

# Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung an Großforschungseinrichtungen: Innovative Messmöglichkeiten für tiefe Einblicke

Nadja KÖLPIN<sup>1</sup>, Marc THIRY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DESY, Hamburg

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht

Kontakt E-Mail: [nadja.koelpin@desy.de](mailto:nadja.koelpin@desy.de)

## Kurzfassung

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY betreibt eine der hellsten Speicherring-Röntgenstrahlungsquellen der Welt: PETRA III bietet Wissenschaftler:Innen und Nutzer:Innen aus der Industrie Zugang zu exzellenten Experimentiermöglichkeiten mit Röntgenstrahlung besonders hoher Brillanz. So sind zerstörungsfreie Untersuchungen verschiedenster Proben und Werkstoffe durchführbar mit Auflösungen, die weit über die Möglichkeiten von Laborinstrumenten hinausgehen. Hereon betreibt an PETRA III sowie am Forschungsreaktor FRM II in Garching bei München Instrumente für materialwissenschaftliche Fragestellungen und zerstörungsfreie Untersuchungen.

Insbesondere für die Industrialisierung junger Technologien wie z.B. dem Metall-3D-Druck können Synchrotronanalysen entscheidende Informationen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge im Material liefern und erlauben die Optimierung von Material- und Prozessparametern.

Auf Röntgen- und Neutronenbeugung basierende Verfahren wie die Gefügeanalyse via „Grain Mapping“ ermöglichen zum Beispiel die 3D-Darstellung von kristallinem Gefüge zur Bestimmung von Korngröße, Textur und Kristallorientierung. Ferner lassen sich via „Stress Mapping“ ebenso ganze Spannungskarten und die Darstellung von Spannungsverteilungen über mehrere mm im Material extrahieren.

Zudem liefern derartige Untersuchungen wichtige Impulse zur Qualitätssicherung, Standardisierung und Normierung. So werden beispielsweise im EU-Projekt EASI-STRESS die Entwicklung von europaweiten Charakterisierungsstandards, Protokollen und Datenaustauschverfahren zur Erleichterung der industriellen Nutzung dieser Charakterisierungswerkzeuge vorangetrieben.

Bildgebende Verfahren wie z.B. Mikrotomographie, ermöglichen die 3D-Darstellung von Objekten, z.B. zur Detektion feinsten Risse, Poren, Fremdpartikel oder anderer Defekte im Objektinneren.

Neben konkreten Messmethoden und Use Cases werden in unserem Beitrag auch die aktuellen Entwicklungen auf dem Campus sowie die Zugangs- und Kooperationsmöglichkeiten für unterschiedliche Nutzergruppen beleuchtet.



# Beschleunigerzentrum der Spitzenklasse

DESYs Forschungsschwerpunkte



DESY

1

## Auf einen Blick

Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft



Knapp 3000 Beschäftigte, dv. 1100 Wissenschaftler\*innen in den Bereichen Beschleunigerbetrieb, Forschung und Entwicklung & jährlich über 3000 Gastwissenschaftler\*innen aus über 40 Nationen



ca. 250 Mio. € Grundetat + ca. 100 Mio. € Drittmittel



Zwei Standorte in Hamburg und Zeuthen (Brandenburg)



Gegründet 1959, seitdem erfolgt eine stetige Modernisierung der Strahlungsquellen

DESY

2

# Brilliante Lichtquellen & hochkomplexe Hightech-Anlagen

Innovationstreiber DESY

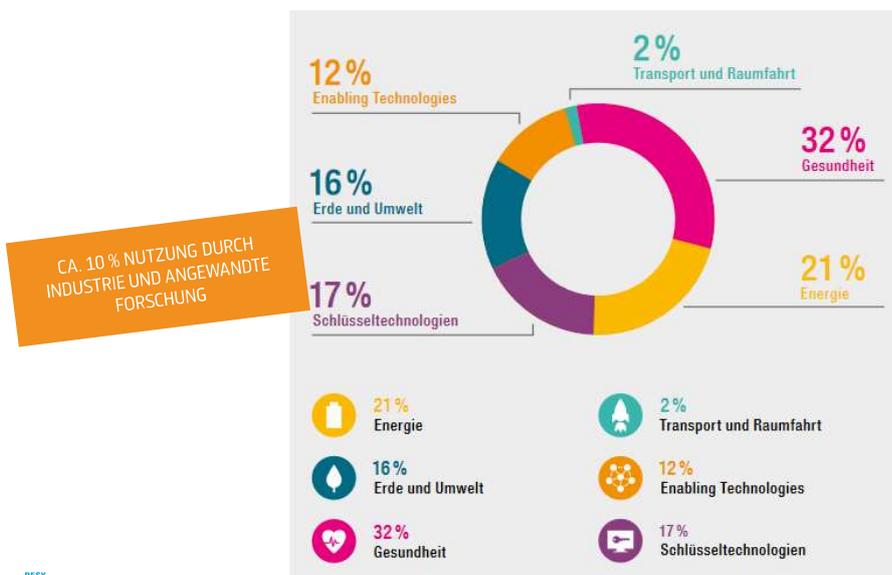


DESY

3

# PETRA III Brillantes Röntgenlicht

Hoch brillante Synchrotron-Strahlung für diverse Forschungsfragen!



DESY

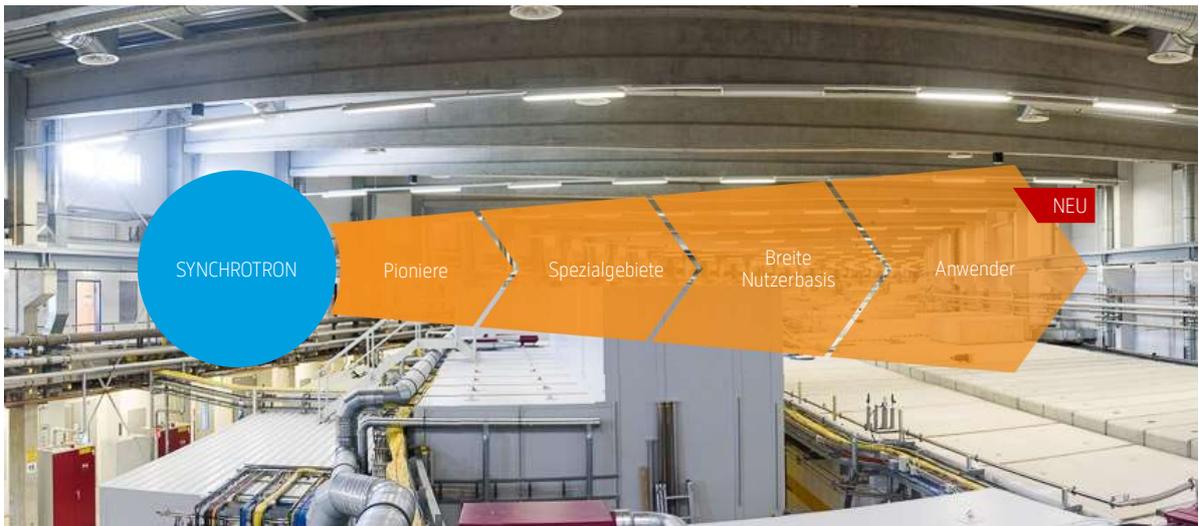
4

# DESY - EIN GANZHEITLICHES ÖKOSYSTEM

Campus-Partner vor Ort & hervorragendes Netzwerk



## Neuaufstellung von Forschungsinfrastruktur mit PETRA IV: Synchrotronstrahlung für Problemlösungen



DESY

6

# HI-ACTS

Helmholtz accelerator-based technologies, solutions & stakeholders for wide-spread use



DESY

7

# Win-Win Setting Towards Impact

Industry & science shape new paths to co-create & move forward



DESY

8

## Bessere Trennverfahren

Anwendung von hochfesten Stählen im Automotive-Bereich

### Industrielles Problem:

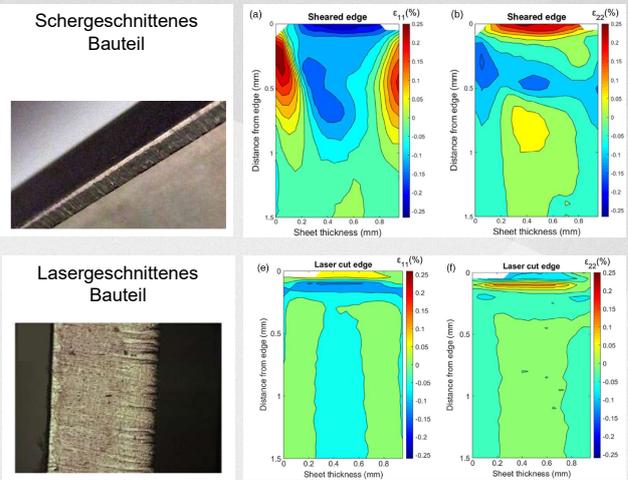
- > Einsatz neuer hochfester Stähle (UHSS) im Automotive-Bereich

### Herausforderung:

- > Zerteilen der Werkstücke induziert Spannungen und verringert die Lebensdauer des Bauteils

### Benefits der Messung an Beamline P21.2:

- > Mikroskopische Messung der Spannungen und Dehnungen erlaubt Verständnis der Ursache-Wirkungszusammenhänge
- > Optimierung der Trennverfahren
- > Leichtbauweise, Reduzierung des Energiebedarfs, Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen



Vinnova's project No: 2018-04419  
Frederik Lindberg et al. Advanced Engineering Materials 2021, 23, 2001168 ff.

SSAB

SWERIM

PETRA III.

## Röntgenanalyse von Kartonverpackungen

Nachhaltige moderne Verpackungsmaterialien

### Industrielles Problem:

- > Zuverlässigkeit von Kartonverpackungen unter feuchten Bedingungen

### Herausforderung:

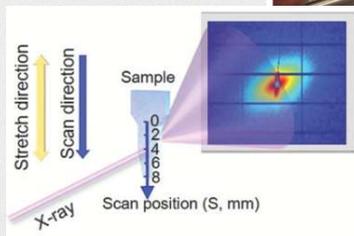
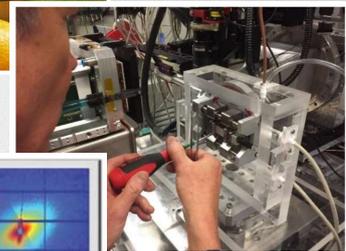
- > Mechano-sorptives Kriechen:
  - Spannungen in Verpackungen aus Wellpappe werden durch hohe oder wechselnde Feuchtigkeit erhöht
- > Beschädigung und Verlust von Waren, z.B. frisches Obst und Gemüse

### Benefits der Messung an Beamline P03:

- > Mikroskopische Untersuchung beleuchtet Wirkmechanismus auf nanostruktureller Ebene
  - > Optimierung der Kartonverpackungen
  - > Breiterer Einsatz nachhaltiger Verpackungen



PETRA III.



BILLERUDKORSNÄS

RISE

VINNOVA

Vinnova's project No: 2018-04420  
Qing Chen et al. Advanced Functional Materials 2022, 32, 2208074

**Helmholtz-Zentrum Hereon**  
**GEMS: Forschung mit Photonen und Neutronen**

- Kompetenz und Infrastruktur für komplementäre Forschung mit Photonen und Neutronen in der Materialwissenschaft
- Entwicklung und Betrieb von eigenen (Hereon) Beamlines
- einzigartige Probenumgebungen für In-situ-Untersuchungen von technischen Prozessen
- Labore für Probenvorbereitung und – charakterisierung
- Nutzerbetreuung



Photonen @ DESY



PETRA III

Neutronen @ MLZ



FRM II



DESY

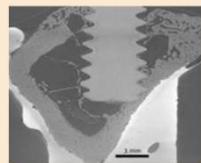
11

**Tomographie/Imaging @ PETRA III**

**hohe Sensitivität**

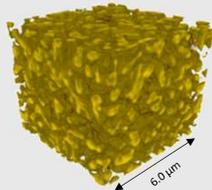


**Gill of deep sea mussel**  
 B. Geiler et al., *Proc SPIE Dev. X-ray Tomography XII*, 11113 (2018)

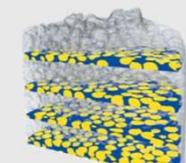


**Extraction of Mg-Gd Implants**  
 D.C.F. Wieland (Hereon MBS)

**hohe Auflösung**



**Structure of nano-porous gold**  
 E. Larsson (Hereon WPI) et al., *J. Synchrotron Rad.* 26, 194-204 (2019)

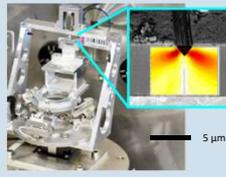


**Photonic glass packing structure**  
 M. Eganreck (Hereon WPI) et al., *J. Synchrotron Rad.* 23, 1440-1446 (2016)

**hohe Flexibilität**

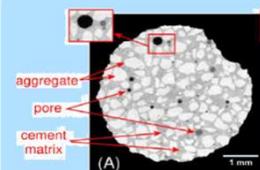


**In situ corrosion of Mg implants**  
 B. Zeller-Plumhoff (Hereon MBS) et al., *Materials and Corrosion*, (2018) 69 298-306

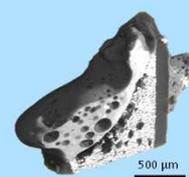


**Strains during nanoindentation**  
 A. Zsillinger, C. Kryzika (Hereon WPI) et al., *Scientific Reports*, 6, 22670 (2016)

**hohe Eindringtiefe**



**Water diffusion in concrete**  
 Fei Yang et al., *Proc. SPIE Dev. X-Ray Tomogr. X*, 99670L (2016)



**Thermal sprayed WC/Co coating**  
 J. Nellesen (TU Dortmund)

DESY



## EASI-STRESS - EUROPEAN ACTIVITY FOR STANDARDISATION OF INDUSTRIAL RESIDUAL STRESS CHARACTERIZATION



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 953219.

EASI-STRESS entwickelt und implementiert Protokolle und "Good Practice" –Leitfäden für Neutronen- und Synchrotronbasierte Eigenspannungsermittlungen:

- Definierte Probenpräparation
- Kalibrierungsvorgang und Referenzproben
- Homogenisierung von Datenanquisition
- Richtlinien für Datenreduktion und- analyse

Der Standardisierungsprozess wird koordiniert durch CEN WG10 zu Diffraktion in TC 138 (zerstörungsfreie Prüfung)

## Schneller und unkomplizierter Zugang für die Industrie

**Direkter kommerzieller Zugang**

- Kein akademischer Partner erforderlich, unter NDA möglich
- Kostenfreie Machbarkeitsstudie möglich!
- Komplettes Servicepaket (Strahlzeit, Labore, Mechanik, Workshops, Datenauswertung, Qualitätstests usw.)

**Zusammenarbeit mit DESY oder Partnern**

- Gemeinsame Arbeit an neuen Methoden, Technologien
- Gemeinsame Drittmittelanträge
- Förderung eines Doktoranden für den größten Mehrwert
- Gemeinsame Entwicklungsplattformen initiieren oder ausbauen: Unternehmen, DESY, Fraunhofer, Campus-Partner etc.

**Über Universitäten & Institute**

- Akademischer Standardantrag (z. B. BioNTech über Uni Mainz @ PETRA III)
- Schneller kommerzieller Zugang durch Universität oder Unternehmen

**Durch Service Providers**

- Hochspezialisierte Experten in vielen Bereichen
- SP bieten zusätzliche Dienstleistungen an, wie zum Beispiel
  - Beratung
  - Vorbereitung
  - Analyse und Nachbearbeitung