflens-la-Ville	13.09. – 15.09.2021	17.09.2021	16.09.2021
VT 1&2 Sw, (i) Kursort Bellinzona	04.10. – 06.10.2021	08.10.2021	07.10.2021

KOWODENS TD

Bestimmung der optischen Dichte von Röntgenfilmen in bisher unbekannter Genauigkeit

Das KOWODENS TD bestimmt die optische Dichte nach den Normen ISO 5, ISO 14807, ASTM E1079 und der Richtlinie DGzFP D1 bis zu Werten von grösser als D 5.5 mit höchster Genauigkeit und Auflösung ohne dass eine Kalibrierung des Gerätes nötig ist. Dies ermöglicht die innovative digitale Messtechnik, die auch bereits im DENSORAPID D verwendet wird. Die Dichtewerte können über eine USB-Schnittstelle übertragen werden.



Neuer **NDT Master**

Am 30. Juni 2021 besuchte Gunnar Morgenstern, Regionalleiter Nord und Leiter des DGZfP-Schulungszentrums Hamburg/HELLING die Covestro Deutschland AG am Standort in Brunsbüttel. Der Anlass war ein besonderer: Gunnar Morgenstern überreichte an Covestro-Mitarbeiter Jan Buchholz, die NDT Master-Urkunde und die dazugehörige Marke der DGZfP und wird an Personen verliehen, die folgende Voraussetzungen mitbringen:

1. Teilnahme an einer Schulung der ZfP-Grundlagen der Stufe 3 (BC 3 K M1) mit erfolgreichem Abschluss der Prüfung BC 3 Q M1
2. Teilnahme an den Schulungen der „Master“-Module (BC 3 K M2 und BC 3 K M3) mit erfolgreichem Abschluss der dazugehörigen Prüfung BC 3 Q M2/M3
3. DGZfP-Prüfungsnachweise in mindestens zwei Hauptverfahren der Stufe 3



Jan Buchholz (re.) freut sich über den Erwerb des NDT Master-Titels (überreicht durch Gunnar Morgenstern)

Jan Buchholz hatte die notwendigen Voraussetzungen erfüllt. Normalerweise werden die Urkunde und die NDT Master-Uhr unmittelbar nach der notwendigen Prüfung (BC 3 Q M2/3) überreicht, aber in Pandemiezeiten ist eben vieles anders. Deshalb erfolgte die „Zeremonie“ auch coronakonform.

Während des Besuchs war auch Zeit für eine Rundfahrt über das weiträumige Gelände. Buchholz erklärte dabei die Funktion der einzelnen Anlagenteile. Die Covestro Deutschland AG (mit Hauptsitz in Leverkusen) ist aus der ehemaligen Bayer MaterialScience AG hervorgegangen und beschäftigt sich mit der Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von chemischen Produkten, wie beispielsweise Polyurethan für die Cockpitverkleidung im Fahrzeug. Die Kollegen aus der Prüfungsabteilung unterstützen und organisieren dabei die regelmäßige Wartung und Instandhaltung der dazu notwendigen Anlagen am Standort Brunsbüttel. An dieser Stelle nochmals ein herzlicher Dank an die beteiligten Covestro-Kollegen.

Gunnar Morgenstern

Änderungen der Zugangsvoraussetzungen zum Titel **NDT Master**®:

Seit April 2021 können auch Personen, die ihre Ausbildung nicht in einer anerkannten Schulungsstätte der DGZfP absolviert haben und entsprechende Zertifikate anderer akkreditierter Zertifizierungsstellen vorweisen können, den DGZfP-Titel „NDT Master“ erwerben. Bisher musste die Schulung und Prüfung komplett bei der DGZfP erfolgen. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein:

1. Die Prüfung zu den Grundlagen der Stufe 3 muss bei einer, für die ISO 9712 national akkreditierten Stelle (z. B. TÜV Nord, SECTOR Cert, TÜV Rheinland, ÖGfZP, SGZP, BINDT/PCN usw.) absolviert worden sein. Die Schulung zu den Grundlagen der Stufe 3 muss nachweislich 80 Stunden Schulungszeit umfasst haben und bei einer, von der jeweiligen akkreditierten Stelle, anerkannten Schulungsstätte erfolgt sein.
2. Es müssen zwei gültige Stufe 3-Zertifikate von einer, für die ISO 9712 national akkreditierten Stelle (z. B. TÜV Nord, SECTOR Cert, TÜV Rheinland, ÖGfZP, SGZP, BINDT/PCN usw.), vorliegen und regelkonform bei der DGZfP rezertifiziert werden.
3. Die Schulungen BC Modul 2 und 3 inklusive erfolgreicher Prüfung müssen bei der DGZfP absolviert werden.



Schulungsprogramm 2022 erschienen

Aktuelle Informationen rund um die angebotenen ZfP-Verfahren finden Sie in unserem Schulungsprogramm 2022, die jeweiligen Termine können Sie online abrufen.

Unsere Schulungen und Qualifizierungsprüfungen nach DIN EN ISO 9712, DIN 54161, DIN EN 4179 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



MIT SICHERHEIT IN DIE ZUKUNFT

Direkte Sichtprüfung (VT) Stufe 1/2 zur Beurteilung von Schweißverbindungen

erfüllt die Anforderungen der DIN EN 1090

Die Schulung VT Stufe 1/2 K Pw L D zur direkten Sichtprüfung richtet sich an Personen, die für das Prüfverfahren aus Regelwerken und kundenspezifischen Anforderungen heraus Prüfanweisungen erarbeiten, Prüfaufsichtsfunktionen wahrnehmen, aber auch Tätigkeiten der Stufe 1 ausführen sollen. Die Schulung bezieht sich auf die direkte Sichtprüfung nach EN 13018 im Rahmen einer Fertigungsüberwachung.

INHALTE

Grundlagen | Arbeitstechniken und Aufgaben der Sichtprüfung | Praktische Übungen zur Durchführung der Sichtprüfung an Schweißverbindungen | Erstellen von Prüfanweisungen | Bewertung der Prüfergebnisse | Objektkunde und Prüfung von Schweißverbindungen | Endoskopie | Normenübersicht

Gebühren 2022: 1.545,00 € zzgl. 670,00 € Prüfungsgebühr
für korp. Mitglieder 1.315,00 € zzgl. 570,00 € Prüfungsgebühr
inkl. Zertifikat nach DIN EN ISO 9712

Termine: 11. – 14.04.2022 im Ausbildungszentrum Hamburg/Helling
13. – 16.06.2022 im Ausbildungszentrum Hamburg/Helling
01. – 04.11.2022 im Ausbildungszentrum Hamburg/Helling

Anmeldung: DGZfP Ausbildung und Training GmbH | Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin
Tel.: +49 30 67807-130 | E-Mail: ausbildung@dgzfp.de

Für Fragen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.



DGZfP
AUSBILDUNG UND
TRAINING GmbH

Luftfahrt Ausbildung im DGZfP-Ausbildungszentrum München

Die Zerstörungsfreie Prüfung spielt in der Luftfahrt eine essenzielle Rolle und ist unverzichtbar, nicht nur in der Neuteilfertigung, sondern auch in der Wartung bestehender Flotten. Die besonderen Anforderungen der sicherheitsrelevanten Komponenten sorgen in der Neuteilfertigung für einen immensen Aufwand zur Sicherstellung der Qualität, damit ein sicherer Flugverkehr gewährleistet werden kann.

Was ist so anders bei der Ausbildung im Bereich der Luftfahrt?

Die Ausbildung von zerstörungsfreiem Prüfpersonal darf nur durch von NANDTB Germany zugelassenen Schulen durchgeführt werden. Dieses National Aerospace NDT Board auditiert die Schulen und spricht die Zulassung der Schulungsstätte aus. Alle Ausbildungsstätten sind auf der NANDTB-G Webseite ersichtlich: www.nandtb.de

Auch in der Luftfahrt gibt es nach DIN EN 4179/NAS 410 Mindestausbildungs- und Erfahrungszeiten, die gesammelt werden müssen, um eine Qualifikation und Zertifizierung durchzuführen. Es wird in Zukunft eine Besonderheit beim Sammeln von Erfahrungszeit vor Beginn der Ausbildung geben.

Um für die Qualifikationsprüfung zugelassen zu werden, muss der*die Teilnehmer*in für den speziellen Teil 75 % und für den praktischen Teil 100 % der geforderten Erfahrung nach DIN EN 4179/NAS 410 vor der Prüfung sammeln (Stand: Entwurf DIN EN 4179, 03/2021). Das Erreichen der Erfahrungszeit muss vom Betrieb vor der Qualifikationsprüfung bestätigt werden, da sonst keine Zulassung zur Prüfung erfolgen darf.

Der größte Unterschied zur DIN EN ISO 9712 ist die „innerbetriebliche Zulassung“ des Prüfpersonals.

Eine Zulassung wird vom Arbeitgeber anhand der Zulassungsvorschrift (written-practice) durchgeführt. Auch wenn die Norm von einer „Zertifizierung“ spricht, wird diese nicht wie bei der DIN EN ISO 9712 von einer unabhängigen Stelle (z. B. DGZfP Personalzertifizierung (DPZ)) erteilt. Diese Zulassung ist eine reine Arbeitgeberzulassung, die nur in dem Betrieb zählt, der diese Zulassung erteilt.

Auch bei der Rezertifizierung/Erneuerung gibt es Unterschiede gegenüber der DIN EN ISO 9712. Die Erneuerung der Zertifizierung hat in einem Abstand von höchstens fünf Jahren zu erfolgen, hier muss die spezielle und praktische Prüfung erfolgreich abgelegt werden. Beim Level 3 kann auch ein Creditsystem verwendet werden. Besteht ein Teil der Aufgaben einer Stufe-3-Person aus der Abnahme von Produkten, ist eine zusätzliche praktische Prüfung, die gleichwertig zur Stufe 2 sein soll, alle fünf Jahre erforderlich.

Der Arbeitgeber muss eine jährliche Befähigungsbewertung der Prüfer durchführen (wird oft von Stufe-3-Person der Firma durchgeführt) in der die ausreichende Leistung der Prüfer*innen bewertet wird, um die Zulassung zu erhalten.

Es gibt noch weitere Unterscheidungen, wie Sehtest, Bewertung der Qualifikationsprüfungen und viele mehr.

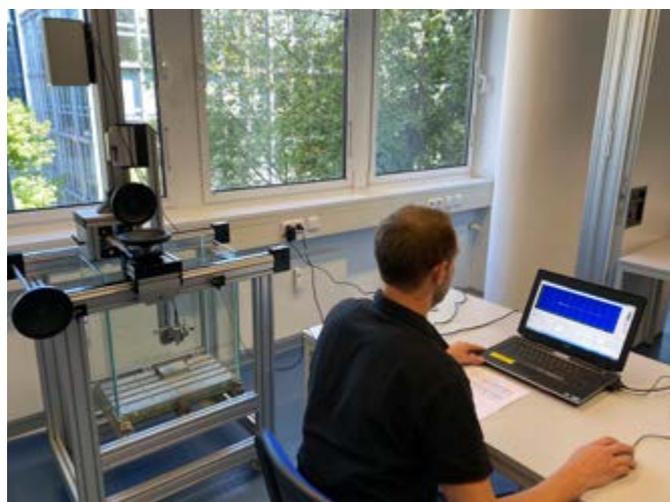
UT – Ultraschallprüfung

Durch die Anwendung von speziellen Prüftechniken, wie zum Beispiel dem Einsatz der Tauchtechnik bei der Herstellung von hochbeanspruchten, rotierenden Triebwerksteilen, können sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Die hochkomplexen Anlagen mit bild-

gebender Prüfsoftware ergeben für die Serienfertigung eine sehr gute Automatisierbarkeit mit überschaubarem Personaleinsatz. Die meist rotationssymmetrischen Teile werden auf einem Drehteller positioniert und dann in definierten Bahnen abgefahren. So können Fehler in der Größenordnung einer Flachbodenbohrung mit einem Durchmesser von 0,4 mm sicher nachgewiesen werden. Dies führt zu einer beeindruckenden Ausfallwahrscheinlichkeit von ca. 1×10^{-9} für z. B. einen Rotor, für die Flugreisenden eine beruhigende Größenordnung.

Für die Prüfung von stark dämpfenden Materialien wie Faserverbundwerkstoffen, Wabenstrukturen oder Schäumen, welche für das Gewichtsmanagement eines Flugzeugs elementar wichtig sind, gibt es weiterhin spezielle Lösungen für die Qualitätsprüfung. So sind berührungslose Verfahren wie Luftultraschall oder Squirteranlagen für die Prüfung von z. B. Höhen- bzw. Querrudern schon weitestgehender Standard. Bei der Prüfung via Luftultraschall wird durch den Einsatz von Prüfköpfen mit besonders niedrigen Frequenzen auf das bei der konventionellen Ultraschallprüfung nötige Koppelmedium verzichtet und ermöglicht damit die Prüfung von Materialien welche empfindlich auf Wasser reagieren. So können Quelleffekte, Aufblättern und Korrosion oder langwierige Trocknungsvorgänge verhindert werden. Die Squirtertechnik beruht auf der Einbringung des Ultraschalls durch einen kontrollierten Wasserstrahl. Hierbei ist eine genaue Führung des Prüfkopfes in Kombination mit dem Wasserstrahl ausschlaggebend für gute Prüfergebnisse.

Seit der Umstellung der Flugzeugstrukturen vom lang und gern genutzten Aluminium zum Kohlefaserverbundwerkstoff (CFK) gab es auch in der Ultraschallprüfung eine Umstellung. Durch die neuen Fehlerarten wie Delaminationen (Aufblättern) oder Dedondings (Ablösungen) trat die Phased-Array-Prüfung mehr und mehr in den Vordergrund. Durch das Nutzen von bis zu 128 Einzelprüfköpfen, welche separat angesteuert werden und einer bildgebenden Software können große kritische Bereiche in kurzer Zeit geprüft werden. Dies kann bei der Neuteilfertigung wie auch auf dem Rollfeld problemlos durchgeführt werden. Durch die Bildgebung sind die Prüfergebnisse sehr gut reproduzierbar und können bei Wiederholungsprüfungen ein hervorragendes Instrument zum Monitoring von Schäden darstellen. Vergleichbare Ergebnisse sind auch durch



Ultraschall – Tauchtechnikinspektion

die konventionelle Prüfung mit einem Standard-Senkrechtprüfkopf zu erzielen, welche bei der Genauigkeit nicht die Werte der Phased-Array-Prüfung erreichen.

Trotz der Umstellung auf CFK-Strukturen und weiterer neuer Materialien bleibt die Nietprüfung ein großer Bestandteil, denn an kritischen, hochbeanspruchten Bereichen des Fahrwerks oder Triebwerks bzw. der Flotten mit dem alten Aluminium-Konzept bleiben die Prüfungen nach diesem Prinzip unerlässlich. Der Niet wird dabei radial angeschallt und der Übergang zwischen Nietsignal und dem danebenliegendem Grundmaterial beobachtet. Über die dabei auftretende Echodynamik können Anrisse sicher nachgewiesen werden.

ET – Wirbelstromprüfung

Ein weiteres sehr weit verbreitetes Prüfverfahren in der Luftfahrt ist die Wirbelstromprüfung. Die Grundvoraussetzung für die Prüfung ist ein elektrisch leitfähiges Material. Klassische Anwendungen sind die Prüfung von Leitfähigkeiten, Rissprüfung und der Schichtdickenmessung. Auch mit der Umstellung auf Kohlefaserstrukturen bleibt die Bedeutung der Wirbelstromprüfung enorm. Denn im gleichen Zuge gewann Titan an Bedeutung, welches die Grundvoraussetzung der Leitfähigkeit erfüllt und damit sehr gut prüfbar ist.

Leitfähigkeitsmessungen werden häufig bei der Bauteilneufertigung eingesetzt, da Materialverwechslungen ausgeschlossen bzw. der Wärmebehandlungszustand mit geeigneten Geräten und einer schnellen Kalibrierung sehr einfach kontrolliert werden können. Auch am Beispiel des häufig auftretenden Blitzschlags zeigt sich eine Leitfähigkeitsänderung als klassisches Schadensbild.

Als wichtigste Anwendung gilt die Rissprüfung. Diese kann durch geeigneten Einsatz der Prüffrequenz als Oberflächen- wie auch Prüfung in tieferen Lagen eingesetzt werden. Durch das Abscannen der Struktur mit einer Tastsonde können so Fehler mit sehr kleiner Ausdehnung sicher aufgefunden werden.

Für die Bohrungsprüfung wird ebenfalls die Wirbelstromprüfung eingesetzt. Eine runde Wirbelstromsonde wird durch einen Handrotor gedreht und anschließend in eine Bohrung geführt. Dabei erhält man eine Prüfung mit sehr guter Empfindlichkeit und guter Fehlerortung (Tiefe bezogen auf Oberfläche). Die Prüfung von mehrlagigen Strukturen ist dabei ebenso problemlos realisierbar. Durch Einsatz mehrerer Frequenzen gleichzeitig kann man zusätz-



Wirbelstrom – Bohrungsprüfung

lich noch Informationen über die Tiefe bezogen auf den Bohrungsmantel erhalten.

Die Schichtdickenmessung ist ebenfalls zu erwähnen, denn diese zeigt z. B. die Lackschichtdicke auf der Struktur und ist für die Rissprüfung stets vor der Inspektion zu messen da diese für die Kalibrierung berücksichtigt werden muss.

PT – Eindringprüfung

Die Farbeindringprüfung wird im Luftfahrtbereich inzwischen fast ausschließlich fluoreszierend durchgeführt. So kann im Vergleich zum „rot/weiß“-Verfahren wesentlich empfindlicher geprüft werden und es können feinere Fehlstellen entdeckt werden. Oft werden in der Triebwerksfertigung die Bauteile nachemulgiert geprüft.

Es gibt einige Ausnahmen im militärischen Bereich, in dem noch die sogenannte „rot/weiß“-Technik eingesetzt wird, da hier nicht immer für jede Prüfung abgedunkelt werden kann (z. B. Luftfahrtgerät am Einsatzort).

Sehr großen Wert legt man in der Luftfahrt auf die Einhaltung der Prozessparameter. Hier gibt es deutlich mehr Anforderungen an die einzuhaltenden Wasser- und Luftdrücke, die Temperaturen im Bereich des Trockenvorgangs, Arbeitsabstände und Prozesszeiten.

Wenn Tauchbäder verwendet werden, müssen diese einer ständigen Kontrolle unterzogen werden. Es werden Proben gezogen, um den Wassergehalt und die Fluoreszenzhelligkeit der Prüfmittel zu überwachen.

Zur Überprüfung des gesamten Prozesses werden meist im Triebwerksbereich „PSM-5-Testkörper“ eingesetzt. Diese sind gegenüber dem herkömmlich verwendeten Kontrollkörper 2 wesentlich empfindlicher, da die künstlich eingebrachten sternförmigen Fehlstellen deutlich kleiner sind.

MT – Magnetpulverprüfung

In der Luftfahrt werden die Bauteile bei der Magnetpulverprüfung fast ausschließlich fluoreszierend geprüft. Der Vorteil gegenüber der Prüfung mit magnetischem schwarzem Pulver und weißer Hintergrundfarbe, ist die höhere Prüfempfindlichkeit.

Im Triebwerksbereich wird keine kombinierte Prüfung durchgeführt, hier gibt es die „kontinuierliche“ Prüfung. Die zu prüfenden Bauteile werden mit drei Magnetisierungsstößen magnetisiert. Der Vorteil besteht darin, dass sich der Prüfer auf eine Fehlerrichtung konzentrieren kann.



Eindringprüfung an Triebwerksschaufel



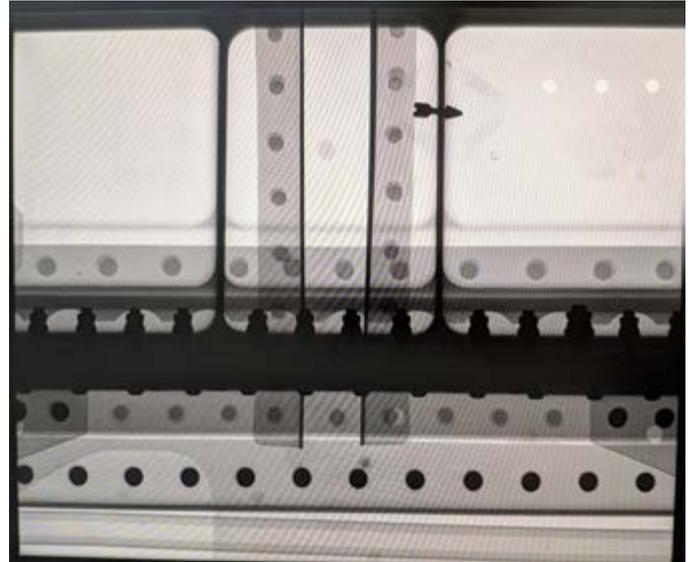
Magnetpulverprüfung an Getriebezahnrad

Die Prüfung mittels Gleichstroms wird ebenfalls verwendet, da auch Fehler in tieferen Lagen gefunden werden können. Allerdings gilt hier der bekannte Grundsatz: Fehler an der Oberfläche müssen gefunden werden, Fehler unter Oberfläche sind Glück und Erfahrung.

RT – Durchstrahlungsprüfung

Der wesentliche Unterschied zur ISO 9712 besteht darin, dass in der Luftfahrt nur zwischen zwei verschiedenen RT-Verfahren unterscheiden wird. Die analoge Radiographie bildet das Verfahren „RT Film“ ab und die digitale Radiographie das Verfahren „RT NonFilm“. Zukünftig soll noch ein weiterer Zweig im Bereich der Computertomographie entstehen.

Auch in der Art wie Aufnahmen erstellt werden, gibt es hier wesentliche Unterschiede zur Industrie. Es werden ausschließlich Röntgenröhren zur Erstellung der Bilder verwendet. Der Grund besteht darin, dass feinere/hochwertigere Aufnahmen nötig sind und tendenziell dünnere und weniger dichte Werkstoffe wie z. B. Aluminium oder GFK/CFK durchstrahlt werden. Zur Überprüfung der Bildgüte setzt man inzwischen überwiegend Lochpenetrameter ein. Sie können individuell für jeden Werkstoff hergestellt werden und somit passend auf das zu prüfende Material abgestimmt werden.



RTNF – Nietverbindung an Flugzeugstruktur

Seit 2009 wird im DGZfP-Ausbildungszentrum München in Zusammenarbeit mit der MTU Aero Engines AG und ab 2022 mit der MTU Maintenance Hannover GmbH, neben der Ausbildung nach DIN EN ISO 9712 ebenso im Bereich Luftfahrt nach DIN EN 4179/NAS 410 in den Verfahren Eindringprüfung (PT), Magnetpulverprüfung (MT), Wirbelstromprüfung (ET) und Ultraschallprüfung (UT) für Level 1, 2 und 3 Qualifikationskurse durchgeführt.

Die Kurse zur Durchstrahlungsprüfung RT Film und RT Non Film Technik nach DIN EN 4179/NAS 410 werden direkt bei der MTU Aero Engines AG in Karlsfeld ausgebildet.

Ab 2022 besteht auf Wunsch die Möglichkeit, in den Verfahren PT und MT für Level 1, 2 und 3 Inhousekurse direkt in Firmen anzubieten. Anfragen hierzu können Sie gerne über die Schulungsabteilung in Berlin stellen.

Bei Fragen stehen wir Ihnen im DGZfP-Ausbildungszentrum München gerne zur Verfügung.

Uwe Elpelt, Thomas Müller

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 | 1030 Wien, Hegergasse 7

Nachwuchspreis 2021

Zur Validierung von ZfP-Verfahren für die Nachrechnung von Brücken

Stefan Küttenbaum¹

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Kontakt: stefan.kuettenbaum@bam.de

Kurzfassung. Die Nachrechnung, d. h. die Beurteilung der Zuverlässigkeit von bestehenden Brücken, ist aufgrund der steigenden Anforderungen an die Bausubstanz und des sich alterungsbedingt verschlechternden Zustands der Bauwerke eine Kernherausforderung im Bauwesen. Sowohl die Berechnungsergebnisse als auch die Validität solcher Beurteilungen hängen im Wesentlichen von den Informationen ab, die über das zu beurteilende System vorliegen. Die Einbeziehung von zusätzlichem Wissen über das Tragwerk, welches vor Ort gemessen wurde, kann genutzt werden, um Unsicherheiten in den Berechnungen zu reduzieren und Abweichungen zwischen den tatsächlichen sowie den initial angenommenen Bauwerkseigenschaften zu identifizieren. Dies ermöglicht realitätsnähere Bauwerksbeurteilungen, die gezielte Planung von Maßnahmen wie Instandsetzungen oder Nutzungseinschränkungen und in der Konsequenz die Optimierung der infrastrukturellen Verfügbarkeiten sowie des Ressourcenverbrauchs.

Die effiziente Verwendung von Messergebnissen bei der Nachrechnung und von Ergebnissen aus zerstörungsfreien Prüfungen im Speziellen setzt voraus, dass die Relevanz der messbaren Informationen beziffert, die Qualität der gemessenen Information berechnet und die Anforderungen an die Genauigkeit der Inspektionen aus der statischen Berechnung abgeleitet werden können. Der Vergleich der Anforderungen an eine zu messende Information mit der Qualität der gemessenen Information wird in diesem Aufsatz als Validierung eines Messverfahrens aufgefasst. Es wird gezeigt, wie zerstörungsfreie Prüfverfahren für die Nachrechnung validiert werden können. Die Methodik wird anhand einer mit der Ultraschallecho- und Impulsradarmethode untersuchten Spannbetonbrücke demonstriert.

1 Einleitung

Regelmäßige Bauwerksprüfungen haben sich als wesentlicher Bestandteil der Zustandsbeurteilung von Brücken etabliert. Sie dienen der rechtzeitigen Identifikation von Schäden und sind die Basis für die Bewertung der Standsicherheit, Verkehrssicherheit und der Dauerhaftigkeit des Tragwerks [1]. Inspektionen vor Ort können darüber hinaus gewinnbringend bei der Bewertung der Zuverlässigkeit von bestehender Bausubstanz genutzt werden, da tatsächliche Material- und Bauwerkseigenschaften ermittelt werden können. Die Einbeziehung der Prüfergebnisse steigert die Urteilsfähigkeit des oder der Beurteilenden und ermöglicht insgesamt realitätsnähere Bauwerksbeurteilungen.

Die wesentliche Grundlage für die Bewertung der Zuverlässigkeit eines Tragwerks sind die über das System verfügbaren Informationen. Zu bestimmten Kosten kann zusätzliches Wissen erworben werden, um eine realitätsnähere Bauwerksbeurteilung durchzuführen. In der vorgestellten Arbeit wurde eine Methodik entwickelt, die es erlaubt, gezielt am Bauwerk erhobene ZfP-Ergebnisse bei der Zuverlässigkeitsbewertung einzubeziehen und die Eignung von ZfP-Verfahren anhand von Anforderungen aus der statischen Berechnung an die Prüfung nachzuweisen.

Die Zuverlässigkeit von Tragwerken kann bei der Anwendung von wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden anhand von berechneten Versagenswahrscheinlichkeiten beurteilt werden. Eine solche sogenannte operative Versagenswahrscheinlichkeit P_f ist keine Eigenschaft eines nachzuweisenden Bauwerks. Sie ist vielmehr ein subjektives Maß für die (Un-)Zuverlässigkeit und hängt prinzipiell

von den einbezogenen Informationen über das betrachtete Tragwerk ab.

Liegt den Berechnungen ein unverzerrtes Berechnungsmodell zugrunde, strebt P_f mit einer zunehmenden Anzahl an berücksichtigten Informationen und mit steigender Qualität der einbezogenen Informationen gegen den tatsächlichen Wert von P_f . Zusätzliches relevantes Wissen kann verwendet werden, um Unsicherheiten in einer Berechnung zu reduzieren. Darüber hinaus können sich bei Untersuchungen am Bauwerk Diskrepanzen zwischen den planmäßigen oder angenommenen Soll-Eigenschaften und den tatsächlichen Ist-Eigenschaften der Bausubstanz herausstellen. Es besteht folglich die Möglichkeit, Verzerrungen in den Materialeigenschaften, den Einwirkungen oder auch den geometrischen Abmessungen zu identifizieren und zu korrigieren. In diesem Kontext spielt die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) eine wichtige Rolle, weil die Verkehrslasten fortwährend steigen und sich die zu beurteilenden Brücken häufig in einem unzufriedenstellenden Zustand befinden. Auf destruktive Eingriffe in die Bausubstanz im Zuge der Bauwerksprüfungen sollte folglich weitgehend verzichtet werden.

Das Ziel dieses Aufsatzes ist die Einführung in das Konzept der ZfP-gestützten Zuverlässigkeitsbeurteilung von bestehenden Bauwerken im Abschnitt 2, die Vorstellung einer Möglichkeit zur Validierung von ZfP-Verfahren für die Nachrechnung anhand der Genauigkeit der gemessenen Informationen (Kapitel 3) und die Demonstration der Methodik im Abschnitt 4. Die Fallstudie befasst sich mit einer Spannbetonbrücke, die hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit anhand des Nachweises der Dekompression beurteilt wird. Der Nachweis wird nach den aktuellen Bemessungsvorschriften [2] geführt und dient dem Schutz des im Beton verbauten vorgespannten Stahls vor Korrosion, indem die Rissbildung im Beton rechnerisch

ausgeschlossen wird. In einem bestimmten Bereich um die Spann- glieder dürfen keine Betonzugspannungen auftreten. Für den Span- nungsnachweis ist die Normalkraft infolge der Vorspannung in ein Biegemoment zu überführen. Die hierfür benötigte vertikale Posi- tion der Querspannglieder wirkt sich wesentlich auf die Zuverläs- sigkeit aus und kann durch Radar-Untersuchungen gemessen wer- den. Die in diesem Beitrag aufbereiteten Ergebnisse der an der BAM durchgeführten Forschungsarbeit finden sich ausführlich in [3].

2 Konzept der ZfP-basierten Nachrechnung

Ein Nachweis der Zuverlässigkeit von Brücken, die nicht gemäß den aktuellen Bemessungsvorschriften errichtet wurden, wird in der Praxis auf der Grundlage der Nachrechnungsrichtlinie [4–6] geführt. Üblich ist die Anwendung des semi-probabilistischen Nachweis- konzeptes, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass die Eingangsgrö- ßen in der statischen Berechnung (wie zum Beispiel Festigkeiten oder Einwirkungen) durch deterministische Werte ausgedrückt werden. Diese entsprechen bestimmten Quantilwerten und werden über genormte Sicherheitsfaktoren, die sog. Teilsicherheitsbeiwerte, je nachdem ob es sich um eine stabilisierende oder einwirkende Größe handelt, abgemindert bzw. beaufschlagt. Auf diese Weise werden Unsicherheiten, die in der Berechnung abzudecken sind, da z. B. die zukünftigen Verkehrslasten oder Materialeigenschaften beim Neubau nicht exakt bekannt sein können, praktikabel berück- sichtigt.

Im nachfolgend zusammengefassten Konzept zur ZfP-basierten Nachrechnung wird mit der sog. First Order Reliability Method (FORM) [7–9] ein probabilistisches Lösungsverfahren gewählt. Die

Eingangsgrößen im Nachweis sind nun als Zufallsgrößen, die auch als Basisvariablen bezeichnet werden, zu modellieren. Ein Vorteil ist, dass die prinzipiell streuenden Messgrößen explizit über geeig- nete Verteilungsfunktionen in die Berechnung einfließen können. Außerdem können Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, um die maßgebenden Eingangsgrößen im statischen Nachweis zu iden- tifizieren. Die Messung dieser Größen wird als besonders nützlich erachtet, da sie die Tragwerkszuverlässigkeit signifikant beeinflus- sen.

Das Konzept zur ZfP-basierten Nachrechnung ist in Abbildung 1 anhand von vier Schritten visualisiert. Der Ausgangspunkt ist die Wahl eines Grenzzustands, also eines maßgebenden bzw. interes- sierenden Nachweises, der geführt wird, um z. B. die Biege- oder Querkrafttragfähigkeit eines Bauwerks zu bewerten. Das mechani- sche Modell wird in einer Grenzzustandsgleichung $g(x)$ formuliert und die in der Gleichung enthaltenen Variablen wie Festigkeiten, Abmessungen oder Einwirkungen werden durch stochastische Modelle beschrieben. Dabei liegen die vor etwaigen Messungen verfügbaren Informationen zugrunde, die beispielsweise den Be- standsunterlagen entstammen. Auf Basis des derart entwickelten initialen Berechnungsmodells wird eine Zuverlässigkeits- und Sen- sitivitätsanalyse mithilfe der FORM durchgeführt. Ein Ergebnis ist der Zuverlässigkeitsindex β , der zur näherungsweisen Bestimmung der operativen Versagens- wahrscheinlichkeit P_f zu

$$\beta = |\mathbf{u}^*| = \min\{|\mathbf{u}|\} \quad \text{für} \quad \{u: g(\mathbf{u}) \leq 0\} \quad \text{Gl. 1}$$

berechnet wird. Im Kern wird der wahrscheinlichste Versagens- punkt im Standardraum \mathbf{u}^* über Suchalgorithmen ermittelt.

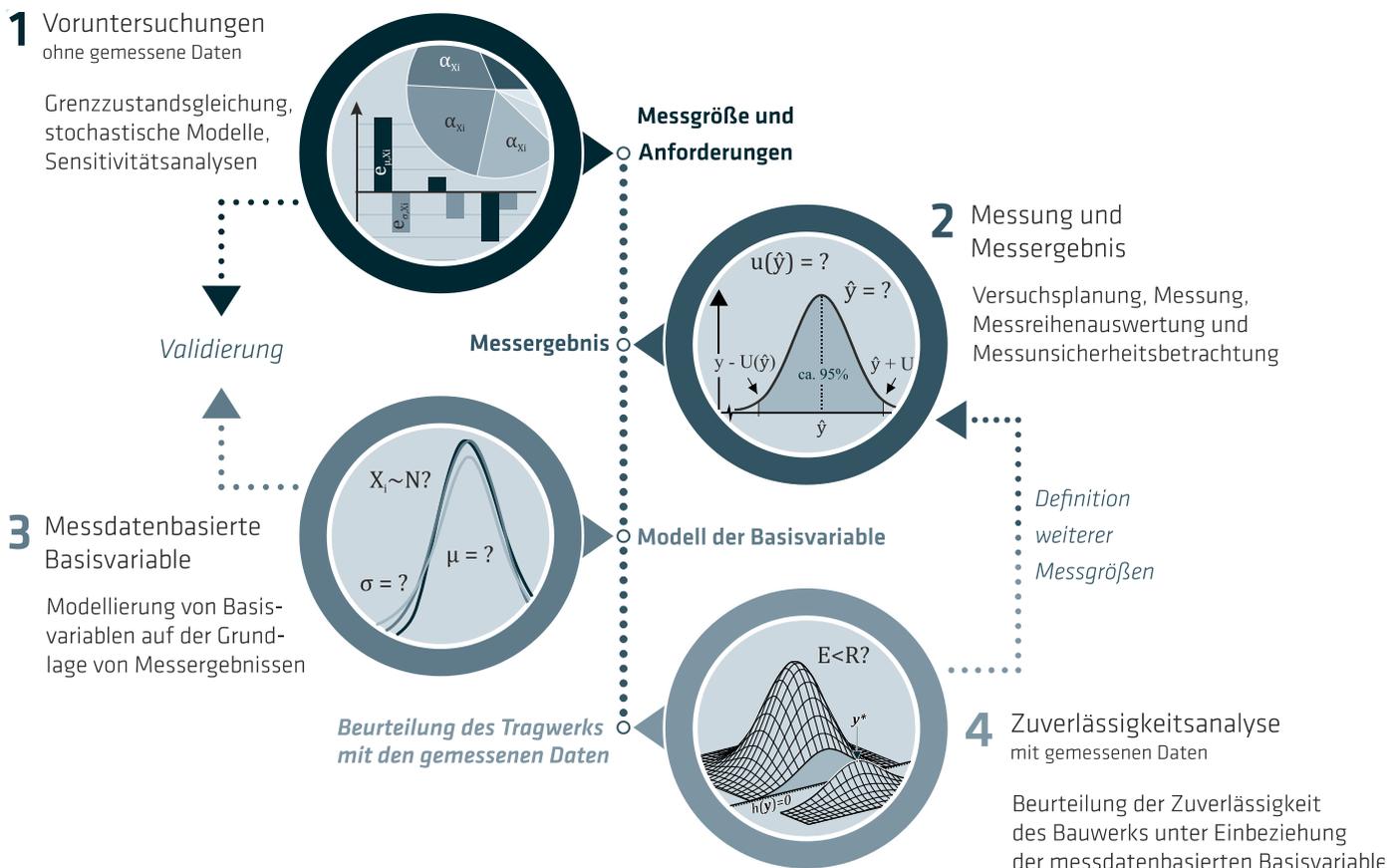


Abbildung 1: Konzept der messdatenbasierten Zuverlässigkeitsanalyse von bestehenden Bauwerken [3]

Die Versagenswahrscheinlichkeit berechnet sich dann aus

$$P_f = \int_{V_x} f_X(x) dx = \int_{V_u} \varphi_U(u) du \approx \frac{\Phi(-\beta)}{FORM} \quad \text{Gl. 2}$$

Dabei entsprechen die Integrale der multivariaten Dichtefunktionen der in der Praxis häufig nicht angewandten strengen Lösung im Original- (x) bzw. im Standardraum (u). Der rechte Term ist die Näherung gemäß FORM und beinhaltet mit Φ die Dichtefunktion der Standardnormalverteilung. Weiterführende Informationen können z. B. [10–13] entnommen werden.

Ein weiteres, für die Voruntersuchungen gleichermaßen bedeutendes Ergebnis sind die Werte der Sensitivitätsfaktoren α_i der einzelnen Basisvariablen X_i . Diese ermöglichen es, die relevanten Eingangsgrößen im individuellen Nachweis zu identifizieren. Darauf basiert die bedarfsgerechte Definition der Messgrößen und Wahl des Prüfverfahrens. Die Sensitivitätsfaktoren folgen in der Anschauung aus der partiellen Ableitung der Grenzzustandsfunktion nach den jeweiligen Basisvariablen an den Stellen der Koordinaten des wahrscheinlichsten Versagenspunktes.

Die Zuverlässigkeitsanalysen werden zusätzlich unter Variation der jeweiligen Eingangswerte wiederholt, um Funktionsverläufe der Zuverlässigkeit über bestimmte Verteilungsparameter der einzelnen Basisvariablen generieren zu können. Im Abschnitt 3 dieses Aufsatzes wird gezeigt, wie diese Funktionsverläufe zur Ableitung von Anforderungen aus dem statischen Nachweis an ein zerstörungsfreies Prüfverfahren genutzt werden können. Auf diese Weise wird die erforderliche Genauigkeit der Inspektionsergebnisse individuell spezifiziert.

Der zweite Schritt des Konzeptes gemäß Abbildung 1 umfasst die Versuchsplanung zur Messung der im ersten Schritt gezielt definierten Messgröße unter Würdigung der erforderlichen Prüfgenauigkeit, die Durchführung der Inspektionen am Bauwerk sowie die Messunsicherheitsberechnung nach den Regeln des Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [14], um ein hinsichtlich dessen Qualität bewertetes und darüber hinaus vergleichbares Messergebnis zu erhalten.

In Schritt drei wird dieses Messergebnis in das stochastische Modell einer ZfP-basierten Basisvariable überführt. Dabei sind einerseits grundsätzliche Schwierigkeiten bei der Modellierung von Zufallsgrößen zu berücksichtigen, die für die Berechnung von sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten formuliert werden [15]. Andererseits ist zu prüfen, ob neben der Messunsicherheit auch weitere Unsicherheitsarten wie statistische Unsicherheiten oder Modellierungsunsicherheiten abzudecken sind. Ferner kann die Einbeziehung von Vorinformationen z. B. dann notwendig sein, wenn die erhobenen Messdaten die interessierende Messgröße nicht vollumfänglich beschreiben können. Das Ergebnis ist eine Zufallsgröße, die auf den ZfP-Ergebnissen basiert. Die in dieser Größe abgedeckte Unsicherheit kann durch die Standardabweichung oder die Varianz beziffert und mit der erforderlichen Genauigkeit aus dem ersten Schritt verglichen werden. Wenn die erzielte Unsicherheit nicht größer ist als die maximal zulässige, kann das zur Prüfung am Bauwerk angewandte ZfP-Verfahren, wie im folgenden Abschnitt ausgeführt wird, individuell validiert werden.

Die ZfP-basierte Basisvariable fließt in die nun messdatengestützte Zuverlässigkeitsanalyse im Schritt vier ein, um eine realitätsnähere Bauwerksbeurteilung durchführen zu können. Da wiederum Sensitivitätsfaktoren berechnet werden, kann dies der Ausgangspunkt für die Definition weiterer Messgrößen sein.

3 Validierungskonzept

Das internationale Wörterbuch der Metrologie (VIM) definiert die Verifizierung als objektive Bestätigung, dass eine Betrachtungseinheit (hier ein zerstörungsfreies Prüfverfahren) bestimmte Anforderungen erfüllt [16]. Von einer Validierung wird zusätzlich gefordert, dass die formulierten Anforderungen für den jeweils „beabsichtigten Zweck angemessen sind“ [16]. Im Abschnitt 2 wurde eingeführt, dass maximal zulässige Unsicherheiten als Anforderungen an ein ZfP-Verfahren spezifiziert werden. Diese werden mit einer in der ZfP-basierten Basisvariable erzielten Unsicherheit als Maß für die Leistungsfähigkeit verglichen, um die Eignung des ZfP-Verfahrens, das vor Ort am Bauwerk angewandt wurde, individuell überprüfen zu können.

Die Anforderungen werden aus der statischen Berechnung bzw. der initialen Zuverlässigkeitsanalyse (Schritt 1 gemäß Abbildung 1) abgeleitet. Die Wahl einer maximal zulässigen Unsicherheit (MPU) zur Spezifizierung der Anforderung an ein ZfP-Verfahren wird damit begründet, dass der Wert der vor Ort zu messenden Informationen für die Beurteilenden eines Tragwerks von der Qualität dieser Information abhängt. Die Forderung bestimmter Grenzwerte für den Messwert wie einer Mindestfestigkeit wird abgegrenzt, da Inspektionen häufig erst durch die Unwissenheit über tatsächliche Eigenschaften des Tragwerks motiviert sind. Wie auch bei der Forderung einer Mindestzuverlässigkeit, die nach der Einbeziehung der Messdaten erzielt werden soll, kann selbst eine beliebig kleine Messunsicherheit für die Validierung eines ZfP-Verfahrens nicht ausreichen, wenn die gemessene Bauwerkeigenschaft zu stark und in die „ungünstige Richtung“ von der zur Spezifizierung der Anforderungen angenommenen abweicht.

Die MPU wird im Folgenden anhand von zwei Kriterien definiert. Eine triviale Forderung besteht darin, dass die Unsicherheit, die in der ZfP-gestützten Basisvariable abgebildet ist, nicht größer sein darf als die initiale Unsicherheit (bevor gemessen wurde). Außerdem wird gefordert, dass sich kleinere Fehler bei der ZfP-gestützten Modellierung der messdatenbasierten Zufallsgröße oder auch bei der Berechnung der Messunsicherheiten nicht übermäßig stark auf die ZfP-gestützte Beurteilung der Zuverlässigkeit des Bauwerks auswirken dürfen. Dieses Kriterium wird in dieser Arbeit als Robustheitskriterium bezeichnet und kann anhand der Funktionsverläufe des Zuverlässigkeitsindex über das Streuverhalten der zu messenden Basisvariable veranschaulicht werden (vgl. Abbildung 2).

Ausgehend von der Unsicherheit, die in diesem fiktiven Beispiel mit $v_x = 6,2\%$ vor der Erhebung von zusätzlichen, gemessenen Informationen in der Basisvariable berücksichtigt wurde und dem oberen Grenzwert $T_{O \text{ (Mind. Gleichwertigkeit)}}$ entspricht, zeigt sich bei einer Reduzierung der Unsicherheit ein hier nicht weiter beziffertes, verhältnismäßig großes Gefälle im Funktionsverlauf des Zuverlässigkeitsindex β , der in der Abbildung 2 prozentual auf der Y-Achse aufgetragen ist, über das Streuverhalten v_x . Dieses Gefälle kann individuell und in Abhängigkeit vom untersuchten Bauwerk bzw. vom Grenzzustand und von den Ergebnissen aus den Voruntersuchungen begrenzt werden, um eine hinreichende Robustheit des ZfP-gestützten Modells zu fordern. Im Folgenden wird das Gefälle zur Veranschaulichung der Methodik in diesem spezifischen Fall auf einen Maximalwert von 5% limitiert. Die Zuverlässigkeit darf sich bei einer Variation um $\Delta v_x = 1\%$ also nicht um mehr als 5% ändern.

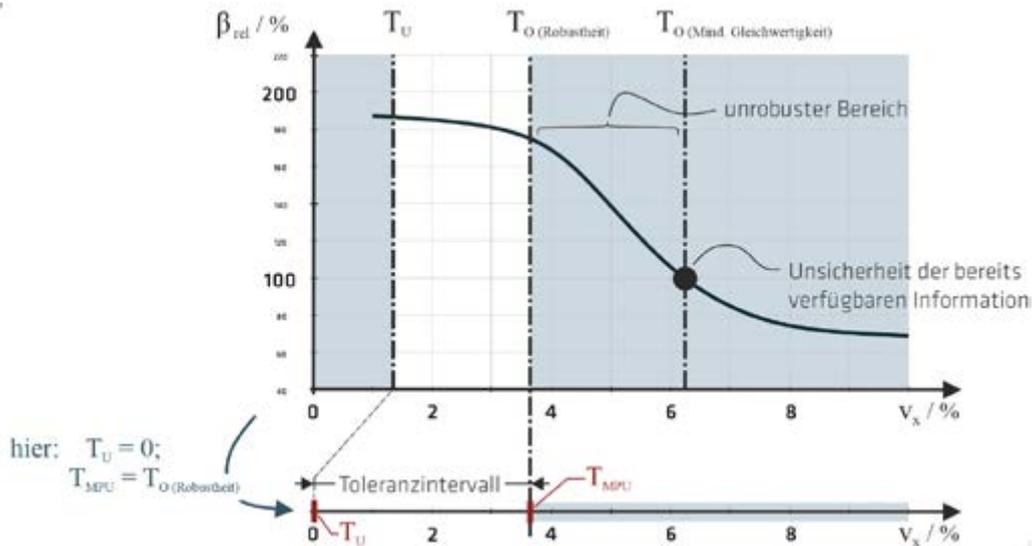


Abbildung 2: Der Zuverlässigkeitsindex als Maß für die Tragwerkszuverlässigkeit über das Streuverhalten (hier über den Variationskoeffizient) einer zu messenden (normalverteilten) Eingangsgröße im statischen Nachweis. Das Intervall, in welches die in der ZfP-gestützten Basisvariable erzielte Unsicherheit fallen darf, ist durch einen unteren Wert T_U und einen oberen Wert T_O begrenzt, wobei T_U z. B. anhand von wirtschaftlichen Kriterien definiert werden kann und sich T_O aus dem strengerem Wert der einbezogenen Kriterien ergibt. Aus [3]; Abkürzungen bearbeitet.

Die geforderte maximal zulässige Unsicherheit T_{MPU} entspricht dann dem strengerem Wert aus den jeweils herangezogenen Kriterien, hier der Robustheit und der mindestens gleichwertigen Unsicherheit. In der nachfolgenden Fallstudie wird auf diese Weise ein einseitiges Toleranzintervall festgelegt, in welches die Unsicherheit, die in der ZfP-gestützten Basisvariable abgedeckt ist und u. a. die Messunsicherheit umfasst, fallen muss, wenn das ZfP-Verfahren für die jeweilige probabilistische Beurteilung der Tragwerkszuverlässigkeit erfolgreich validiert werden soll.

4 Fallstudie

Die untersuchte vierfeldrige Spannbetonbrücke wurde im Jahr 1980 errichtet und ist in Längs- und Querrichtung vorgespannt. Sie führt eine vierspurige Bundesstraße über eine Parkanlage. Der Plattenbalkenquerschnitt weitet sich in Richtung des westlich anschließenden Kreuzungsbereiches auf. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt etwa 96 m und die Breite ist größer als 23 m. Die Höhe der Fahrbahnplatte ist in Relation zu den Hauptträgern gering. Ein Foto der untersuchten Brücke kann Abbildung 3 und die Zeichnungen können der Abbildung 4 entnommen werden. Die nachfolgend zusammengefasste Fallstudie ist in [3, 17] ausführlich aufbereitet.

Mit dem Nachweis der Dekompression wird im Folgenden ein Spannungsnachweis betrachtet. Es wird überprüft, ob der Beton in einem bestimmten Bereich um die Spannglieder vollständig unter Druckspannungen steht. Der Nachweis ist zu führen, um die Bildung von Rissen im Beton infolge von Zugspannungen zumindest rechnerisch auszuschließen und auf diese Weise den vorgespannten Stahl vor Korrosion zu schützen [18]. Das Versagensereignis tritt ein, wenn sich Betonzugspannungen im untersuchten Bereich einstellen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Zugspannungen entspricht dementsprechend der operativen Versagenswahrscheinlichkeit P_f . Die Berechnungen werden in Brückenquerrichtung anhand eines repräsentativen Ein-Meter-Streifens zwischen der Pfeilerachse 30 und dem Widerlager Ost (s. Abbildung 4) durchgeführt und beziehen sich auf die Querschnittsmitte, welche sich in Finite-Elemente-Berechnungen als maßgebender Querschnitt herausgestellt hat.



Abbildung 3: Die untersuchte Spannbetonbrücke [17]

Die verwendete Grenzzustandsfunktion für den Nachweis der Dekompression an der Plattenoberseite lautet:

$$g(\sigma_c) = 0 - \left(\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \right) = 0 - \frac{\theta_{E,N} \cdot \sum N_i}{h \cdot b} - \frac{\theta_{E,M} (N_p \cdot z_p + \sum M_i)}{h^3 b / 12} \cdot \frac{h}{2} \tag{Gl. 3}$$

Dabei sind N und M die Normalkräfte bzw. Biegemomente, A ist die Querschnittsfläche und W das Widerstandsmoment. Die $\theta_{E,i}$ sind die Modellunsicherheiten der Beanspruchungen, N_p ist die Normalkraft infolge Vorspannung und z_p der Abstand zwischen der Schwerlinie des Querschnittes und der Spanngliedachse, wobei z_p als Funktion der Querschnittshöhe h , der Exzentrizität der Stahllitzen im Hüllrohr ϵ und des Abstands zwischen der Betonunterkante und der Hüllrohrunterkante $d_{Sp,y}$ an der Stelle y in Brückenquerrichtung geschrieben werden kann. Diese geometrische Größe $d_{Sp,y}$ wird nachfolgend betrachtet.

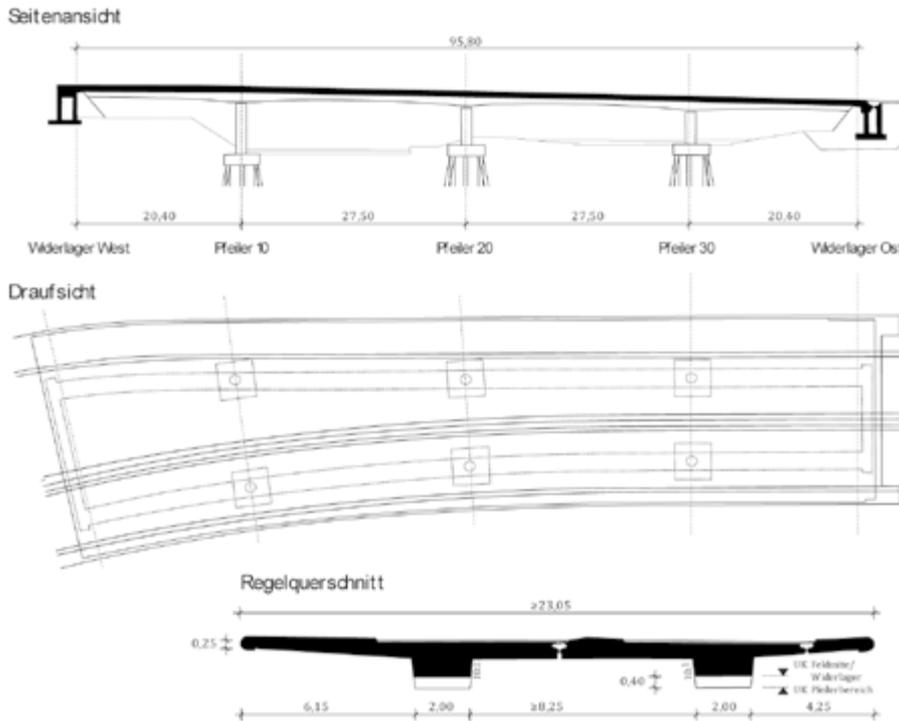


Abbildung 4: Ansichten der untersuchten Brücke und Regelquerschnitt [3] gemäß Bestandsunterlagen

Die in der Gleichung 3 enthaltenen Eingangsgrößen wurden mit Ausnahme der Querschnittsbreite b , welche konstant ist, da der Nachweis anhand eines repräsentativen Ein-Meter-Streifens geführt wird, und der vernachlässigbaren Schnittgrößenanteile, die gleichermaßen als Konstanten aufgefasst werden, als Zufallsgrößen modelliert. Die Modelle aller Basisvariablen werden in diesem Aufsatz abgegrenzt und finden sich u. a. in [17]. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die spätere Messgröße $d_{sp,y}$ – den vertikalen Abstand zwischen der Unterkante der Fahrbahnplatte und der Unterkante des Spannglieds. Auf Basis der Bestandsunterlagen wurde vor den Messungen davon ausgegangen, dass $d_{sp,y} \sim N(\mu = 16,3 \text{ cm}, \sigma = 1 \text{ cm})$ mit $y \triangleq$ Querschnittsmitte, wobei die Standardabweichung mit den Modellierungsempfehlungen in [13] übereinstimmt.

Die Basisvariable $d_{sp,y}$ folgt also einer Normalverteilung, deren Verteilungsparameter in den Voruntersuchungen (Schritt 1 gem. Abbildung 1) sukzessive variiert und die zugehörigen Werte des Zuverlässigkeitsindex β und der Versagenswahrscheinlichkeit P_f berechnet wurden. Durch die Veränderung des Mittelwerts μ lässt sich zeigen, wie sich eine Verzerrung im stochastischen Modell, d. h. eine Diskrepanz zwischen planmäßiger (Soll-)Lage der Spannglieder und der tatsächlichen (Ist-)Lage auf die Tragwerkszuverlässigkeit auswirken würde. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 (oben) dargestellt – je größer der Mittelwert, desto höher liegt das Spannglied im Querschnitt. Nachgewiesen wird hier die obere Randfaser des Querschnittes. Wird hingegen der Variationskoeffizient $V_{d_{sp,y}}$ (Abbildung 5, unten) variiert, so kann abgeleitet werden, welche Auswirkungen die Reduzierung der Unsicherheit in der Basisvariable $d_{sp,y}$ durch die Messungen auf die Tragwerkszuverlässigkeit hätte. Diese Vorgehensweise ist zumindest bei normalverteilten Größen zulässig, da deren Verteilungsparameter voneinander unabhängig sind.

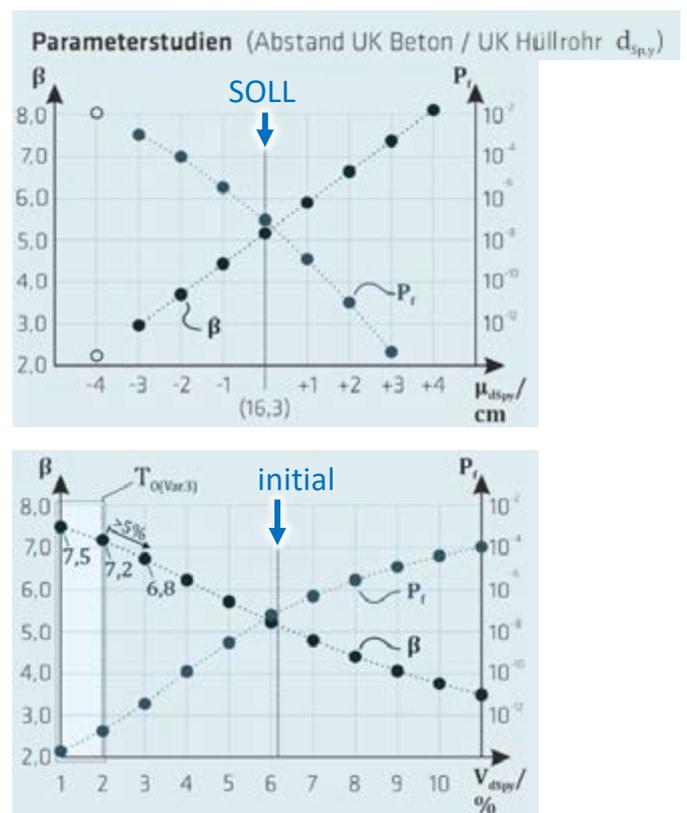


Abbildung 5: Funktionsverläufe des Zuverlässigkeitsindex β und der Versagenswahrscheinlichkeit P_f über den Erwartungswert (oben) und den Variationskoeffizienten (unten) des Abstands zwischen der Unterkante der Betonfahrbahnplatte und der Unterkante des Hüllrohrs. Entnommen aus [3], gekürzt, umstrukturiert, Beschriftung ergänzt.

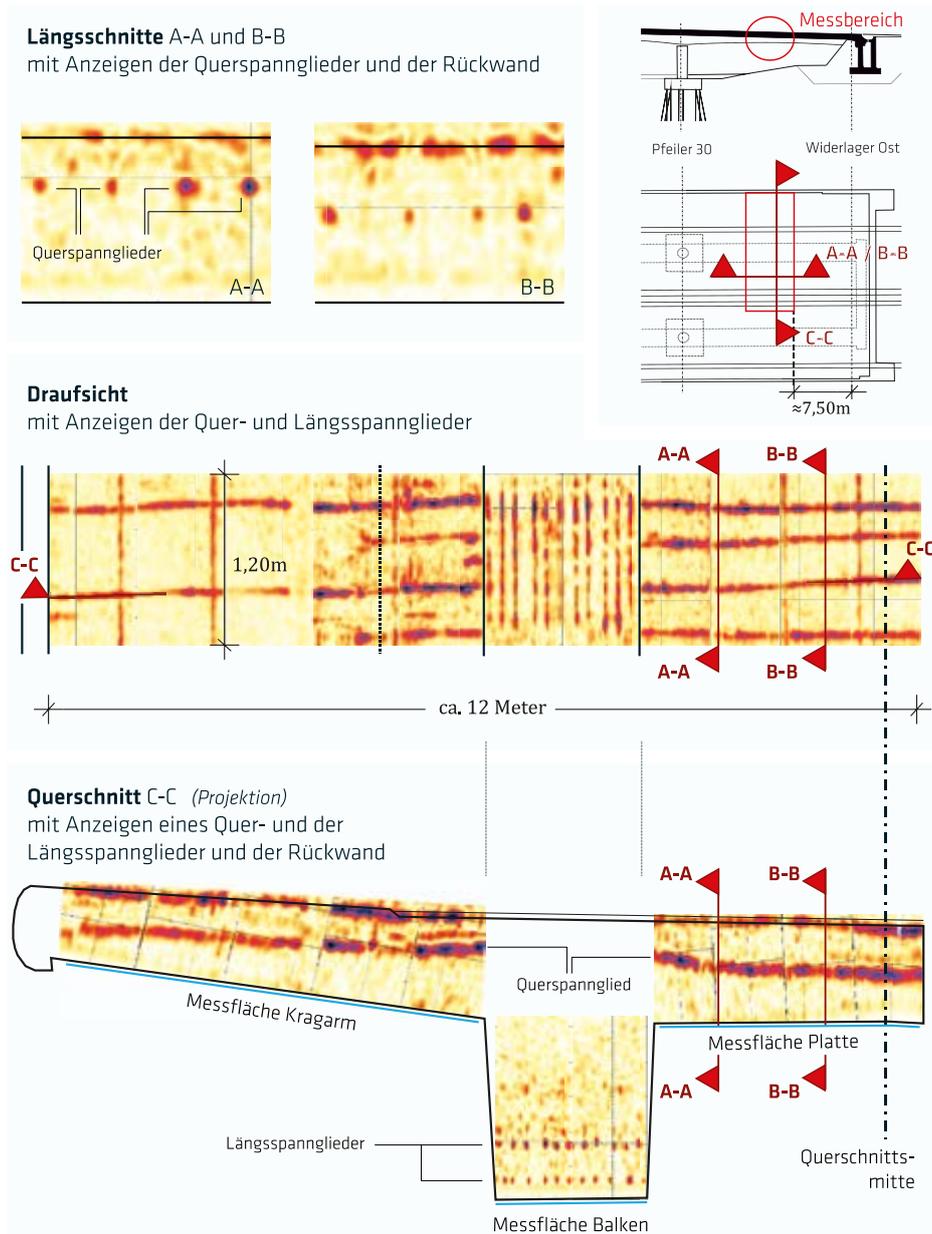


Abbildung 6: Bildgebende Darstellung der mithilfe der Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT) rekonstruierten Ultraschallmessdaten [3]

Neben den Parameterstudien, die in Abbildung 5 gezeigt sind, wurden weitere Größen wie der Wert des Sensitivitätsfaktors der vertikalen Spanngliedposition im untersuchten Querschnitt, der Querschnittsmitte, herangezogen. Die große stochastische Bedeutung der vertikalen Spanngliedposition zeigt sich u. a. an $\alpha_{d_{sp,y}}^2 = 55\%$ [17]. Unter Einbeziehung der steilen Funktionsverläufe in Abbildung 5 – verlaufen die Spannglieder im untersuchten Bereich z. B. drei Zentimeter höher als angenommen, steigt die Tragwerkszuverlässigkeit um $\Delta\beta \approx +2,5 \approx +50\%$ – konnte die Spanngliedlage $d_{sp,y}$ als relevante, messbare Basisvariable identifiziert und gezielt als Messgröße definiert werden. Die Anforderungen aus der Nachrechnung der Brücke an die Genauigkeit der Inspektion folgt aus dem Robustheitskriterium (vgl. $T_{O(Var.3)}$ in Abbildung 5, unten). Die maximal zulässige Unsicherheit T_{MPU} entspricht in diesem Fall $V_{d_{sp,y}} = 2\%$ und wird durch den Variationskoeffizienten ausgedrückt.

Zur Bestimmung der vertikalen Spanngliedposition in der Querschnittsmitte und der Spanngliedverläufe wurden Georadar- und Ultraschallechomessungen von der Plattenunterseite durchgeführt. Die rekonstruierten Ultraschallmessdaten sind in der Abbildung 6 bildgebend dargestellt. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Radaruntersuchungen, die mit einem kommerziell erhältlichen Messsystem und einem an der BAM entwickelten Bauwerksscanner mechanisiert ausgeführt wurden. Eingesetzt wurde eine Antenne mit einer Antennenfrequenz $f = 2\text{ GHz}$.

Um die erhobenen Messdaten bei der Zuverlässigkeitsanalyse nutzen zu können, sind die Beobachtungen in ein Messergebnis zu überführen. Hierfür werden Messunsicherheitsbetrachtungen nach den Regeln des Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), vgl. Richtlinie [14] und Ergänzungen [19, 20], durchgeführt. Das Ziel ist die Berechnung eines Messwerts und einer diesem Wert beigeordneten Messunsicherheit. Die Voraussetzung für die Berechnung ist ein Modell der Messung.

Das Modell der Messung besteht im vorliegenden Fall aus einer (expliziten) Modellgleichung in der Form $Y=f(X_i)$, wobei Y die Messgröße (hier die vertikale Spanngliedlage in Querschnittsmitte) und X_i die Eingangsgrößen im Modell beschreiben. Diese beeinflussen den Ausgang der Messung (häufig ungewollt) oder sind zur Berechnung des Messergebnisses erforderlich. Bei den Radaruntersuchungen wurden Einbautiefen der Spannglieder in Bezug auf die Messfläche, die Plattenunterseite, aus Laufzeitmessungen abgeleitet. Folglich zählen zu den notwendigen Eingangsgrößen die Laufzeit und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle im Beton. Eine „störende“ Eingangsgröße, die zur Unsicherheit beiträgt, ist z. B. die tiefen- und frequenzabhängige Impulsformänderung. Das verwendete Modell der Messung wurde in [3] entwickelt und wird in diesem Aufsatz nicht betrachtet. Das Ergebnis der in [3] dokumentierten Berechnungen – das Messergebnis – lautet:

$$\hat{d}_{sp,y} = 16,8 \text{ cm}; u(\hat{d}_{sp,y}) = 0,8 \text{ cm}.$$

Dabei ist $\hat{d}_{sp,y}$ der (repräsentative) Messwert und $u(\hat{d}_{sp,y})$ die kombinierte Standardmessunsicherheit, welche sich aus den einzelnen Unsicherheitsbeiträgen, die in den Eingangsgrößen modelliert sind, zusammensetzt und einer Standardabweichung entspricht. Die Annahme der Normalverteilung für die Messgröße wurde über Monte-Carlo-Simulationen überprüft [3].

Ein nach dem GUM berichtetes Messergebnis ist anschließend in das stochastische Modell einer ZfP-basierten Basisvariable zu überführen (vgl. Schritt 3 in Abbildung 1). Der Erwartungswert der normalverteilten Basisvariable, welche die vertikale Position eines repräsentativen Spannglieds beschreiben soll, entspricht dem Messwert $\hat{d}_{sp,y} = 16,8 \text{ cm}$ und die Standardabweichung der kombinierten Messunsicherheit $u(\hat{d}_{sp,y}) = 0,8 \text{ cm}$. Folglich ist das Messergebnis in dieser Fallstudie gleich der messdatenbasierten Basisvariable, die in die Zuverlässigkeitsanalyse mit den gemessenen Daten einfließt (Schritt 4 in Abbildung 1). In anderen Szenarien kann die zusätzliche Berücksichtigung von weiteren Unsicherheitsarten erforderlich sein. Hierzu zählen die statistische und die Modellierungsunsicherheit. Auch die Einbeziehung von Vorwissen und die Berücksichtigung von grundlegenden Problemen bei der Modellierung von Zufallsgrößen für die Berechnung von sehr kleinen Wahrscheinlichkeiten kann notwendig sein. Detaillierte Ausführungen finden sich in [3, 17].

Die Auswirkungen der Einbeziehung der ZfP-gestützten Basisvariable auf die Tragwerkszuverlässigkeit können u. a. anhand des nun messdatengestützt berechneten Zuverlässigkeitsindex β untersucht werden. In der Abbildung 7 ist dargestellt, dass einerseits die abzudeckende Unsicherheit (Variationskoeffizient auf der X-Achse) reduziert und andererseits eine (relativ kleine) Verzerrung im stochastischen Modell von $\Delta E(d_{sp,y}) \approx 0,5 \text{ cm}$ korrigiert werden konnte. Im Ergebnis steigt die rechnerische Zuverlässigkeit der nachgerechneten Brücke durch die Berücksichtigung der Inspektionsergebnisse von $\beta_{init} = 5,18$ um 19% auf $\beta_{ZfP} = 6,18$. Obwohl die Einbeziehung der ZfP-Ergebnisse eine realitätsnähere Bauwerksbeurteilung ermöglicht, konnte die Eignung des angewandten ZfP-Verfahrens infolge des strengen Robustheitskriteriums individuell nicht nachgewiesen werden. Die erzielte Unsicherheit ist mit $V_{d_{sp,y}} = 4,8\%$ größer als $T_{MPU} = 2\%$. Nichtsdestotrotz werden die Inspektionen auch im vorliegenden Fall als sinnvoll erachtet, da die Absicherung der Annahmen durch Messungen besonders bedeutsam ist, wenn sich kleinere Fehler in den Eingangsgrößen unverhältnismäßig stark auf das Berechnungsergebnis auswirken können.

5 Fazit

Jede Entscheidung – auch über die Zuverlässigkeit eines Bauwerks – ist mit Unsicherheiten behaftet. Durch Messungen vor Ort können Unsicherheiten reduziert werden, ohne das normativ geforderte Zuverlässigkeitsniveau einzuschränken. Das vor Ort gemessene zusätzliche Wissen spiegelt die tatsächlichen Tragwerks- und Materialeigenschaften wider. Die Einbeziehung der gemessenen Informationen bei der Nachrechnung ermöglicht realitätsnähere Bauwerksbeurteilungen, die gezieltere Planung von Maßnahmen wie Instandsetzungen, Ersatzneubauten oder auch Nutzungseinschränkungen und erlaubt folglich sowohl die Optimierung der infrastrukturellen Verfügbarkeiten als auch des Ressourcenverbrauchs und der Ressourcenverteilung.

Das in diesem Beitrag zusammengefasste Konzept der ZfP-gestützten Nachrechnung ist geeignet, um die Relevanz von messbaren Informationen abzuschätzen, Anforderungen an die zu messende Information aus der statischen Berechnung zu spezifizieren und die Qualität von gemessenen Informationen zu beziffern. Dadurch können Inspektionen bedarfsgerecht geplant und die ZfP-Ergebnisse bei der Nachrechnung genutzt werden.

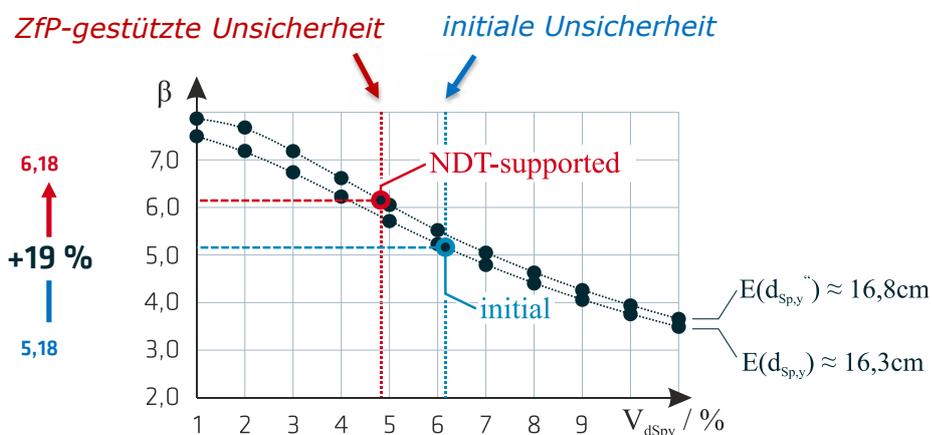


Abbildung 7: Zuverlässigkeitsindex β über das Streuverhalten des Abstands zwischen der Unterkante der Betonfahrbahnplatte und der Unterkante des Hüllrohres in Abhängigkeit des zugehörigen Erwartungswertes, wobei $E(d_{sp,y}) = 16,8 \text{ cm}$ dem Messwert entspricht. Durch die Einbeziehung der ZfP-Ergebnisse vergrößert sich der Wert von β um +19%. Entnommen aus [21], Beschriftungen ergänzt.

Das Konzept wurde anhand von einer Spannbetonbrücke und geometrischen Radarmessdaten, welche in einen Nachweis der Dekompression eingeflossen sind, demonstriert. Wenngleich die Abweichung zwischen der planmäßigen, angenommenen vertikalen Spannliedposition im untersuchten Querschnitt und der tatsächlichen, gemessenen Lage gering ist, konnte das zur Nachrechnung genutzte Berechnungsmodell an die Realität angenähert werden. Die Auswirkungen auf die bereits vor der ZfP in Relation zu den Zielwerten großen Zuverlässigkeit sind zwar bereits deutlich erkennbar. Nichtsdestotrotz kann sich die ZfP-gestützte Nachrechnung dann als besonders nützlich erweisen, wenn für die Nachrechnung relevante Informationen entweder nicht vorliegen oder Zweifel an den verfügbaren Kenntnissen über das Bauwerk aufgekommen sind.

Dank

Für die Unterstützung und Begleitung dieser Forschungsarbeit danke ich dem Fachbereich 8.2 der BAM, insb. Stefan Maack, Sean Smith und Jens Wöstmann, sowie ferner Alexander Taffe, Thomas Braml und Sylvia Keßler.

Referenzen

[1] DIN 1076:1999-11. Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen. Überwachung und Prüfung.

[2] DIN EN 1992-2:2010-12. Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 2: Betonbrücken – Bemessungs- und Konstruktionsregeln; Deutsche Fassung EN 1992-2:2005 + AC:2008.

[3] Küttenbaum, S.: Zur Validierung von zerstörungsfreien Messverfahren für die probabilistische Beurteilung von Bestandsbauwerken mit gemessenen Daten. Dissertation, Universität der Bundeswehr München, im Druck, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Neubiberg, 2021.

[4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011.

[5] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), 1. Ergänzung. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015.

[6] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Abteilung Bundesfernstraßen: Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), 2. Ergänzung (Entwurf, Stand 01/2020). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Abteilung Bundesfernstraßen, 2020.

[7] Hasofer, A. M.; Lind, N. C.: Exact and Invariant Second-Moment Code Format. *Journal of the Engineering Mechanics Division* 1974 (1974), Heft 100, S. 111–121.

[8] Rackwitz, R.; Fiessler, B.: Structural reliability under combined random load sequences. *Computers & Structures* 9 (1978), Heft 5, S. 489–494.

[9] Hohenbichler, M.; Rackwitz, R.: Non-Normal Dependent Vectors in Structural Safety. *Journal of the Engineering Mechanics Division* 107 (1981), EM6, S. 1227–1238.

[10] Spaethe, G.: Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen. Springer Wien, Wien, 2013.

[11] Rackwitz, R.; Zilch, K.: Zuverlässigkeit von Tragwerken. In: Zilch, K.; Diederichs, C. J.; Katzenbach, R. et al. (Hrsg.): *Handbuch für Bauingenieure. Technik, Organisation und Wirtschaftlichkeit*, S.

337–378. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2012.

[12] Diamantidis, D. (Hrsg.): *Probabilistic assessment of existing structures. A publication of the Joint Committee on Structural Safety (JCSS). RILEM report, Heft 32. RILEM Publications, Cachan, 2001.*

[13] JCSS: *Probabilistic Model Code. Part 1-3. Joint Committee on Structural Safety, Zurich, 2001/2002.*

[14] JCGM 100:2008. *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.*

[15] Kiureghian, A. D.; Ditlevsen, O.: Aleatory or epistemic? Does it matter? *Structural Safety* 31 (2009), Heft 2, S. 105–112.

[16] Brinkmann, B.; Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): *Internationales Wörterbuch der Metrologie. Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM) Deutsch-Englische Fassung ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Beuth Wissen. Beuth Verlag GmbH, s.l., 2012.*

[17] Küttenbaum, S.; Braml, T.; Taffe, A. et al.: *Reliability assessment of existing structures using results of nondestructive testing. Structural Concrete* (2021).

[18] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.: *Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2). DAFStb-Heft, Heft 600. Beuth, Berlin, 2012.*

[19] JCGM 102:2011. *Evaluation of measurement data – Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Extension to any number of output quantities.*

[20] JCGM 101:2008. *Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method.*

[21] Küttenbaum, S.; Braml, T.; Taffe, A. et al.: *From Uncertainty in Measurement to Certainty in Bridge Reassessment. Proceedings of the 1st Conference of the European Association on Quality Control of Bridges and Structures – EUROSTRUCT2021. 29.08.2021 - 01.09.2021 at University of Padova, Italy in print (2021).*

Der Autor

Stefan Küttenbaum ist Bauingenieur und seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der BAM. Zuvor war er im Bauprojektmanagement bei der Deutschen Bahn tätig. Sein aktueller Forschungsschwerpunkt liegt auf der messdatenbasierten Beurteilung der Zuverlässigkeit von bestehender Bausubstanz.





Keinen Plan von Digitalisierung?

Frag Buddy!

Digitalisierung spart Zeit. Prüfbilder lassen sich ortsunabhängig betrachten und auswerten. Außerdem können sie bauteil- und anlagenbezogen archiviert werden und stehen per Knopfdruck zur Verfügung. Das garantiert kurze Entscheidungsprozesse.

www.dimate.de



 **DIMATE**

Computertomographie zur zerstörungsfreien Prüfung von AM-Bauteilen – Chancen und Grenzen

Lennart Schulenburg, VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH, Stockelsdorf, l.schulenburg@visiconsult.de

Dieser Beitrag wurde in ähnlicher Form als White Paper veröffentlicht.

Das Verfahren der additiven Fertigung (AM) hat sich aus den Forschungslabors der Universitäten zu einem Produktionsverfahren für komplex geformte Bauteile entwickelt. Durch das Herstellungsverfahren sind neue Herausforderungen in Bezug auf die Prozesskontrolle, Qualitätssicherung und Oberflächenbeschaffenheit entstanden. In dieser Studie zeigen wir, wie die Röntgen-Computertomographie (CT) als zerstörungsfreie Bewertungsmethode einen wertvollen Beitrag im Bereich der Qualitätssicherung bei jedem Schritt des AM-Prozesses leisten kann.

Am Beispiel von additiv im Laser-Powder-Bed-Fusion-Verfahren aus Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404 (316L 8M B8M) hergestellten Düsen zum Laserbohren, deren Oberfläche mittels Hirtisierung nachbearbeitet wurde, werden Möglichkeiten und Chancen der CT exemplarisch erläutert. Neben dem bereits bekannten Einsatz der CT zur Erkennung von Innenfehlern kann die CT zur Sicherstellung einer ausreichenden Wanddicke, zur Messung der Oberflächenrauheit der Innenkanäle und zur Beurteilung der geometrischen Korrektheit eingesetzt werden. Es wird gezeigt, wie diese Methoden zur Optimierung des Entwurfs und des Produktionsprozesses während der Entwicklungsphase des Bauteils eingesetzt werden können.

Additive Fertigung weiter auf dem Vormarsch

Das Verfahren der additiven Fertigung (AM) wird definiert als "der Prozess des Verbindens von Materialien zur Herstellung von Objekten aus 3D-Modelldaten, in der Regel Schicht für Schicht, im Gegensatz zu subtraktiven Fertigungsmethoden wie der traditionellen maschinellen Bearbeitung". [1] Es hat sich von den Forschungslabors der Universitäten zu einem Produktionsverfahren für komplex geformte Bauteile entwickelt. [2]

Insbesondere die Freiheit in Bezug auf Design und Komplexität der Bauteile, sowie die Verfügbarkeit von immer mehr Druckmaterialien fördern die Akzeptanz und damit den zunehmenden Einsatz in der Produktion. [3]

Unterstützt wird dieser Trend auch durch die möglichen Einsparungen an Material und Gewicht bei gleicher mechanischer Belastbarkeit und die Tatsache, dass in vielen Fällen die Anzahl der Prozessschritte reduziert werden kann. [4]

Beispiel additive gefertigter Düsen aus Chrom-Nickel-Stahl

Für die vorliegende Studie wurden die in Abbildung 1 gezeigten Düsen im Laser Powder Bed Fusion (L-PBF)-Verfahren hergestellt. Das als Ausgangsmaterial verwendete Metallpulver wird in einem dreistufigen Prozess mit Hilfe eines Laserstrahls schichtweise durch Schmelzen verbunden (siehe Abbildung 2). Im ersten Verfahrensschritt wird mit einem Beschichtungsmedium (Gummilippe, Kohlebürste o. ä.) eine Pulverschicht von in der Regel 30 – 50 µm aufgetragen. Im nächsten Schritt wird die Pulverschicht in Abhängigkeit von der herzustellenden Geometrie selektiv und lokal aufgeschmolzen. Die Bauplattform, auf der das Bauteil entsteht, wird dann um die Schichtdicke abgesenkt. Diese drei Prozessschritte werden zyklisch wiederholt, bis das Bauteil von unten nach oben fertig ist. [5]

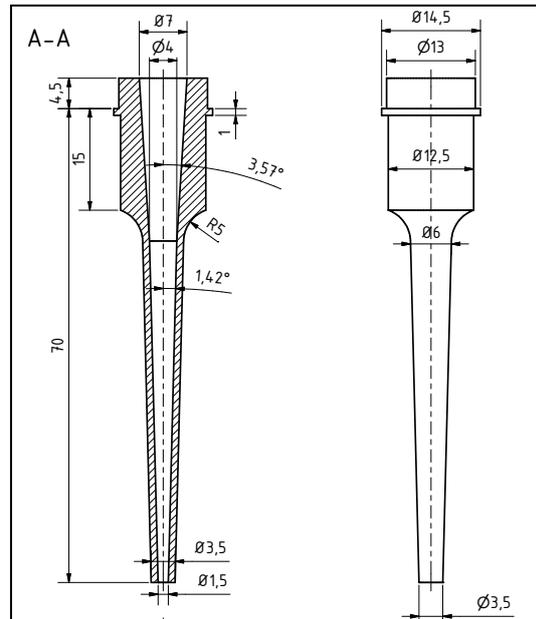


Abbildung 1: Zeichnung der Düse

Insbesondere das L-PBF-Verfahren wird für eine Vielzahl von metallischen Werkstoffen eingesetzt, z. B. für Ti6Al4V, Edelstahl AISI 316L und AlSi10Mg-Anwendungen. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit, endkonturnahe Bauteile mit nahezu 100 Prozent Dichte herzustellen. Darüber hinaus fällt bei diesem Verfahren im Gegensatz zu subtraktiven Verfahren nur sehr wenig Materialabfall an, da das nicht aufgeschmolzene Pulver nach dem Prozess wieder aufbereitet (in der Regel gesiebt) und wiederverwendet werden kann. [6]

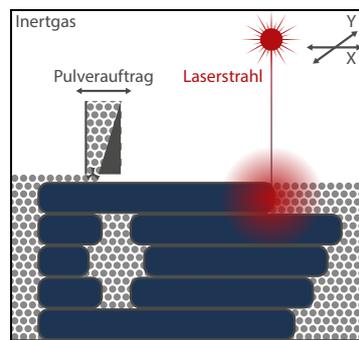


Abbildung 2: Laser Powder Bed Fusion

Nach Beobachtungen des Autors, steht der additive Fertigungsprozess selbst im Mittelpunkt der Fertigung, während allen Prozessschritten, die sich an die Bauteilherstellung anschließen, weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dieser Schritt des "post-processing" oder "Finishing" kann einen sehr gravierenden Einfluss auf die Eigenschaften und die Funktionalität der Bauteile und damit auf den gesamten Prozess haben. [7]

Die hergestellte Düse ist eine Düse zum Laserbohren. Diese weist einen sich über die Düsenlänge verjüngenden Innendurchmesser auf und ist konventionell nur schwer bzw. mit hohem Aufwand zu fertigen.

Als Werkstoff wurde der Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404, auch bekannt als Edelstahl AISI 316L verwendet. (Siehe Tabelle 1 und [8]) Die üblichen Materialien für solche Anwendungen sind meist hochschmelzende Metalle wie Molybdän. [9] Aufgrund der hohen Preise für diesen Molybdän und dessen Verarbeitung bei der Herstellung handelsüblicher Düsen ist der Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404 eine kostengünstige Alternative, wenngleich die Lebensdauer der Düse bei diesem Werkstoff kürzer sein kann als üblich.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung von WNr. 1.4404/AISI 316L

Chemische Zusammensetzung	
1.4404 Stahl	Spec: EN 10088-3:2005
Chemische Elemente	Gewicht %
Kohlenstoff (C)	0.0 - 0.03
Chrom (Cr)	16.50 - 18.50
Molybdän (Mo)	2.00 - 2.50
Silizium (Si)	0.0 - 1.00
Phosphor (P)	0.0 - 0.05
Schwefel (S)	0.0 - 0.03
Nickel (Ni)	10.00 - 13.00
Mangan (Mn)	0.0 - 2.00
Stickstoff (N)	0.0 - 0.11
Eisen (Fe)	Bilanz

Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404 ist ein kommerziell verfügbarer und weit verbreiteter Werkstoff für das L-PBF-Verfahren. Der entwickelte Parametersatz für die Verarbeitung dieses Werkstoffs hat eine resultierende Dichte von $\rho = 7,98 \text{ g/cm}^3$, bestimmt nach der archimedischen Methode. Die mittels quantitativer Metallographie ermittelte Porosität betrug 0,01 %, und das Gefüge war frei von kritischen Defekten, z. B. Rissen oder Bereichen mit fehlendem Aufschmelzen. Wie bereits erläutert, ist Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404 für die geplante Anwendung nicht optimal, kann aber in moderaten Stückzahlen leicht und in hoher Qualität hergestellt werden. Beim Einsatz von Düsen in der Laserbearbeitung oder Schweißtechnik sind laminare Strömungen von großem Interesse. Da die übliche resultierende Rauheit (Ra) des L-PBF-Verfahrens in einem Bereich von $Ra \approx 10 - 25 \text{ }\mu\text{m}$ liegt, die zur Erzeugung turbulenter Strömungen beitragen und die Funktionalität einschränken, ist die Nachbearbeitung/Veredelung von feinen Kanälen zur Reduzierung der Rauheit von Interesse. [10]

Die zerstörungsfreie Bestimmung der Rauheit in Bauteilen oder von inneren Strukturen ist hier von großer Bedeutung, da die Rauheit die Leistung der Düse beeinflusst. [11]

Das Hirtisieren als Finishing

Auch nachfolgende Prozesse, die nach der Produktion stattfinden, können die Eigenschaften der Bauteile entscheidend beeinflussen. Die zu untersuchenden AM-Düsen wurden mit einer Oberflächenbearbeitung namens Hirtisierung weiterverarbeitet.

Das Hirtisierungsverfahren wurde speziell für die Nachbehandlung von 3D-gedruckten Metallteilen entwickelt. Es eignet sich für die Nachbearbeitung/Veredelung aller gängigen Metalle und Legierungen, die für den 3D-Druck verwendet werden, und für alle Varianten

des 3D-Drucks (z. B. PBF mit Laser- oder Elektronenstrahl). Es beinhaltet keine mechanische Bearbeitung. [12]

Das Verfahren basiert auf einer Kombination aus elektrochemischen Impulsverfahren, fließ- und partikelgestütztem chemischen Abtrag und chemischer Oberflächenbehandlung. Der mehrstufige Prozess kann für bestimmte Anwendungen durch eine anschließende plasmaelektrolytische Glättung, elektrochemische Beschichtung oder Passivierung erweitert werden. Die eingesetzten Behandlungsmedien sind werkstoffspezifisch und ausreichend mild für eine schonende Oberflächenbehandlung. [13]

Die für den metallischen 3D-Druck typischen Oberflächenunregelmäßigkeiten und Grate werden entfernt, am Druck haftende Metallpartikel werden beseitigt, und die Oberflächenqualität wird verbessert. Zusätzliche anhaftende Oxidschichten (z. B. Zunder) und Stützstrukturen, die das Teil während des Drucks halten, werden in mehreren Prozessschritten entfernt. Die Hirtisierung ist nicht nur auf der (äußeren) Oberfläche des Bauteils wirksam, sondern auch tief in Hohlräumen und geometrischen Hinterschnidungen. [14]

Die Reinigung der Teile bedeutet, dass keine Rückstände der Bearbeitungsmedien auf dem Bauteil verbleiben. Das oberflächenbehandelte Teil ist am Ende der Hirtisierung sauber und trocken.

Siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: Düsen nach dem Hirtisieren

Zerstörungsfreie Prüfung durch Computertomographie

Die industrielle Röntgen-Computertomographie (CT) hat ein breites Anwendungsspektrum. Im industriellen Bereich müssen Objekte von wenigen Millimetern bis zu vielen Metern sowie homogene (z. B. reine Metalle) und völlig inhomogene Bauteile (z. B. Faserverbundwerkstoffe) volumetrisch untersucht und dreidimensional dargestellt werden. Daher sind die Anforderungen an industrielle CT-Systeme sowie deren Leistungsfähigkeit je nach Bauteil teilweise sehr unterschiedlich und vielfältig. [15]

Industrielle CT kann je nach den verwendeten Kriterien auf unterschiedliche Weise klassifiziert werden. Gebräuchlich ist die Klassifizierung nach der Detaillierbarkeit oder Brennfleckgröße der Systeme, wobei häufig die folgende Einteilung verwendet wird [16]:

Makro CT

Makro-CT ist die Untersuchung großer Objekte (Meterbereich) mit Hilfe von Röntgenquellen mit Makrofokus. Die Details sind im Mil-

limeterbereich sichtbar. Dieses System ist besonders nützlich für die Prüfung von Gussteilen (Motorblöcke, Zylinderköpfe usw.) und Keramik. [16]

Mikro CT

Die Mikro-CT ist eine Untersuchung mittelgroßer Objekte ($\varnothing \leq 200$ mm) mit Hilfe von Mikrofokus-Röntgenquellen. Details sind im Mikrometerbereich sichtbar. Dieses System ist nützlich bei der Prüfung von Kunststoffteilen, Metallteilen aus leichten Materialien (z. B. Aluminium), Keramiktteilen und auch dichteren Teilen geeigneter Größe. [17]

Sub-Mikro/Nano-CT

Nano-CT ist die Untersuchung kleiner Objekte (einige Millimeter) mit Hilfe von Nanofokusröhren. Die Detailsichtbarkeit beträgt bis zu ca. 300 nm. Dieses System eignet sich für die Untersuchung von elektronischen Bauteilen, biologischen Proben (z. B. Insekten, Pflanzensamen o. ä.) oder für die Materialcharakterisierung. [18]

Aufgrund des zu erwartenden hohen Detaillierungsgrades wurde in dieser Analyse der Micro CT verwendet.

Bei der industriellen 3D-Computertomographie wird das gesamte Volumen eines Objekts von allen Seiten durchleuchtet. Die Röntgenquelle sendet die Röntgenstrahlen kegelförmig aus und die Detektion erfolgt durch einen Matrixdetektor (Digital Detector Array, DDA), wie in Abbildung 4 dargestellt.

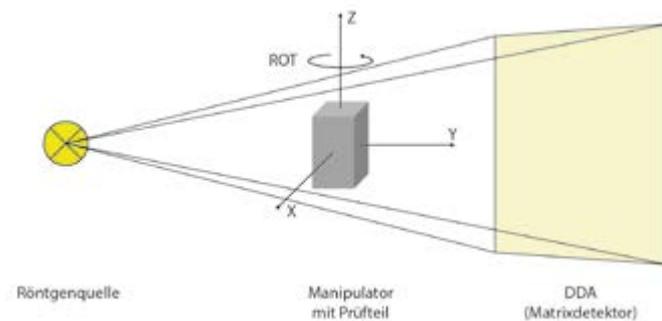


Abbildung 4: Schematischer Aufbau eines CT-Systems

Mit der CT-Analyse kann die komplette innere und äußere Geometrie des Prüfteils sehr detailliert dargestellt werden. Es können virtuelle Schnitte in jeder erdenklichen Orientierung durchgeführt und Baugruppen virtuell zerlegt werden. Kleinste Abweichungen und Bauteilfehler können präzise lokalisiert und vermessen werden. Die Bandbreite der Auswertungen reicht von der Wanddicken- und Porositätsanalyse bis hin zur Überprüfung der Maßhaltigkeit und der Korrektheit der Geometrie.

Dabei können wir uns auf die Bestimmung bestimmter Größen wie die Oberflächenrauheit eines Bauteils, das Volumen von Luft-einschlüssen und die Materialdicke durch Auswertung des Soll-Ist-Vergleichs konzentrieren.

CT ist die einzige Methode, die auf allen Stufen des AM anwendbar ist. Dazu gehören die Charakterisierung und Prüfung des Druckpuffers (Größenverteilung, Rundheit, Poren, Einschlüsse, Fremdmaterialien) und die Prüfung und Qualifizierung des gedruckten Bauteils (Poren, Fügefehler, Einschlüsse, verbleibende Stützstrukturen im Inneren) vor und/oder nach der Nachbearbeitung. Insbesondere Themen wie die Sicherstellung einer ausreichenden Wandstärke, Geometrie- und Maßhaltigkeit sowie die Messung der Oberflächen-

rauigkeit sind im Hinblick auf die mechanische Belastbarkeit und die Bauteilfunktion von hoher Bedeutung. [19]

Vorher-Nachher-Analysen

In der vorliegenden Studie wurde die Computertomographie sowohl vor als auch nach der Hirtisierung eingesetzt. Der verwendete Röntgenaufbau besteht aus einer 300 kV Mikrofokus-Röntgenröhre mit einem minimalen Brennfleck von 7 μ m in Kombination mit einem 300 x 250 mm großen Flächendetektor mit 100 μ m Pixelgröße und einem Fokus-Detektor-Abstand von 650 mm. In beiden Fällen wurden ein Stepscan und ein Quickscan durchgeführt. Der Stepscan ist ein CT-Scan, bei dem der Drehtisch, auf dem das Bauteil befestigt ist, an jeder Aufnahme-position des Scans physisch anhält. Die 2D-Röntgenbilder (Projektionen) werden bei Stillstand der CNC (Werkzeugmaschine mit Steuerungstechnik) aufgenommen. Dann bewegt sich der Drehtisch zur nächsten Position und der Vorgang wird wiederholt. Der Quickscan hingegen ist eine Aufnahmetechnik, bei der die 360°-Drehung kontinuierlich überwacht wird und die Projektionen während der Bewegung aufgenommen werden, ohne dass der Drehtisch angehalten wird.

Die Düsen wurden bei 270/280 kV mit 35 μ A und einem Rohrfilter aus 0,5 mm Kupfer bestrahlt. Als Belichtungszeit des Detektors wurden 500 ms verwendet. Der Stepscan zeichnete 3001 Projektionen mit acht Integrationen auf. Für den Quickscan wurden 751 Projektionen mit einer Integration aufgenommen. Die beiden Scans wurden mit unterschiedlichen Vergrößerungen durchgeführt, wobei der Stepscan mit der gesamten Komponente im Sichtfeld durchgeführt wurde und eine Voxelgröße von 32 μ m ergab. Der Quickscan mit einer Voxelgröße von 3 μ m wurde an einem vergrößerten Teil der Düse als ROI-Scan (Region of Interest) durchgeführt. Die Gesamtzeit des Stepscans betrug 3 h 40 min, während die Gesamtzeit des Quickscans 13 min betrug. Es ist zu beachten, dass der Stepscan keine Bewegungsunschärfe und ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis als der Quickscan aufweist.

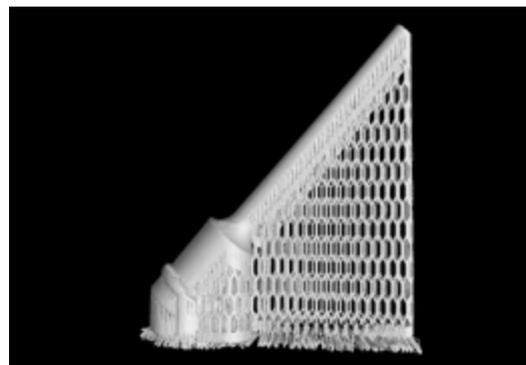


Abbildung 5: 3D-Ansicht der nicht-hirtisierten Düse mit Stützstruktur, welche das Teil während des Drucks in Position hält

Zur Analyse der Volumendaten wurde in den Scans der nicht hirtisierten Stutzen die Stützstruktur (siehe Abbildung 5 mit Stützstruktur und Abbildung 6 ohne Stützstruktur) durch Softwaresegmentierung weitgehend entfernt, um die Analyseergebnisse beim Soll-Ist-Vergleich zwischen dem Stutzen vor und nach der Hirtisierung nicht zu beeinträchtigen. Im ersten Schritt wurden die nicht hirtisierten Stutzen im CT gescannt, um die gewonnenen Daten auf Bauteilfehler und Maßhaltigkeit überprüft. Im anschließenden zweiten Schritt wurden die Düsen mittels Hirtisierung nachbearbeitet und anschließend erneut CT-gescannt.

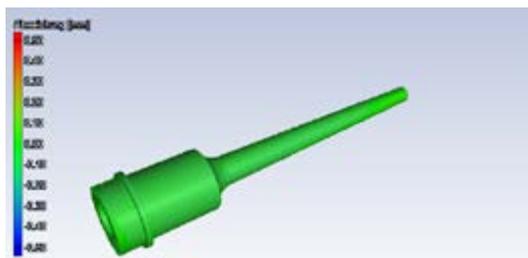


Abbildung 6: 3D-Ansicht der nicht-hirtisierten Düse mit Soll-Ist-Vergleich zum CAD (Abweichung farbkodiert)

Für den in den Abbildungen 5 – 8 dargestellten Soll-Ist-Vergleich wurden die segmentierten Volumendaten der nicht-hirtisierten Stutzen mit Hilfe von Best Fit mit den CAD-Daten abgeglichen und die gefundenen Abweichungen farblich dargestellt. Es zeigt sich, dass der 3D-Druck sehr nahe an den vorgegebenen Bauteilkonturen liegt: Die durchschnittliche Abweichung aller Oberflächenpunkte liegt bei 40 µm, aber 90 % der Fläche haben eine kumulierte Abweichung von ca. ≤ 60 µm.

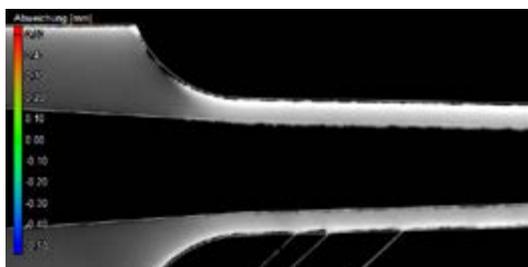


Abbildung 7: Schnittansicht (sagittal) der nicht-hirtisierten Düse mit CAD-Vergleich (CAD – weiße Linie)

Sie zeigt auch, dass die Oberfläche mit einer Rauheit von bis zu 25 µm als recht rau angesehen werden kann. Es stellt sich die Frage, inwieweit die Hirtisierung der Düse zur Oberflächen-glättung geeignet ist und wie viel Material abgetragen wird.

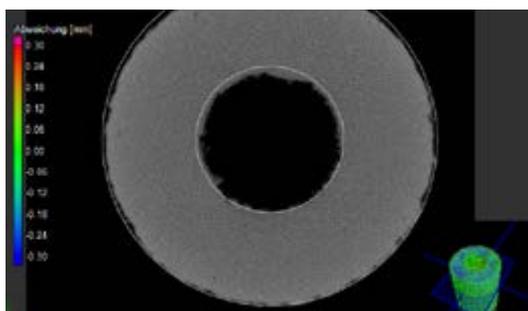


Abbildung 8: Schnittansicht (axial) der nicht-hirtisierten Düse mit CAD-Vergleich (CAD – weiße Linie)

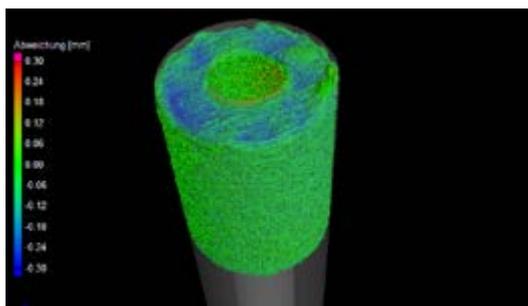


Abbildung 9: 3D-Ansicht der nicht-hirtisierten Düse mit Soll-Ist-Vergleich zum CAD (Abweichung farbkodiert)

Bei der anschließenden Porenanalyse (siehe Abbildungen 9 und 10) wurden Poren mit Größen von 60 µm bis 280 µm entdeckt. Ein Vergleich der Ergebnisse für den Übersichtsscan und den Hochvergrößerungsscan zeigt, dass der Scan mit einer Voxelgröße von 3 µm in der Lage ist, Poren aufzulösen, die unter den Details des 32 µm Übersichtsscans liegen. Trotz des schlechten Signal-Rausch-Verhältnisses des Quickskans ist die Scanqualität ausreichend, um Poren bis zu 60 µm zu erkennen.

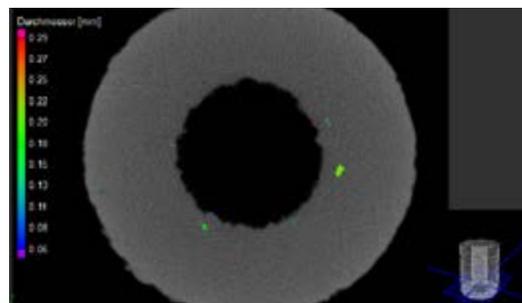


Abbildung 10: Schnittansicht (axial) der nicht-hirtisierten Düse mit Ergebnis der Porenanalyse (Porengröße farbkodiert)

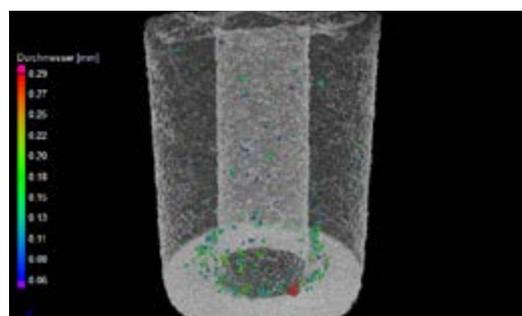


Abbildung 11: 3D-Ansicht der nicht-hirtisierten Düse mit Ergebnis der Porenanalyse (Porengröße farbkodiert)

In Bezug auf die Poren ist ein Vergleich mit den Daten der hirtisierten Stutzen relevant, um zu klären, welchen Einfluss flache Poren auf das Ergebnis der Nachbearbeitung haben und wie dies im Hinblick auf die Wandstärke zu bewerten ist, aus der sich die Maß- und Formhaltigkeit des Bauteils ermitteln lässt. Daraus lassen sich Anforderungen und Qualitätsindikatoren für die Prozess- und Design-optimierung ableiten.

Bei den oberflächenbehandelten Düsen wurde die Rauheit der Bauteile um mehr als den Faktor zwei reduziert und die Stützstruktur konnte vollständig entfernt werden.

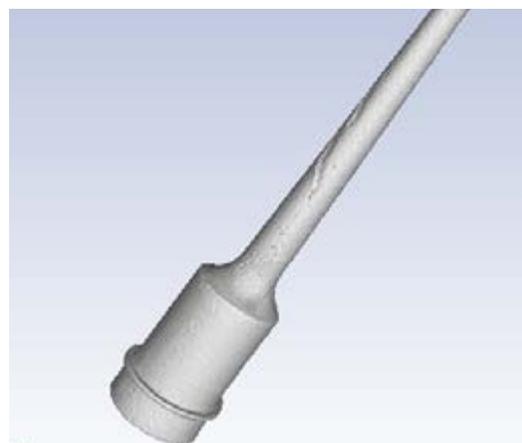


Abbildung 12: 3D-Ansicht der hirtisierten Düse

Es sind jedoch auch einige freiliegende Poren zu sehen, wie in Abbildung 12 dargestellt. Betrachtet man zunächst die Maßhaltigkeit des Bauteils, so kann man feststellen, dass eine erhebliche Materialreduzierung stattgefunden hat.

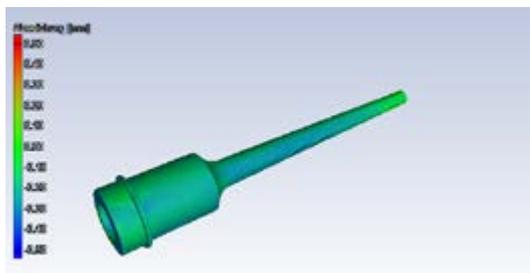


Abbildung 13: 3D-Ansicht der hirtisierten Düse mit Soll-Ist-Vergleich zum CAD (Abweichung farbkodiert)

Für den in den Abbildungen 12 – 16 dargestellten Soll-Ist-Vergleich wurden die Volumendaten der hirtisierten Düsen mit Hilfe einer Best-Fit-Anpassung mit den CAD-Daten abgeglichen und die gefundenen Abweichungen farblich dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Hirtisierung zu einem Materialabtrag auf allen Seiten führt. Die durchschnittliche Abweichung beträgt hier ca. 250 µm. Die Rauheit der Oberfläche zeigt eine starke Abnahme von 25 µm auf weniger als 10 µm. Ein solch großer Unterschied zwischen CAD- und CT-Daten kann problematisch sein.

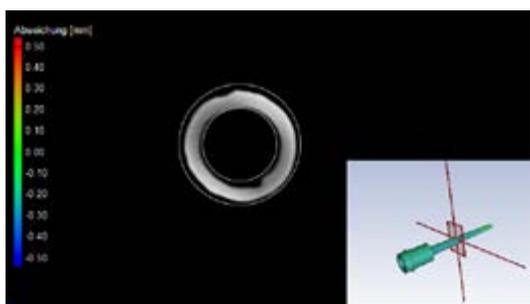


Abbildung 14: Schnittansicht (axial) der hirtisierten Düse mit CAD-Vergleich (CAD – weiße Linie)

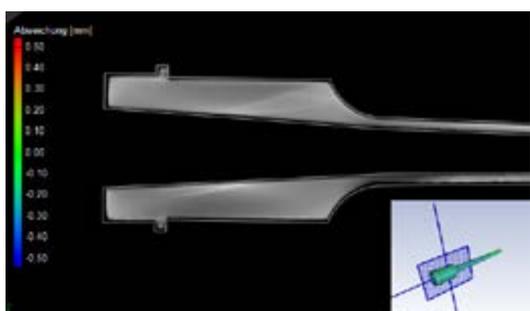


Abbildung 15: Schnittansicht (sagittal) der hirtisierten Düse mit CAD-Vergleich (CAD – weiße Linie)

Der Prozess der Hirtisierung kann Oberflächenunregelmäßigkeiten, Grate und anhaftende Metallpartikel entfernen, die für den metallischen 3D-Druck typisch sind und die Oberflächenqualität deutlich verringern. Der beobachtete Materialabtrag von bis zu 250 µm macht es erforderlich, das Design anzupassen, das die Erosion des Bauteils berücksichtigt. Es zeigt sich auch, dass einige der Poren in der Nähe der Oberfläche entfernt und andere freigelegt wurden, was zu den beobachteten Poren führt.

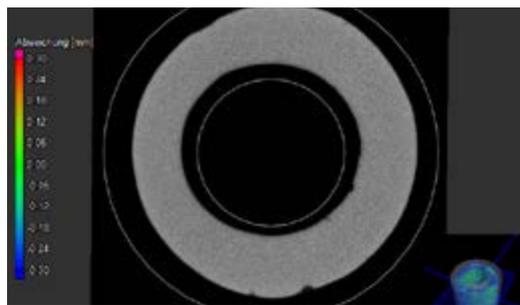


Abbildung 16: 3D-Ansicht der hirtisierten Düse mit Soll-Ist-Vergleich zum CAD (Abweichung farbkodiert)

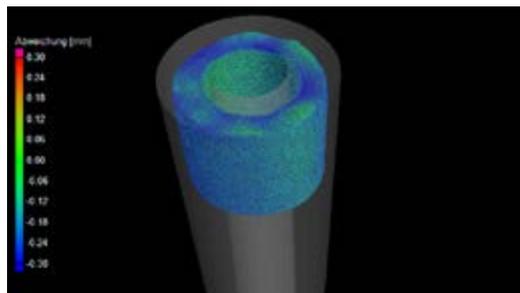


Abbildung 17: 3D der hirtisierten Düse mit Soll-Ist-Vergleich zum CAD (Abweichung farbkodiert)

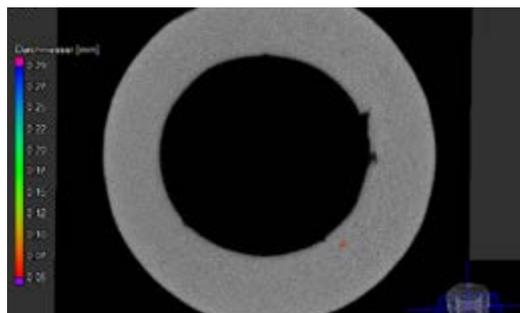


Abbildung 18: Schnittansicht (axial) der hirtisierten Düse mit Ergebnis der Porenanalyse (Porengröße farbkodiert)

Die Porenanalyse (siehe Abbildungen 17 und 18) der hirtisierten Düsen zeigt nur wenige Poren, die alle eine Größe von unter 100 µm aufweisen. Die oberflächennahen Poren, die in den nicht hirtisierten Düsen noch vorhanden waren, wurden somit entfernt oder freigelegt.

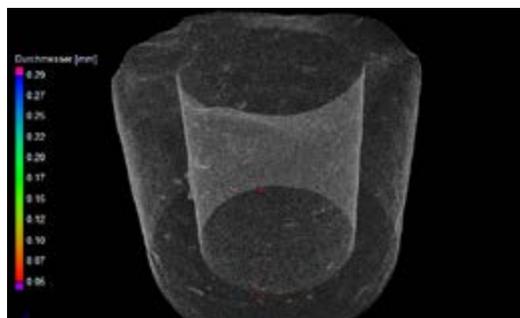


Abbildung 19: 3D-Ansicht der hirtisierten Düse mit Ergebnis der Porenanalyse (Porengröße farbkodiert)

Dies macht es notwendig, entsprechende Qualitätsanforderungen an den 3D-Druckprozess zu stellen, um das Auftreten von großen

oberflächennahen Poren zu vermeiden. Die erforderliche Prozessoptimierung kann wiederum direkt mit dem CT als Sensor überprüft werden.

Schlussfolgerung

Die Röntgen-Computertomographie (CT) für die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) hat sich auf dem jungen Gebiet der Prüfung von additiv gefertigten Bauteilen (AM-Bauteilen) etabliert. Wie bei anderen Anwendungen klassischer Fertigungsverfahren, z. B. bei Gießprozessen in der Automobil- und Luftfahrtindustrie, ist die CT für AM-Bauteile als bildgebender Sensor eine zuverlässige Referenzmethode der ZfP.

In dieser Studie haben wir gezeigt, wie die CT zur Optimierung des AM-Prozesses einschließlich AM-Design, 3D-Druck und Nachbehandlung durch Hirtisierung eingesetzt wird. Für AM-Düsen aus Chrom-Nickel-Stahl WNr. 1.4404 (AISI 316L) haben wir CT als Sensor eingesetzt, um die Oberflächenrauheit und die Wanddicke im Soll-Ist-Vergleich zu messen und Poren zu erkennen, die die Leistung der Düse beeinflussen könnten.

Anhand des CT-Volumens konnten wir feststellen, dass die Hirtisierung als Nachbehandlung die Oberfläche um einen Faktor von mehr als zwei von 25 µm auf 10 µm glättete. Für die Geometrie haben wir beim Soll-Ist-Vergleich einen Materialabtrag von bis zu 250 µm nach der Hirtisierung gemessen.

Wenn man also die Verringerung der Wandstärke für das gesamte Volumen kennt, kann das Modell der Düse leicht angepasst werden, indem während des AM-Designs zusätzliches Material hinzugefügt wird, um nach dem Druck- und Nachbehandlungsprozess ein geometrisch korrektes Teil zu erhalten.

Aber auch bei einem optimierten Design ist eine CT-Untersuchung erforderlich. Wie in dieser Studie gezeigt wurde, können Poren, die sich im Inneren des unbearbeiteten Bauteils befinden, nach der Nachbehandlung freigelegt werden, wenn sie sich sehr nahe an der Oberfläche befinden. Daher muss vor und nach der Nachbehandlung eine Porositätsanalyse durchgeführt werden, um die Qualität und Funktionalität der AM-Bauteile sicherzustellen. Dabei spart die CT-Untersuchung vor der Nachbehandlung Kosten, da nur Bauteile ausgewählt werden, die keine oberflächennahen Poren unterhalb einer bestimmten Größe und Verteilung aufweisen, während die CT-Untersuchung nach der Nachbehandlung die Qualität des fertigen Bauteils misst und sicherstellt.

Referenzen

- [1] ISO/ASTM52900 "Standard Terminology for additive manufacturing", volume 10.04
- [2] Petrovic, V., Vicente Haro Gonzalez, J., Jordá Ferrando, O., Delgado Gordillo, J., Ramon Blasco Puchades, J., Portoles Grinan, L.: Additive layered manufacturing: Sectors of industrial application shown through case studies. *Int. J. Prod. Res.* 49 (2011), pp. 1061–1079.
- [3] Oettmeier, K., Hofmann, E.: Acceptance of additive manufacturing technologies – An interdisciplinary perspective – (2015), pp. 1–10.
- [4] Saadlaoui, Y., Milan, J.L., Rossi, J.M., Chabrand, P.: Topology optimization and additive manufacturing: Comparison of conception methods using industrial codes. *J. Manuf. Syst.* 43 (2017), pp. 178–186.
- [5] Sing, S.L., Yeong, W.Y.: Laser powder bed fusion for metal additive manufacturing: perspectives on recent developments. *Virtual Phys. Prototyp.* 15 (2020), pp. 359–370.
- [6] Kruth, J.P., Badrossamay, M., Yasa, E., Deckers, J., Thijs, L., Van Humbeeck, J.: Part and material properties in selective laser melting of metals. 16th Int. Symp. Electromachining, ISEM 2010 (2010), pp. 3–14.
- [7] Kumbhar, N.N., Muly, A. V.: Post Processing Methods used to Improve Surface Finish of Products which are Manufactured by Additive Manufacturing Technologies: A Review. *J. Inst. Eng. Ser. C* 99 (2018), pp. 481–487.
- [8] Aalco Metals Limited https://www.aalco.co.uk/datasheets/Stainless-Steel-14404-316L-Bar-and-Section_39.aspx, 13 March 2020
- [9] Yao, Z., Stiglich, J., Sudarshan, T.S.: Molybdenum silicide based materials and their properties. *J. Mater. Eng. Perform.* 8 (1999), pp. 291–304.
- [10] Snyder, J.C., Thole, K.A.: Tailoring Surface Roughness Using Additive Manufacturing to Improve Internal Cooling. *J. Turbomach.* 142 (2020), pp. 1–12.
- [11] Cai, Y., Liu, Z., Shi, Z.: Effects of dimensional size and surface roughness on service performance for a micro Laval nozzle. *J. Micromechanics Microengineering* 27 (2017),.
- [12] Fraunhofer IAPT: Additive Manufacturing Surface Finishing Study - Benchmark of Surface Finishing Processes for Metal AM Components, Hamburg (2020).
- [13] Hansal, W.: ELECTROPOLISHING METHOD AND SYSTEM THEREFOR. US 2019/0345628 A1, (2019).
- [14] Stelzer, N., Scheerer, M., Simon, Z., Sebald, T., Gschiel, H., Hatzenbichler, M., Bonvoisin, B., Gmbh, A.C., Gmbh, A.G., Neustadt, W., Agency, E.S.: in., 15th ECSSMET, (2018).
- [15] Thompson, A., Maskery, I., Leach, R.K.: X-ray computed tomography for additive manufacturing: A review. *Meas. Sci. Technol.* 27 (2016),.
- [16] Villarraga-Gómez, H., Herazo, E.L., Smith, S.T.: X-ray computed tomography: from medical imaging to dimensional metrology. *Precis. Eng.* 60 (2019), pp. 544–569.
- [17] du Plessis, A., Yadroitsev, I., Yadroitsava, I., Le Roux, S.G.: X-Ray Microcomputed Tomography in Additive Manufacturing: A Review of the Current Technology and Applications. *3D Print. Addit. Manuf.* 5 (2018), pp. 227–247.
- [18] Kourra, N., Warnett, J.M., Attridge, A., Dibling, G., McLoughlin, J., Muirhead-Allwood, S., King, R., Williams, M.A.: Computed tomography metrological examination of additive manufactured acetabular hip prosthesis cups. *Addit. Manuf.* 22 (2018), pp. 146–152.
- [19] Zanini, F., Sbettega, E., Carmignato, S.: X-ray computed tomography for metal additive manufacturing: Challenges and solutions for accuracy enhancement. *Procedia CIRP* 75 (2018), pp. 114–118.



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG e.V.

Anmeldeschluss für Beiträge: 31. Oktober 2021

DGZfP-JAHRESTAGUNG 2022

Zerstörungsfreie Materialprüfung

Kassel 23. – 25. Mai



© Kassel Marketing GmbH



ZfP IN FORSCHUNG, ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG

DGZfP e.V. | Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin | Tel.: +49 30 67807-120 | E-Mail: tagungen@dgzfp.de | www.dgzfp.de

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

VisiConsult bietet eigene Prüfdienstleistungen an

Nicht jeder Kunde benötigt gleich ein eigenes Röntgensystem zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Dies gilt besonders bei geringen Stückzahlen oder einmaligen Prüfungen. Daher bietet VisiConsult seit Juli seinen Kunden umfangreiche 2D- und CT-Prüfdienstleistungen über die VCxray Inspection Services GmbH an.

Bisher lag VisiConsults Schwerpunkt in der Entwicklung, der Produktion und Wartung von industriellen Röntgensystemen zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Lenart Schulenburg erklärt: „Die Nachfrage für Prüfdienstleistungen hat sich bei uns über die Jahre deutlich erhöht. Besonders für Kunden mit Einzelteilen oder Kleinserien macht es mehr Sinn die Prüfung extern durchführen zu lassen, als in eigene Systeme zu investieren. So bekommen unsere Kunden gleichzeitig Zugriff auf die langjährigen Erfahrungen des VisiConsult-Teams und die neueste Röntgentechnologie.“



Für das neue Dienstleistungsunternehmen wurde Sinsheim in Baden-Württemberg als neuer Standort in Süddeutschland gewählt und ist hiermit die perfekte Ergänzung zur Zentrale in Norddeutschland. Mit Steffen Buchmüller als Geschäftsführer für VCxray Inspection Services GmbH wurde ein erfahrener ZfP Experte gewonnen. Er blickt zuversichtlich in die Zukunft: „Wir haben die neuesten Röntgensysteme, ein hervorragendes Knowhow, sowie eine Mutterfirma, die immer offen für Neues ist. Ich freue mich

unseren Kunden viele Möglichkeiten bieten zu können.“

Durch die industrielle RT und CT werden den Kunden Analysemöglichkeiten angeboten, die keine Wünsche offenlassen: Ist-/Schadanalysen, Defekt-/Porositätsanalysen, Soll-Ist-Vergleiche, Reverse Engineering, P201/P202/P203-Analysen, etc.

Auch können sich Qualitätsabteilungen bei VCxray Inspection Services beraten oder schulen lassen. Buchmüller erwähnt dazu „Die Themen unserer Web-Seminare richten sich ganz an den Bedarf unserer Kunden.“

Und sollte dies alles einem Kunden nicht genügen, dann gibt es immer noch die Möglichkeit sich eine eigene Lösung anzuschaffen, wie z. B. eine eigene Inline-CT-Zelle. Weitere Informationen zur neuen Firma und dem Inspektionservice gibt es auf der Website

xray-testing.com

Bei MT Aerospace will man hoch hinaus!

ZFP in der Luft- und Raumfahrtindustrie

Zerstörungsfreies Prüfen ist beim Luft- und Raumfahrtzulieferer MT Aerospace AG längst etabliert; die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der gefertigten und zertifizierten Bauteile sind bei den internationalen Kunden seit vielen Jahren anerkannt. Selbstentwickelte Fertigungsverfahren, wie Rührreibschweißen, ermöglichen große, sicher verbundene Tanks und Strukturen. Trotzdem ruht sich der Spezialist für metallische und Verbund-Werkstoffe samt der dazugehörigen Prozesse und Verfahren nicht etwa aus: Neue Aufgabenstellungen oder Fertigungstechnologien, wie Additive Manufacturing und Automated Fiber Placement einschließlich der entsprechenden Anlagen, erweitern das Tätigkeitsfeld des interdisziplinären ZFP-Teams. Neue Produkte werden mit Unterstützung durch

Digitalisierung und Künstliche Intelligenz charakterisiert sowie neue Verfahren und Prüfmethode entwickelt, erprobt und qualifiziert. Schließlich handelt es sich bei fast allen Bauteilen des Augsburger Unternehmens, das zur börsennotierten OHB SE gehört, um sicherheitskritische Komponenten

für Flugzeuge, Raketen und Satelliten. Natürlich wird mit der gleichen Sorgfalt und unter Einhaltung der in der Luft- und Raumfahrt geltenden strengen Anforderungen auch für Kunden aus Automotive oder Medizintechnik gearbeitet.

www.mt-aerospace.de



Neue Betriebsleitung beim IT-Service in der Hauptstelle in Leipzig

Mit Stichtag 1. September 2021 gab es in der IT-Service Leipzig GmbH einen Wechsel in der Betriebsleitung. Der bisherige Betriebsleiter, Rainer Ackermann, verlässt nach zwölf Jahren das Unternehmen in den wohlverdienten Ruhestand.

2009 wurde Herr Ackermann von dem damaligen und ein Jahr später ausscheidenden Geschäftsführer Frank Thomas für die Aufgabe der Betriebsführung am Standort Leipzig eingestellt. Dies war notwendig, da der auf Herr Thomas folgende Geschäftsführer, Thorsten Schmidbauer, das Zentrum seines Handelns als ehemaliger Betriebsleiter in Haan hat.

"Das gesamte IT-Service-Team bedankt sich bei Rainer Ackermann für das Engagement, die herausragende Arbeit sowie Firmenloyalität und wünscht ihm alles

Gute für den neuen und nicht minder interessanten Lebensabschnitt", so Matthias Spieß, Geschäftsführer der IT-Service Leipzig GmbH. "Mit Herrn Krause haben wir einen geschäftstüchtigen Nachfolger aus den



Andreas Krause (li.) übernimmt die Betriebsführung von Rainer Ackermann (re.)

eigenen Reihen gefunden, der sich dieser Herausforderung stellen möchte und wir freuen uns auf eine weiterhin erfolgreiche Zusammenarbeit in seiner neuen Position."

Mit frischem Engagement und einer gehörigen Portion Motivation belegt Andreas Krause nun die Spitzenposition am Standort Leipzig. Dem Vertrauen der Geschäftsführung sowie den Rückhalt des gesamten IT-Service-Teams kann er sich gewiss sein.

"Ich freue mich auf die spannenden Herausforderungen, denen ich gegenüberstehen werde, und die Chance den IT-Service weiter voranzubringen", sagt Andreas Krause.

www.it-service-leipzig.com

SPECTRO stellt neues SPECTROMAXx LMX09 Funkenspektrometer vor

SPECTRO Analytical Instruments führt neues Funkenspektrometer SPECTROMAXx LMX09 ein. Die jüngsten Verbesserungen ermöglichen extrem zuverlässige Analysen für die Qualitätseingangs- und Ausgangskontrolle von Materialien in metallverarbeitenden Betrieben.

Mit der neunten Generation vollzieht das SPECTROMAXx einen bedeutenden Sprung in puncto Geschwindigkeit und Qualität. Anwender erhalten extrem schnelle Informationen und können so unmittelbar auf veränderte Prozessbedingungen reagieren. Außerdem bietet es drastisch reduzierte Betriebskosten – mit geringerem Bedarf an Verbrauchsmaterial, fortschrittlichen Diagnosefunktionen und einfacher Wartung, um die Verfügbarkeit zu erhöhen und teure Ausfallzeiten zu vermeiden.

Zu den Vorzügen des neuen SPECTROMAXx Funkenspektrometers zählen:

- Schnelle und einfache Standardisierung mit der SPECTRO-eigenen iCAL 2.0 Kalibrationslogik
- Signifikant reduzierter Argon-Verbrauch
- Erweiterter Wellenlängenbereich mit der Option einer neuen UV-Optik, um einen Spektralbereich von 120 bis 235 Nanometern (nm) verarbeiten zu können, wodurch sich die Analytik auch auf Elemente wie

Stickstoff (N), Kohlenstoff (C), Schwefel (S) und Phosphor (P) erweitern lässt – auch die Analyse von Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) in Titan (Ti)-basierten Materialien wird so möglich.

- Der Bedienkomfort wurde verbessert.
- SPECTROs SPARK ANALYZER Pro Software lässt sich einfach bedienen und bietet Applikationsprofile, eine automatische Programmauswahl und ein Argonsparmodul.
- Verbesserungen der Hardware: neue Funkenstandskonfiguration mit einfacherem Zugang für Automationen, eine neue Optisolierung für verbesserte Temperaturstabilität, eine UV-Optik (im SPECTROMAXx Advanced), ein extrem robuster Hochleistungsplasmagenerator mit Funkenfrequenzen bis maximal 1.000 Hz, ein Start/Stop-Knopf, eine Funkenkontrollleuchte sowie ein An/Aus-Sicherheitsschalter für die Hauptstromzufuhr.
- Adapter-Kits bieten eine Vielzahl von flexiblen und einfach zu bedienenden Lösungen, um die unterschiedlichsten analytischen Anforderungen in der Werkstoffanalyse zu erfüllen – die verschiedenen Probenformen und -größen lassen sich so optimal auf dem Funkenstand positionieren.



Das neue SPECTROMAXx LMX09 ist in zwei Varianten erhältlich, die sich nur durch ihr optisches System unterscheiden. Das SPECTROMAXx Basismodell beinhaltet eine Luft-Optik mit hochauflösenden CCD-Sensoren. Die robuste Konstruktion ist unabhängig von Schwankungen der Umgebungstemperatur. Das Gerät verarbeitet Wellenlängen von 233 bis 670 nm. Das neue SPECTROMAXx Advanced beinhaltet zusätzlich eine neue UV-Optik mit vier hochauflösenden CMOS-Detektoren. Sein erweiterter Wellenlängenbereich deckt die Elemente von 120 bis 235 nm ab. Als geschlossenes System eliminiert es zusätzlichen Argon-Verbrauch und die Gefahr von Verunreinigungen.

Das neue SPECTROMAXx LMX09 Funkenspektrometer ist ab sofort über SPECTRO Analytical Instruments erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf

www.spectro.de/maxx

Eddyfi Technologies: der neue aufstrebende ZfP-Star



Wenn es um zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) geht, suchen wir alle nach demselben: Defekte. Für diese vielschichtigen Sachverhalte gibt es keinen einheitlichen Lösungsansatz. Je nach Ihren Prüfanforderungen gibt es eine Vielzahl von Parametern, die bei der Auswahl der optimalen zerstörungsfreien Prüftechnik zu berücksichtigen sind. Selbst

wenn diese Parameter eingegrenzt sind, können für eine einzige Prüfanwendung immer noch mehrere ZfP-Methoden in Frage kommen.

Angesichts der immer weiter fortschreitenden Technologie sollten Inspektoren nicht das Gefühl haben, dass sie zwischen sich nicht ergänzenden Instrumenten wählen müssen, wenn es um die Bewertung der strukturellen Integrität von Investitionsgütern und kritischen Komponenten geht.

Eddyfi Technologies bietet die weltweit leistungsfähigsten ZfP-Technologien an und hilft OEMs, Anlagenbesitzern und Serviceunternehmen, die Produktivität zu steigern, Leben zu retten und die Umwelt zu schützen. Wir konzentrieren uns darauf, Phased Array UT-, Wirbelstrom-Array- und andere Ultraschall- und elektromagnetische Gerä-

te einschließlich Instrumenten, Sensoren, Software und Roboterlösungen für Schlüsselindustrien wie Luft- und Raumfahrt, Energie, Bergbau, Stromerzeugung und Transport anzubieten.

Bei Interesse wenden sich bitte an unsere neue Sales Managerin Mara Gündel. Mit Sitz in Hamburg betreut sie die DACH-Region und freut sich über Ihre Kontaktaufnahme. Dreisprachig und mit einem starken technischen Team, steht sie Ihnen gerne für alle Anfragen zur Verfügung.

www.eddyfi.com



Innviertler Knödel meets Hamburger

Fill Maschinenbau setzt Expansionskurs fort. Niederlassung in den USA gegründet.

Bereits am 22. Februar 2021 hat Fill die Niederlassung in Michigan gegründet. Neben Fill China und Fill Mexiko ist dies die dritte internationale Vertriebs- und Servicenerlassung der Innviertler Maschinenbauer. Als vierte Tochterfirma wurde vor kurzem die Boost Automation GmbH im Burgenland gegründet. Damit sind die oberösterreichischen Maschinenbauexperten weiter auf Expansionskurs.

Als Ideenfabrik für individuelle Komplettlösungen hat sich Fill als Maschinen- und Anlagenexperte weltweit einen Namen gemacht. Mit einer Exportquote von rund 90 Prozent ist das Unternehmen erfolgreich am internationalen Markt tätig. „Wir sehen im nordamerikanischen Raum viel Potenzial“, sagt Martin Reiter, der als Geschäftsführer für die US-Niederlassung die Verantwortung trägt. Im ersten Schritt wird das neue Tochterunternehmen den Verkauf von SYN-CROMILL Bearbeitungszentren forcieren und als Drehscheibe für Projekte aus den anderen Fill Kompetenz Centern fungieren. „Mit dem Engagement in Nordamerika sollen neue Kunden gewonnen und die Marktposition weiter ausgebaut werden, Mitte des Jahres 2021 nimmt der erste Mitarbei-

ter seine Tätigkeit in der US-Niederlassung auf“, berichtet Martin Reiter.

Kooperation mit erfahrener Partner

Der Standort der Fill USA, Inc. liegt in Detroit im Bundesstaat Michigan, wo das neu gegründete Unternehmen mit dem Partner Alfing zusammenarbeitet. Alfing wird Fill vorwiegend im Vertrieb der Maschinen aus den Kompetenz Centern unterstützen. In Folge soll die Fill USA, Inc. die Basis für weitere Projekte aus den anderen Fill Kompetenz Centern bilden. Dank bester Kontakte wird Alfing als „Door Opener“ für neue Projekte von Fill in Nordamerika agieren. Für Fill ist Gustavo Galoppi als Sales Manager vor Ort tätig. Er verfügt über jahrelange Erfahrungen am amerikanischen Markt. Die beiden Unternehmen befinden sich im gleichen Gebäude, wodurch die Kooperation noch intensiver wird.

Corporate Data

Fill ist ein international führendes Maschinenbau-Unternehmen mit Sitz in Österreich. Mit komplexen Hightech-Anlagen und individuellen Lösungen für die produzierende Industrie macht Fill seine Kunden zu den besten ihrer Branche. Seit der Gründung im Jahr 1966 zeichnet sich das Unternehmen durch Innovationskraft, Werteorientierung



Von links: Andreas Fill (CEO und Eigentümer), Gustavo Galoppi (Sales Manager Fill USA), Friedrich Dallinger (Leiter Fill Kompetenz Centrum Metallzerspanungstechnik), Martin Reiter (Geschäftsführer Fill USA)

Foto: Fill Maschinenbau (frei)

und beste Arbeitsplätze aus. „Wer die beste Lösung sucht, entwickelt gemeinsam mit Fill seine Zukunft“, ist die Leitidee der mehr als 900 Mitarbeiter. „Wir sind 1! We are one!“ ist ihre Vision und steht für die Gemeinschaft im Team sowie mit Kunden, Lieferanten und Partnern. Das Unternehmen befindet sich zu 100 Prozent in Familienbesitz und wird von Andreas Fill (CEO), Martin Reiter (CSO), Alois Wiesinger (CTO) und Günter Redhammer (COO) geführt. 2020 erzielte Fill einen Umsatz von rund 144 Millionen Euro.

www.fill.co.at

Qualitech und Eurofins bündeln ihre Kräfte

Qualitech, das technologisch führende Materialprüfungszentrum in der Schweiz, und Eurofins, eine internationale, renommierte Labor-Gruppe, haben eine Vereinbarung getroffen, wonach Eurofins alle Anteile an Qualitech übernehmen wird.

Qualitech und Eurofins teilen eine ähnliche Philosophie und ergänzen sich perfekt. Gemeinsam haben die beiden Unternehmen grosse Ambitionen, den Schweizer Markt zu vergrössern, sich gegenseitig technologisch zu unterstützen und nachhaltigen Erfolg zu erzielen. Gleichzeitig eröffnet die neue Eigentümerschaft für Qualitech erfolgversprechende zusätzliche Möglichkeiten auf dem internationalen Markt.

"Ich freue mich sehr, dass nach einem gründlichen und professionellen Auswahlprozess ein Partner gefunden wurde, der technisch innovativ, nachhaltig und erfolgs-

orientiert ist", erklärt Roland Sigrist, CEO von Qualitech. "Eurofins, ein international breit aufgestelltes Unternehmen, garantiert nachhaltiges Wachstum und Stabilität für alle unsere Mitarbeitenden und Kunden."

Die Schweizer Niederlassung von Qualitech wird bestehen bleiben, um die Kunden weiterhin mit bestem Service zu bedienen. Die Markenzeichen von Qualitech wie Flexibilität, Liefertreue und konsequente Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse werden weiter gestärkt. Die bestehenden Kunden- und Lieferantenbeziehungen werden weitergeführt und intensiviert.

Roland Sigrist wird nach der Übernahme für eine reibungslose Weiterführung von Qualitech sorgen und seine Rolle als CEO weiterführen. "Es ist mir ein Anliegen, sowohl für unsere Kunden als auch für unsere Mitarbeitenden Kontinuität zu schaffen und



Qualitech-CEO Roland Sigrist (li.) mit Eurofins-Senior-Vice-President Mehdi Batel (re.)

positive Entwicklungsmöglichkeiten zu eröffnen. Ich bin sehr zuversichtlich, was die Zukunft von Qualitech angeht."

www.qualitech.ch

sectorcert®

MAKING LIFE LESS DANGEROUS. WWW.SECTORCERT.COM

PROVEN HEROES.
PERSONALQUALIFIZIERUNG
UND -ZERTIFIZIERUNG.
WELTWEIT.



Lückenlos nachvollziehbare Prüfabläufe



Einfache Erstellung von Prüfberichten



Auftragsstatus aller Prüfungen auf einen Blick

Digitalisieren Sie Ihren ZfP-Workflow!

Steigern Sie Ihre Effizienz um bis zu 50 % *

* Basierend auf Kundenerfahrungen

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!

AAP NDT Channel-Partner Deutschland



Eine Softwarelösung von



QUALITÄT SCHAFFT SICHERHEIT

Ihr Partner: unsere akkreditierten Prüffirmen

F-GZP



Fachgesellschaft akkreditierter ZfP-Prüfstellen –
eine Fachgesellschaft 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

Wir garantieren Qualität!

www.dgzfp.de/fgzp

Leserbrief

Kommentar zum Artikel „Das Thema Zuverlässigkeit ist nicht unterzukriegen!“

erschienen in ZfP-Zeitung 175 (Juli 2021)

Das Thema „Zuverlässigkeit der ZfP“ wird seit langer Zeit regelmäßig diskutiert. Dabei ist es sehr wichtig, mit den Begrifflichkeiten sauber umzugehen, was ich als Obmann des ehemaligen DIN-Ausschusses NMP 828 „Qualifizierung zerstörungsfreier Prüfungen“ und als deutscher Vertreter im entsprechenden CEN-Spiegelgremium in vielen Sitzungen erfahren hatte.

Im Beitrag werden die Begriffe „Zuverlässigkeit“ und „Validierung“ in einem Atemzug genannt, und das möchte ich so nicht stehen lassen. Für mich entsteht folgender Eindruck: Ist eine Prüftechnik validiert, dann ist sie auch zuverlässig. Aber so ist es nicht.

Beginnen möchte ich mit dem Begriff „Qualifizierung“: Der DIN-Fachbericht CEN/TR 14748 „Zerstörungsfreie Prüfung - Vorgehensweise zur Qualifizierung von zerstörungsfreien Prüfungen“ gibt folgende Definition:

„Bestätigung mittels Prüfung und/oder anderer objektiver Nachweise, dass die besonderen Anforderungen für eine spezifische Anwendung der ZfP erfüllt sind.“ Soll sagen: Durch die Qualifizierung wird nachgewiesen, dass eine ZfP-Prüftechnik für eine spezielle Prüfaufgabe geeignet ist.

Leider wird dafür oft der Begriff „Validierung“ gebraucht. Der Begriff Validierung beschreibt jedoch die Bestätigung einer Qualifizierung durch eine dritte bzw. unabhängige Stelle.

Unbedingt müssen weiterhin die Begriffe Qualifizierung/Validierung und der Begriff der Zuverlässigkeit voneinander getrennt betrachtet werden. Ob eine ZfP-Prüftechnik für eine Prüfaufgabe geeignet ist und von welchen Faktoren oder Randbedingungen das abhängt, ist eine Sache. Wie zuverlässig Anwendung und Aussage dieser ZfP-Prüftechnik sind, hängt von ganz anderen Faktoren ab!

Zuerst kommt die Qualifizierung (praktisch ein Eignungsnachweis) und erst dann – wenn erforderlich – eine Zuverlässigkeitsbetrachtung, wobei diese natürlich auch Bestandteil einer Validierung sein kann. Muss aber nicht.

Kann man eigentlich Prüfverfahren validieren? Ich meine nein. In der Vergangenheit gab es dazu fruchtlose und zum Teil sinnlose Diskussionen: „Wie gut und zuverlässig ist denn die PT-Prüfung?“ Wer will das wegen der Vielzahl der Randbedingungen beantworten können? Prüftechniken für spezielle Anwendungsfälle können ggfs. qualifiziert/validiert werden, aber keine Prüfverfahren.

Weiterhin: Die Branche ZfP ist glücklicherweise mit einem äußerst umfangreichen Normenwerk ausgestattet. Wird eine zerstörungsfreie Prüfung streng nach Norm durchgeführt, dann ist eine zusätzliche Qualifizierung nicht erforderlich! (Die oft diskutierte Frage, ob und wann eine Norm „geeignet oder anwendbar“ ist und wer darüber entscheidet, möchte ich hier nicht diskutieren.)

Beispielhaft führt die harmonisierte Norm DIN EN 13445-5 zur Prüfung von Druckbehältern folgendes aus: Es soll vorzugsweise streng nach ZfP-Normenwerk geprüft werden; wird davon abgewichen ist ein „Eignungsnachweis“, d.h. eine Qualifizierung der ZfP

Veranstaltungen | Berichte

Neues von der ICNDT: Das Thema Zuverlässigkeit ist nicht unterzukriegen!

Die Coronakrise hat einen massiven Einfluss auf unser tägliches Leben. Jedoch entstehen nicht nur Trennung und Isolation. Aktuell ist das Thema ZfP 4.0 omnipräsent, wenn es um die Zukunft der zerstörungsfreien Prüfung geht. Allein durch die Möglichkeit der Online-Seminare nimmt es sogar durch die Coronakrise weiter an Fahrt auf. Die ZfP 4.0 ist jedoch nicht das einzige Thema, das während der Corona-Zeit die Vorteile der Onlinemeetings zu schätzen weiß. Auch die Zuverlässigkeitscommunity hat am 24. März ein international hochbesetztes Onlinetreffen realisieren können.

Vorab kurz zur Vergangenheit: Seit 1997, dem Jahr, als der erste europäisch-amerikanische Workshop zum Thema Zuverlässigkeit von zerstörungsfreien Prüfmethoden stattgefunden hat, finden sich regelmäßig Experten zu diesem Thema zusammen, um so die Validierung von Prüfverfahren weiterzuentwickeln. Hierdurch wird das Vertrauen in Prüfverfahren unterstützt und gestärkt.

Besonders durch die Anforderungen der ZfP 4.0 ist die Unterstützung bei der Validierung von Prüfverfahren wichtiger denn je. Doch auch im Bereich von Prüfverfahren nimmt Corona Einfluss.

Beim letzten Zuverlässigkeitsworkshop 2017 in Potsdam, wurde beschlossen, dass bald eine weitere Tagung stattfinden soll, die auch für internationale POD-Begeisterte den Zugang erleichtern soll.

Nun wurde der erste internationale Workshop zum Thema „Zuverlässigkeit von ZfP-Verfahren“ mitsamt der Weltkonferenz (WCNDT) in 2020 zuerst auf 2021 und „schlussendlich“ auf 2022 verschoben.

Ein so wichtiges Thema, wie die Diskussion um die Zuverlässigkeit, noch weiter zu verschieben, ist jedoch nicht akzeptabel. Denn es gibt wichtige Gründe für einen notwendigen Austausch. Die Anforderungen und die Notwendigkeit einer zuverlässigen Validierung und Qualifizierung nehmen mehr und mehr an Bedeutung zu. Aus diesem Grund haben sich am 24. März 2021 Expert*innen aus aller Welt zur ersten specialist international group (SIG) „NDT Reliability“ (gegründet 2017 in Singapur) unter dem Dach von ICNDT, virtuell getroffen.

27 interessierte Personen, unter anderem aus den USA, Indien, Südkorea, UK, Finnland, Italien und Deutschland, nahmen an der Sitzung teil und vertraten dabei viele unterschiedliche Branchen, wie die Energie- und Luftfahrtindustrie, das Bauingenieurwesen und den Eisenbahnsektor.

Ebenso nahmen aus der Entscheidungsebene unterschiedliche Akteure teil, die auf Augenhöhe diskutieren und sich austauschen konnten. Hierzu zählen Forschungsinstitute, Beratungsfirmen und verschiedene Industriepartner.

Deutlich wurde, dass das Thema der Zuverlässigkeit von Prüfverfahren aktueller ist denn je - unabhängig von der Diskussion zur Zukunft der ZfP. Denn auch die nicht-automatisierten Prüfungen stellen einen wesentlichen Bestandteil der kritischen Infrastruktur dar.

Unmissverständlich ist: Es wird nicht einfacher. Durch die ZfP 4.0 nimmt die Bedeutung von Algorithmen immer weiter zu; ein Bereich, der bisher noch nicht im Zuverlässigkeitsmodell auftauchte. Daher wurde das modulare Modell der Zuverlässigkeit zu dem Modularen Modell für die ZfP 4.0 erweitert.

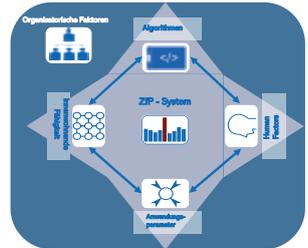


Abb. 1: Modulares Modell für die ZfP 4.0 mit den Algorithmen als Einflussfaktor [1]

Ebenso ist festzustellen, dass die Industriebereiche, die Interesse an der POD äußern, vielfältiger werden. Neben der Luftfahrt und der Energieindustrie nimmt die Wichtigkeit von validierten Prüfverfahren vor allem in der Bauindustrie und in der Automobilindustrie stark zu. Es gibt also immensen Redebedarf und noch viel Unwissenheit über die Fähigkeit von Prüfverfahren im realen Einsatz.

Die Gruppe diskutierte auch aktuelle Aktivitäten auf dem Gebiet der Human Factors in den USA, die Quantifizierung von Human Factors für die Zuverlässigkeitsbewertung in Deutschland und die Aktivitäten des DGZfP-Unterausschusses Mensch-Maschine-Interaktion im Bereich der ZfP 4.0. Zum Thema Human Factors werden von den interessierten Kreisen zusätzliche Treffen abgehalten.

Die Diskussion im virtuellen Meeting machte deutlich, dass der Bedarf an weiteren Onlinemeetings besteht. Zukünftig werden regelmäßige Treffen organisiert und abgehalten.

Stellvertretend für die Gruppe freue ich mich, wenn sich weitere Interessierte zur Mitarbeit melden. In jedem Meeting wird in einem Kurzvortrag über die aktuellen Zuverlässigkeitsprojekte gesprochen. Die Teilnahme bietet einen direkten Zugriff auf den internationalen Stand der Technik. Für ein besseres Verständnis, soll in dieser SIG auch eine Hilfestellung erstellt werden, wodurch unerfahrene Interessierte einen Zugang zum Thema erhalten können.

Es ist schön zu sehen, dass das erste Meeting positiv angenommen wurde und sich erneut eine heterogene Gruppe zusammenschlossen hat, um in Zukunft weiter an diesem wichtigen Thema zu arbeiten.

Daniel Kandier

[1] D. Kandier, "Reliability evaluation of testing systems and their connection to NDE 4.0," in Handbook of NDE 4.0, N. G. Heyendort, N. Iida, R. Singh, and J. Vrana, Eds., Springer, 2021.

erforderlich. Aha! Als ergänzende Bausteine zur Zuverlässigkeit der ZfP finden wir in dieser Norm Festlegungen zu folgenden Faktoren: Qualifikation des Prüfpersonals, Beteiligung unabhängiger Stellen, Vorgaben zur Protokollierung, usw.

Ich erinnere mich noch gut an die reißerische Werbung eines Dienstleistungsunternehmens für ZfP-Validierungen: Wird eine Komponente nach Norm geprüft, ist deren Integrität nicht gewährleistet. Erst durch eine Validierung der ZfP ist die Komponente sicher. - Auf dieses Niveau dürfen wir uns als Fachleute in der DGZfP nicht begeben!

Abschließend: Der anfangs genannte DIN-Fachbericht ist mittlerweile in die Jahre gekommen; eine Überarbeitung eher unwahrscheinlich. Gerade unter der Prämisse „ZfP 4.0“ sind Fachleute aus den unterschiedlichsten Industriebranchen gefordert, sich den Themen: Prüfung nach Norm / Qualifizierung / Validierung / Zuverlässigkeit mit Sachverstand und Augenmaß zu widmen.

Andreas Hecht, Feinsheim



© Klaus Bavendiek

- Present technical achievements
- Join discussions
- Share state of the art developments, scientific and technological innovations
- Present your company
- Become part of the exhibition
- Get one of the lucrative sponsor packages

**BUILDING THE FUTURE ON 50 YEARS OF EXPERIENCE.
IT 'S SMIRT TO EMBRACE CHANGE!**

JOIN US!

www.smirt26.com

26th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology

Postponed to

10 - 15 JULY 2022 | BERLIN/POTSDAM | GERMANY

© viZaar

Datum Ort	Veranstaltung	Veranstalter
2021		
12. – 13.10.2021 Leinfelden-Echterdingen hybrid	46 th MPA Seminar – Additive Manufacturing, Hydrogen, Energy, Integrity	MPA Universität Stuttgart www.mpa.uni-stuttgart.de/en/mpa-seminar-2021/program
12. – 15.10.2021 Beijing/China	3 rd World Congress on Condition Monitoring (WCCM 2021)	ChSNDT, ISCM www.wccm2021.com
18. – 21.10.2021 London/Großbritannien	Image-Based Simulation for Industry (IBSim-4i 2021)	Swansea University https://ibsim.co.uk/events
18. – 21.10.2021 Moscow/Russland	VIII International Industrial Forum “NDT Territory”	RSNTTD https://expo.ronktd.ru/eng
19. – 20.10.2021 Coventry/Großbritannien	Workshop on structural integrity, NDT and CM requirements for Industry 4.0	BINDT www.bindt.org
01. – 30.11.2021 virtuell	International Ultrasonic Testing Online Conference 2021 (UT-Online 2021)	NDT.net, Kaunas University of Technology www.ndt.net/UTonline2021
03. – 05.11.2021 Buenos Aires/Argentinien	ART'21 – 13 th International Conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage	AAENDE www.art21.com.ar
10. – 11.11.2021 Berlin	Seminar des FA Ultraschallprüfung Konventionelle und innovative Anwendungen der Ultraschallprüfverfahren	DGZfP www.dgzfp.de/seminar/ultraschall
15. – 18.11.2021 Phoenix/USA	ASNT Annual Conference	ASNT https://asnt.org
2022		
30.01. – 02.02.2022 Manama/Bahrain	8 th Middle East NDT Conference & Exhibition	Saudi Arabian Section of ASNT, Bahrain Society of Engineers https://mendt.co
08. – 11.02.2022 Wels/Österreich	iCT – 11 th Conference on Industrial Computed Tomography 2022	FH OÖ www.ict-conference.com/2022
10. – 11.02.2022 Berlin	Fachtagung Bauwerksdiagnose	DGZfP, BAM https://fachtagung-bauwerksdiagnose.de
15. – 17.03.2022 Erfurt	12. Fachtagung ZfP im Eisenbahnwesen	DGZfP www.dgzfp.de/seminar/eisenbahn
22.03.2022 Berlin	Anwenderseminar CarbonSafe2 Entwicklung einer referenzfreien Strukturüberwachung für Faserverbundwerkstoffe	DGZfP www.dgzfp.de/seminar/carbonsafe
26. – 28.04.2022 München	International Conference on NDE 4.0 – wird vsl. auf Herbst 2022 verschoben –	DGZfP https://conference.nde40.com

Datum Ort	Veranstaltung	Veranstalter
2022		
03. – 06.05.2022 Stuttgart	34. Control 2022	Schall Messen www.control-messe.de
23. – 25.05.2022 Kassel	DGZfP-Jahrestagung 2022	DGZfP https://jahrestagung.dgzfp.de
30.05. – 03.06.2022 Incheon/Korea	20 th World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2020) – verschoben –	KSNT www.20thwcndt.com
31.05. - 02.06.2022 Münster	28. Internationale Ausstellung Fahrwegtechnik (iaf)	VDEI e.V. www.iaf-messe.com
04. – 07.07.2022 Palermo/Italien	10 th European Workshop on Structural Health Monitoring (10 th EWSHM)	Univ. of Palermo, Univ. of Pittsburgh www.ewshm2020.com
10. – 15.07.2022 Berlin/Potsdam	26th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 26)	iASMIRT, DGZfP, TÜV NORD, swissnuclear, TU Kaiserslautern www.smirt26.com
16. – 17.08.2022 Subang Jaya/Malaysia	The 6 th Malaysia International NDT Conference and Exhibition (6 th MINDTCE) – verschoben –	Malaysian Society for Non-Destructive Testing (MSNT) https://mindtce.com.my
16. – 18.08.2022 Zürich/Schweiz	NDT-CE 2022 – International Symposium on Nondestructive Testing in Civil Engineering	SVTI https://ndt-ce.com/2022
22.08. - 26.08.2022 Wien/Österreich	ICARST-2022	IAEA www.iaea.org/events/icarst-2022
23. – 26.08.2022 Waikoloa/HI/USA	7 th US-Japan NDT Symposium	ASNT, JSNDI www.asnt.org
14. – 15.09.2022 Schweinfurt	2. Fachseminar Wirbelstromprüfung Aktuelle Anwendungen und Entwicklungen	DGZfP www.dgzfp.de/seminar/et
20. – 23.09.2022 Berlin	InnoTrans 2022	Messe Berlin www.innotrans.de
26.09.2022 Berlin	Seminar NDT in Railway	DGZfP

2023

28.02. - 03.03.2023 Melbourne/Australien	APCNDT 16 th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing – verschoben –	AINDT www.apcndt2023.com.au
03. – 07.07.2023 Lissabon/Portugal	13 th ECNDT 2023 – verschoben –	FSEND-RELACRE https://ecndt2023.org

➔ Besuchen Sie die virtuellen Arbeitskreise der DGZfP!

Informationen zu Themen und Terminen finden Sie zurzeit nur online unter

www.dgzfp.de/arbeitskreise



➔ Die ZfP-Zeitung ist Ihr idealer Werbeträger!

Mit einer Auflage von rund 4.000 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 Mediadata finden Sie unter:

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. Anton Erhard, DGZfP (V.i.S.P.)
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin
Tel.: +49 30 67807-105 | E-Mail: er@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

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

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

Dr. Matthias Purschke, DGZfP
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin
Tel.: +49 30 67807-0 | E-Mail: mail@dgzfp.de

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

Anzeigenverwaltung

Nadine Feyer, DGZfP
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin
Tel.: +49 30 67807-115 | E-Mail: anzeigen@dgzfp.de

Layout

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

Sigrid Sy, DGZfP
Max-Planck-Str. 6 | 12489 Berlin
Tel.: +49 30 67807-104 | E-Mail: 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 2021.

Redaktionsschluss: 10. November 2021

Automated Digital Radiography

DYNAMIX™ AXR



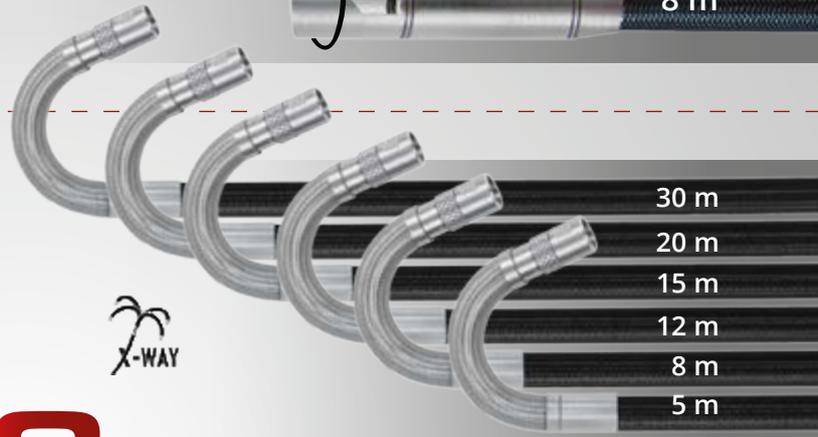
- Lieferbar mit 160, 225 oder 320 kV
- Digitale Detektoren in unterschiedlichen Auflösungen und Abmessungen erhältlich
- Schnell, zuverlässig und benutzerfreundlich
- Integriert in unsere innovative Dynamix VU Software
- Anpassung an kundenspezifische Wünsche

UNÜBERTROFFENE VIELFALT

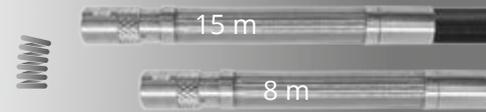


18 Standardausführungen
und jetzt neu
VUFLEX X-WAY
— die Wärmetauscher-Spezialsonde

ENDLOS
ROTATION



8 mm



6 mm

