

## Programm

Donnerstag, 7. Juli 2022

9:00 bis 15:30 Uhr

### Praktikum

#### Praktische Versuche an folgenden Prüfsystemen

##### 1 Vollautomatische Inline-Computertomographie und 2D-Durchstrahlungsprüfung

Mit modernen Röntgen-Anlagen lassen sich Werkstücke aus unterschiedlichen Materialien zerstörungsfrei auf innenliegende Fehlstellen untersuchen. Darüber hinaus ist die vollständige Rekonstruktion und Visualisierung der innenliegenden Strukturen und Fehlstellen (Art, Geometrie, Lage) möglich. Durch den Einsatz moderner Röntgentechnik und Algorithmen ist die CT-Prüfung nun auch in der Produktionslinie möglich. In Abhängigkeit von der Größe der Prüflinge und der gewünschten Messgenauigkeit stehen unterschiedliche Systeme zur Auswahl. Beispielanwendungen sind die Prüfung von Gussteilen oder Elektronikkomponenten, die Analyse von Schäumen oder die Charakterisierung von Faserverbundwerkstoffen.

» *Fraunhofer EZRT, Fürth*

##### 2 Computer-Laminographie in Labor und Produktion – XXL- $\mu$ CT mit Labor-Tomosyntheseanlage und RoboCT

Die Verfahren der Computerlaminographie (CL) sind die geeigneten Röntgenprüfmethode, um sehr große oder anderweitig schwer zugängliche Bauteile hochauflösend zu untersuchen. Da diese Objekte durch ihr ungünstiges Aspektverhältnis nicht von allen Seiten gleichermaßen gut oder teilweise gar nicht zugänglich sind, lässt sich eine reguläre CT nicht durchführen. Bei der CL kommen verschiedene alternative Scangeometrien zum Einsatz, welche diese Problematik lösen. Neben der Untersuchung elektronischer Leiterplatten kommt die CL heute verstärkt bei der Prüfung moderner Leichtbaumaterialien (z. B. faserverstärkte Kunststoffe CFK, GFK) zum Einsatz. Moderne CT-Systeme erlauben mit entsprechend mächtigen Manipulationssystemen die höchstauflösende Untersuchung von ROIs (regions of interest) an Großbauteilen. Die roboterbasierte CT (RoboCT) als kognitives Sensorsystem erschließt solche Objekte für vollautomatische Prüfprogramme in der Produktion.

» *Fraunhofer EZRT, Fürth*

#### Untersuchung eigener Proben

Es besteht die Möglichkeit, eigene Proben im Rahmen des Praktikums untersuchen zu lassen. Bitte nehmen Sie hierzu Kontakt mit der Seminarleitung auf. Die Teile müssen spätestens vier Wochen vorher vorliegen.

## Programm

Donnerstag, 7. Juli 2022

9:00 bis 15:30 Uhr

##### 3 Sub- $\mu$ CT und CTportable

Die Untersuchung sehr kleiner Objekte kann mittels Sub- $\mu$  CT erfolgen. Nur wenige Millimeter große Objekte mit kleinen Strukturgrößen können mit „sub- $\mu$ “ Genauigkeit (bis zu 500 nm) gemessen werden. Haupteinsatzgebiet der Sub- $\mu$  CT ist die Erfassung von kleinsten Strukturen beispielsweise im Bereich der Materialentwicklung. Geeignet für die Analyse sind Materialien wie Faserverbundwerkstoffe oder biologische Proben. Daneben liegt der Fokus auf der 3D-Gefügeanalyse von Legierungen für stark beanspruchte Bauteile aus dem Fahrzeug- oder Flugzeugbau.

Zur Messung sehr kleiner Objekte steht zudem das tragbare Röntgengerät CTportable zur Verfügung, mit dem Bauteile mit den Abmessungen 45 mm (Breite) und 65 mm (Höhe) bei Messzeiten ab 5 Minuten geprüft werden können. Die CTportable ist insbesondere für den mobilen Einsatz an wechselnden Standorten konzipiert. Die Haupteinsatzgebiete liegen im Bereich der Analyse und Qualitätssicherung in der Elektro-, Kunststoff-, Textil-, Faserverbund- oder Keramikindustrie.

» *Fraunhofer EZRT, Fürth*

##### 4 XXL-Computertomographie

Für die Untersuchung sehr großer Objekte (z. B. Fahrzeuge, Flugzeugrumpfschalen o. ä.) wurde die sog. XXL-Computertomographie entwickelt. Das System besteht aus einem Linearbeschleuniger, einem Zeilendetektor sowie einem Drehteller und ist in der Lage, sehr große Objekte hinsichtlich innerer Defekte sowie Strukturlagen und Verläufen vollständig und zerstörungsfrei zu messen. Die Anwendungsfelder für die XXL-CT liegen in Bereichen wie Automotive (komplette Fahrzeuge, Motorblöcke), Luft- und Raumfahrt (Flugzeugrumpf, CFK-Materialien), Energie (Turbinen, Rotorblätter) usw.

» *Fraunhofer EZRT, Fürth*

#### Im Anschluss:

Möglichkeit zur Diskussion und Analyse individueller Prüfaufgaben mit den Betreuern der Prüfsysteme.

## Organisatorisches

#### Seminarort

Fraunhofer EZRT  
Flugplatzstraße 75  
90768 Fürth

#### Kontakt

Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision  
Susanne Wagner M.A.  
Telefon: +49 911 58061-5800  
Fax: +49 911 58061-5899  
E-Mail: [vision@fraunhofer.de](mailto:vision@fraunhofer.de)  
[www.vision.fraunhofer.de](http://www.vision.fraunhofer.de)

c/o Fraunhofer IIS  
Flugplatzstraße 75  
90768 Fürth

#### Seminarleitung

Dipl.-Ing. Michael Sackewitz

#### Seminargebühr

1.180 EUR

Rabattmöglichkeit für Teilnehmer von Hochschulen, Unis, Forschungseinrichtungen usw.

10 Prozent Rabatt für EMVA-Mitglieder

Zahlbar nach Rechnungserhalt

#### Rücktritt

Rücktritt von der Seminarteilnahme ist bis zwei Wochen vorher möglich. Bei späterem Rücktritt wird die Teilnahmegebühr in Rechnung gestellt. Die Teilnahme eines Stellvertreters ist möglich.

#### Stornierung

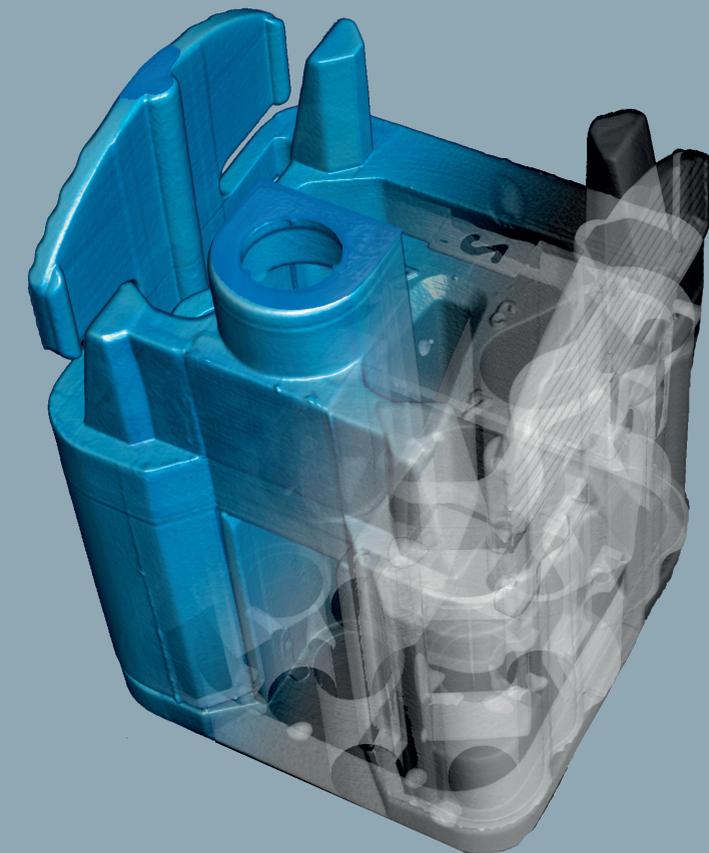
Die Seminarleitung behält sich in Ausnahmefällen eine Änderung des Programms und/oder von Referenten vor. Im Fall einer Stornierung aus unvorhersehbaren bzw. coronabedingten Gründen werden die Teilnehmer umgehend benachrichtigt. Bereits gezahlte Teilnahmegebühren werden erstattet. Weiterer Anspruch auf Schadensersatz bzw. Ersatz entstandener Auslagen besteht nicht.

#### Hinweise zu Covid-19

Informationen zu Schutz- und Hygienemaßnahmen bzw. den coronabedingten Teilnahmevoraussetzungen finden Sie auf unserer Website.

Titelbild: Fraunhofer IIS/EZRT

 **Fraunhofer**



Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision

**Seminar mit Praktikum:  
Industrielle Röntgentechnik als  
zerstörungsfreies Prüfverfahren für die  
Qualitätssicherung in der Produktion**

**6. und 7. Juli 2022**

**Fraunhofer EZRT, Fürth**

## Industrielle Röntgentechnik

Die Qualitätssicherung ist mittlerweile zu einem unverzichtbaren Bestandteil des industriellen Produktionsprozesses geworden. Im Rahmen von Nullfehlerkonzepten wird eine **100-Prozent-Inspektion** in der Produktion angestrebt. Oft lässt eine visuelle Oberflächenprüfung jedoch keine ausreichenden Rückschlüsse auf die Qualität eines Werkstücks zu. **Verdeckte Fehlstellen** wie Lunker, Poren oder mangelhafte Fügeverbindungen sind äußerlich kaum erkennbar, können sich jedoch erheblich qualitätsmindernd und sicherheitskritisch auswirken.

Zunehmend an Bedeutung gewinnen daher **röntgenbasierte Inspektionsverfahren**, mit deren Hilfe sich im Materialinneren verborgene Strukturen beliebig komplexer Objekte aus fast allen Werkstoffen mit hoher Genauigkeit erfassen und charakterisieren lassen.

Die Teilnehmer des Seminars erhalten einen umfassenden Einblick in die industrielle Röntgentechnik und lernen die **Möglichkeiten und derzeitigen Grenzen** der zerstörungsfreien Prüfung mit Röntgen kennen, um hieraus Leitlinien für die eigene Investitionsplanung ableiten zu können.

Das Seminar setzt sich aus **Theorie und Praxis** zusammen. Der erste Teil stellt in Form von Vorträgen zunächst theoretische **Grundlagen und Methoden** vor: Bildgebung mit Röntgen, Kameratechnik, Röntgen-Verfahren (Radioskopie, Laminographie, Computertomographie) und Datenauswertung, Strahlenschutz und Sicherheit. Danach werden einige praktische Anwendungen beschrieben.

Im Rahmen des **Praktikums** stehen dann unterschiedliche Systeme zur Verfügung, an denen in kleinen Gruppen persönliche Erfahrungen gewonnen werden können.

### Zielgruppen

- Ingenieure und Konstrukteure aus Entwicklung und Versuchsfeld
- Mitarbeiter der Qualitätssicherung
- Verantwortliche für Produkt, Produktion und Prozess
- Leitungsebene und Führungskräfte, die sich eine Entscheidungsgrundlage für Investitionen erarbeiten wollen

### Angesprochene Branchen

- Automobilhersteller und Zulieferer
- Maschinen- und Anlagenbau
- Luft- und Raumfahrt
- Leichtbau, Verbundwerkstoffe
- Optische Industrie
- Metall und Metallverarbeitung
- Gussindustrie (Gießereien)
- Elektronikproduktion
- Keramik
- Verpackungsindustrie
- Kunststoff- und Gummiindustrie
- Erneuerbare Energien (Windkraft, Photovoltaik)
- Medizintechnik
- Nahrungsmittel
- Biologie, Mineralogie, Geologie, Archäologie
- usw.

## Programm

**Mittwoch, 6. Juli 2022**

9:00 bis 16:45 Uhr

### Einführung in das Seminar

Dipl.-Ing. **Michael Sackewitz**, Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision, Fürth

## GRUNDLAGEN UND METHODEN

### 1 Grundlagen und Verfahren der Röntgenbildgebung

Dipl.-Phys. **Ingo Bauscher**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Röntgenstrahlung: Abschwächung, Erzeugung, Nachweis – Detektortechniken (direkt, indirekt) – Verfahren: Radioskopie, Computertomographie, Laminographie

### 2 Anwendungsspektrum der Röntgenbildgebung

Dipl.-Ing. **Michael Salamon**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Überblick Größenskalen – Automatisierungsgrad – gerätetechnische Ausführungen: Labor, inline, stationär, mobil, Roboter usw.

### 3 Röntgenkameras für den industriellen Dauereinsatz

Dipl.-Ing. **Rolf Behrendt**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Zeilen- und Flächendetektoren – Aufnahmeprinzipien – Eigenschaften – Vor- und Nachteile – Anwendungen

### 4 Automatische Bauteilprüfung und Produktionsmonitoring mit Röntgen

Dipl.-Inf. **Thomas Stocker**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Historie – Einsatzgebiete – Integration in den Produktionsprozess – Vergleich 2D-Röntgenprüfung/CT – vom Prüfen zum Monitoring

### 5 Inline-CT für Gussbauteile

Dipl.-Ing. **Christian Kretzer**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Vollautomatische, prozessintegrierte Prüfung – Detektion von Fehlstellen, unzulässigem Material im Kühlkanal, Kernbrüchen – Wandstärkenmessung – Taktzeit der kompletten Prüfung in Abhängigkeit vom Bauteil: 15 bis 60 Sekunden

### 6 XXL-µCT – Computer-Laminographie und RoboCT zur hochaufgelösten CT an großen Bauteilen

Dipl.-Ing. **Wolfgang Holub**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Grundlagen der Computertomographie und Computerlaminographie zur MikroCT an großen oder schwer zugänglichen Objekten – praktische Anwendung der CL – Gegenüberstellung CT und CL – roboterbasierte CT (RoboCT)

## Programm

**Mittwoch, 6. Juli 2022**

9:00 bis 16:45 Uhr

### 7 3D-Computertomographie und Messtechnik

Prof. **Simon Zabler**, Fraunhofer Anwendungszentrum CTMT, Deggendorf

Qualitätsmerkmale, Artefakte und deren Korrekturen – Anwendungsgebiete – dimensionelles Messen mit CT – Mess-, Kenn- und Einflussgrößen – MPE – Messunsicherheitsbestimmung – VDI/VDE-Richtlinie 2630 – Anwendungsbeispiel

### 8 Analyse und Visualisierung von Grauwertbilddaten

Dipl.-Inf. **Markus Rehak**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Aufgabe und Anforderungen – Überblick über verfügbare Software (2D und 3D) – Leistungsfähigkeit – Vor- und Nachteile – Lunkeranalyse – 2D-Bildverarbeitung – 3D-Visualisierung – Kennliniengenerierung mittels IAR – STL – Anwendungsbeispiele

### 9 Strahlenschutz und Sicherheit

Dipl.-Ing. **Michael Salamon**, Fraunhofer EZRT, Fürth

Strahlenschutzrecht – Röntgenverordnung – biologische Strahlenwirkung – Dosisbegriffe

### Im Anschluss:

Get-together mit Möglichkeit zur Vertiefung der Fachgespräche mit den Referenten und Betreuern

## Programm

**Donnerstag, 7. Juli 2022**

9:00 bis 15:30 Uhr

## PRAKTISCHE ANWENDUNGEN DER INDUSTRIELLEN RÖNTGENTECHNIK

### 1 Adaptive 3D-Auswerteverfahren für die CT-Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. **Ira Effenberger**, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Auswertung von Volumendaten und CT-Messpunktwolken – adaptive Extraktion von Dreiecksnetzen und Punktwolken – Bestfit-Verfahren zur Messdatenauswertung auch ohne CAD-Modell – Wanddickenanalyse – Messung mikro-mechatronischer Bauteile – CT-Auswertung zur Qualitätssicherung von Rapid-Bauteilen

### 2 Messen mit CT in der optischen Industrie

**Roland Ramm** M.Eng., Fraunhofer IOF, Jena

Prozesskette CT-Aufnahme – Optikdesign – Bewertung Montagekontrolle optischer Systeme – Geometrieprüfung strukturierter optischer und präzisionsmechanischer Komponenten – Detektion von Fehlstellen

### 3 Prüfung von Faserverbundbauteilen mit Röntgen-Computertomographie

Dr.-Ing. **Ira Effenberger**, Fraunhofer IPA, Stuttgart

3D-Texturanalyse zur Defekterkennung und Faserrichtungsbestimmung – Adaptive Porositätsanalyse – Ausblick: kombinierte Prüfung mit CT und Thermographie

### Im Anschluss: Praktikum

11:00 bis 15:00 Uhr

Durchführung von praktischen Versuchen an verschiedenen Prüfsystemen (**Prüfsysteme, siehe Rückseite**)

### Im Anschluss:

15:00 bis 15:30 Uhr

Möglichkeit zur Diskussion und Analyse individueller Prüfaufgaben mit den Betreuern der Prüfsysteme