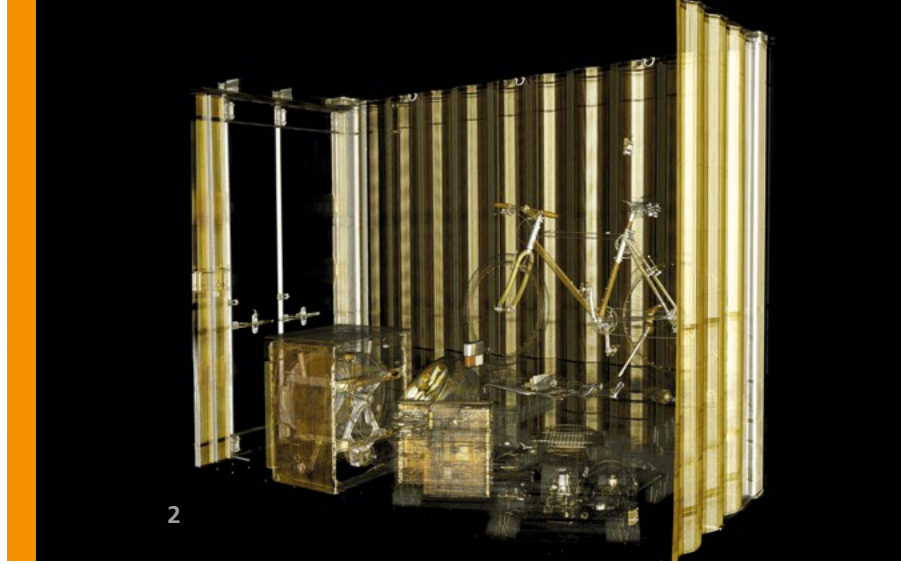
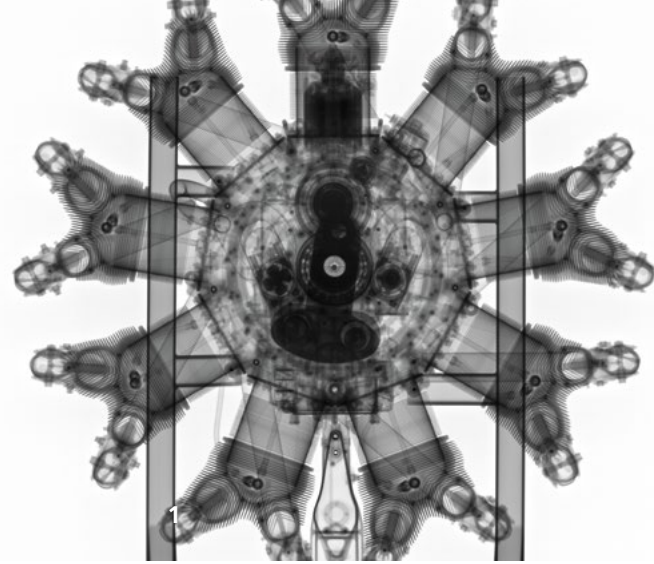


HOCHENERGIE-COMPUTERTOMOGRAPHIE ODER XXL-CT

High energy computed tomography or XXL-CT





COMPUTERTOMOGRAPHIE VON SEHR GROSSEN OBJEKTEN

Computed tomography of oversized objects

Motivation

Automobile, Frachtcontainer und Flugzeugteile – große und dickwandige Objekte ließen sich bisher nicht röntgen, ohne sie vorab zu zerlegen und damit zu zerstören. Das Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik hat zusammen mit dessen Partnern ein System entwickelt, um große und massive Gegenstände dreidimensional und zerstörungsfrei zu prüfen.

Das Zusammenspiel von Erfindergeist, jahrelanger Erfahrung in der Röntgentechnik, hochpräzisem Maschinenbau, leistungsstarker Hardware und intelligenter Software macht es nun möglich, endmontierte Produkte zu tomographieren und im millimeterfeinen Detail räumlich zu analysieren.

Wir bieten an

- Messung sehr großer Objekte in 2D und 3D
- Messung schwer durchstrahlbarer Objekte aus Stahl, Blei, Platin
- Artefaktarme Erfassung von Objekten mit stark variierendem Material-Mix (CFK/Eisen)
- Anforderungsorientierte Optimierung der Messzeit und Bildqualität
- Individuelle Bildverarbeitung zur Erfassung quantitativer Messgrößen in 2D und 3D
- Messtechnische Auswertung an komplexen, inneren Strukturen
- Überführung der Volumendaten in Oberflächendaten (STL)

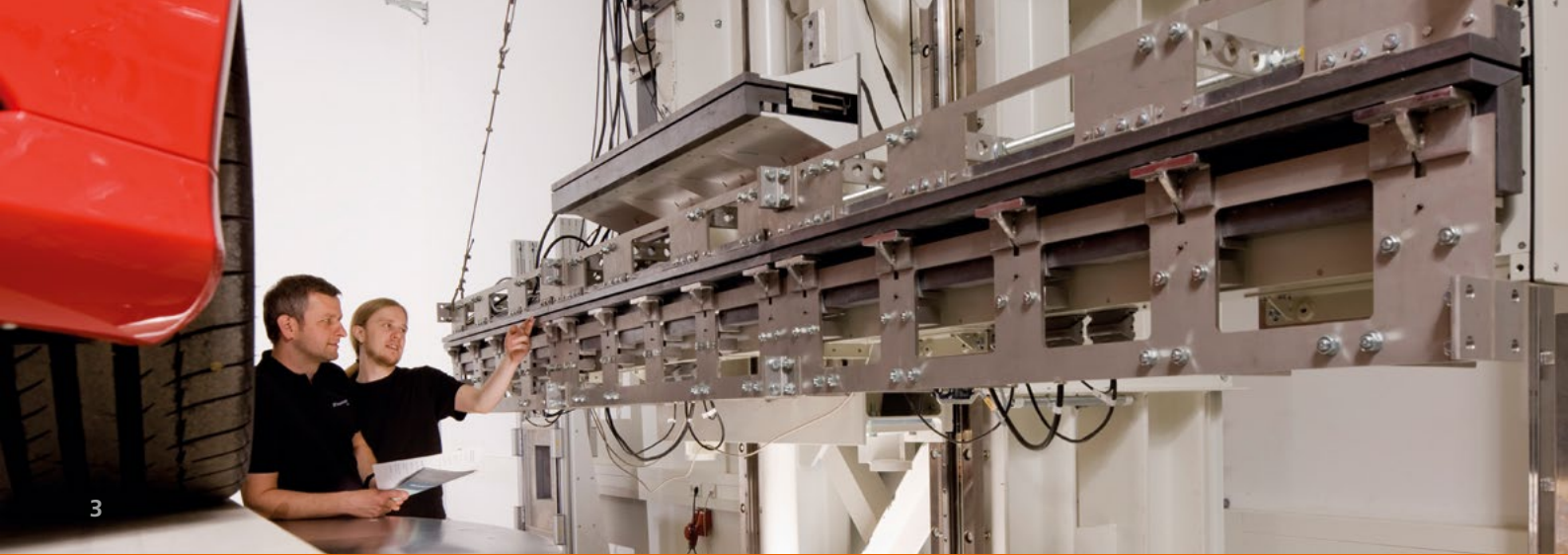
Motivation

To date, there has been no way to x-ray large, thick-walled objects such as automobiles, freight containers and aircraft parts without first dismantling and thus essentially destroying them. To address this issue, the Fraunhofer Development Center for X-ray Technology worked with its partners to develop a system for performing three-dimensional, nondestructive inspections of oversized and massive objects.

Through a combination of ingenuity, years of experience with X-ray technology, highly-precise machine engineering, high-performance hardware and intelligent software, researchers have now made it possible to run spatial analyses of assembled products in millimeter detail using computed tomography.

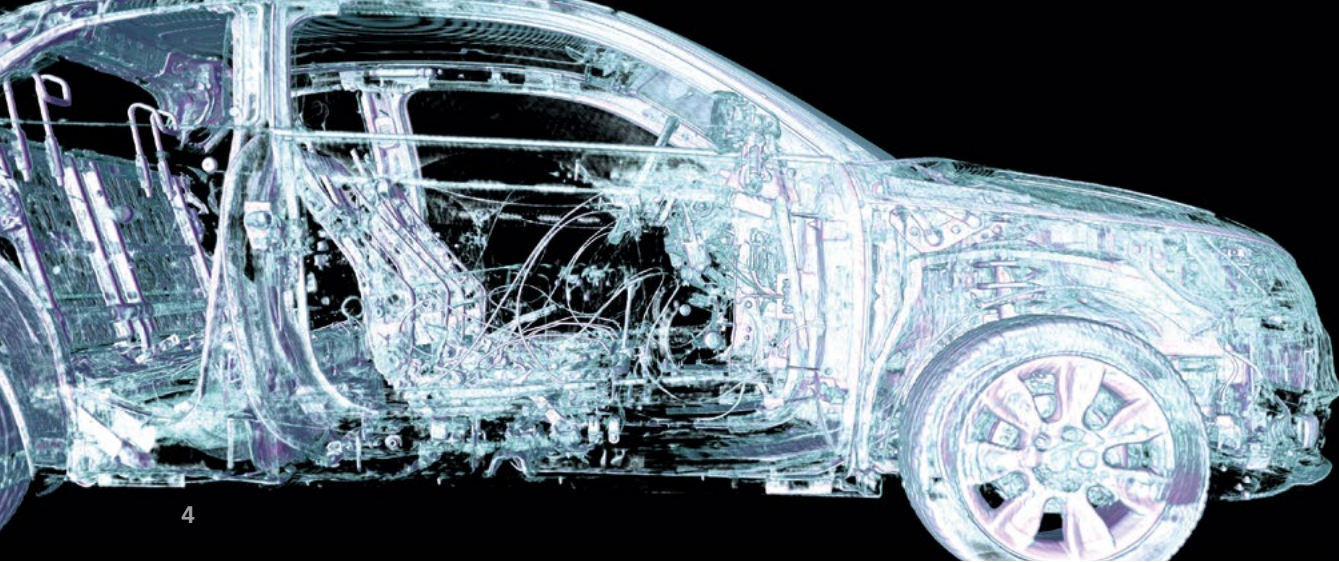
Our services

- Measurement of oversized objects in 2D and 3D
- Measurement of radiodense materials such as steel, lead and platinum
- Low-artifact imaging of objects made of highly-alloyed materials (carbon fiber composites, iron metals)
- Customized optimization of measurement times and image quality
- Individual image processing for capturing quantitative measurements in 2D and 3D
- Metrological analysis of complex inner structures
- Conversion of volume data into surface data (STL file format)



GROSS, RIESIG, XXL.

Big, large, XXL.



4

Anwendungen

Durch die Leistungsfähigkeit der Röntgenquelle, das Platzangebot und die Dimension des Detektors bieten sich einige bisher schwer umsetzbare Anwendungsmöglichkeiten an.

- **Defektanalyse:** Lunker, Poren, Risse oder Delaminationen ab einer Größe von 0,4 mm
- **Materialanalyse:** Faserrichtung oder -lage in Materialverbänden, Porositäts- und Dichteverteilung
- **Qualitäts- und Montagekontrolle:** Korrektheit und Vollständigkeit der Montage von Bauteilen, Kabellage oder (Schweiß-/Klebe-/Steck-)Verbindungen
- **Sicherheitskontrolle:** Fremdkörper, illegales oder gefährliches Gut
- **Sortierung:** Materialien zur Werkstofftrennung und Rohstoffrückgewinnung

Anwendungsfelder

- **Automotive:** komplette Fahrzeuge, Karosserien und Motorblöcke
- **Sicherheit:** Luft- und Seefrachtcontainer
- **Luft- und Raumfahrt:** Flugzeugrümpfe, CFK-Materialien, Tragflächen
- **Energie:** Windradrotorblätter, Turbinenschaufeln, Aggregate
- **Abfallwirtschaft/Recycling:** Müllcontainer, Sortieranlagen
- **Transport:** Nutzfahrzeugkomponenten, Einzylinderköpfe, Hydrauliksysteme

Application scenario

The powerful x-ray source, as well as the available space and detector dimensions opens the door to a range of applications that to date were difficult to implement.

- **Defect analysis:** blowholes, pores, fissures or delaminations as small as 0.4 mm
- **Materials analysis:** fiber direction or fiber arrangement, porosity and density distribution
- **Quality assurance, assembly control:** for ensuring proper and thorough component assembly, inspecting cable placement or cable connectors (welded, glued, plug-in)
- **Security control:** foreign objects and illegal or hazardous materials
- **Sorting:** materials for separating recyclable materials and recovering raw materials

Fields of application

- **Automotive:** entire vehicles, vehicle bodies and engine blocks
- **Security:** air and sea cargo containers
- **Aerospace:** aircraft fuselages, carbon fiber composite materials, wings
- **Energy/power generation:** wind turbine rotor blades, turbine engine blades, power aggregates
- **Waste management/recycling:** waste containers, sorting facilities
- **Transportation:** commercial vehicle components, cylinder heads, hydraulic systems

Höchste Sicherheit für Mensch und Umwelt

Da es sich bei den eingesetzten Röntgenstrahlen um ionisierende Strahlung handelt, wird die Testhalle von einer meterdicken Abschirmung gesichert und damit die Umgebung geschützt. Um auch den Mitarbeitern Schutz zu gewährleisten, wird das komplette XXL-CT-System von einer außerhalb der Testhalle liegenden unterirdischen Zentrale aus gesteuert.

Damit werden die Bestimmungen des Strahlenschutzes vollstens erfüllt und in regelmäßigen Abständen durch das Bayerische Landesamt für Umwelt überprüft und dokumentiert.

Protecting people and the environment

Because the XXL-CT system utilizes ionizing radiation, the test hall is enclosed in three-meter-thick shielding to protect the local environment. To ensure that employees are also afforded complete protection, the entire system is operated from an underground control center.

These measures, which are examined and documented on a regular basis by the Bavarian Environmental Protection Agency, ensure full adherence to all radiation protection regulations.

1 Durchstrahlungsbild eines historischen Triebwerks.

Erstellt in Kooperation mit MTU Aero Engines AG

The radioscopic image of a historical engine. Produced in cooperation with MTU Aero Engines AG

2 3D-Visualisierung eines Frachtcontainers

3D visualization of a freight container

3 Der vier Meter lange

Zeilendetektor fährt bis zu fünf Meter in der Höhe

The four-meter long line detector moves up to a height of five meters

4 3D-Visualisierung eines Fahrzeugs

3D visualization of a vehicle

5 Autos können auf dem Drehteller problemlos platziert werden

Cars can be easily placed on the turntable

6 Die Durchstrahlungsaufnahme liefert Informationen über Strukturlagen im 2D-Raum

The radioscopic image offers information about structure depths in two-dimensional space

HOCHENERGIE AUF 400 QUADRATMETERN

400 square meters of high energy

Technische Daten

Siemens Industrial Linear Accelerator (SILAC®)

Strahlenenergie:	max. 9 Megaelektronenvolt
B/H/L (in m):	2/2/1
Brennfleckgröße:	ca. 3 mm
Durchstrahlbare	bis zu 10 cm (hohe Dichte)
Materialdicken:	über 60 cm (geringe Dichte)
Gewicht:	ca. 3 t

Zeilendetektor / Flächendetektor

Größe:	4 m (Länge) / 400 x 400 mm ²
Pixelanzahl:	ca. 10 000 px / 2048 px
Voxelgröße/ Ortsauflösung:	400 µm / 200 µm
Erkennbare Strukturgröße:	800 µm / 400 µm

Drehteller

Durchmesser:	3 m
Traglast:	max. 10 t
Max. Objektmaße (B/H/L in m):	12/5/10 für Teilaufnahme 3,2/5/3,2 für Komplett- aufnahme
Rotationsgeschwindigkeit:	5° pro Sekunde

Die vollständige Spezifikation der Komponenten des XXL-Computertomographen finden Sie auf unserer Webseite: www.iis.fraunhofer.de/xxl

Technical specifications

Siemens Industrial Linear Accelerator (SILAC®)

Radiation energy:	max. 9 megaelectron volts
W/H/L (in m):	2/2/1
Focal spot size:	approx. 3 mm
Radiolucent material thickness:	max. 10 cm (high density) over 60 cm (low density)
Weight:	approx. 3 t

Line detector / Flat panel detector

Size:	4 m (length) / 400 x 400 mm ²
Number of pixels:	approx. 10 000 px / 2048 px
Voxel size/ spatial resolution:	400 µm / 200 µm
Recognizable structure size:	800 µm / 400 µm

Turntable

Diameter:	3 m
Load capacity:	max. 10 t
Object dimensions (W/H/L in m):	12/5/10 for partial scan 3.2/5/3.2 for full scan
Rotation speed:	5° per second

The complete specifications for the XXL-CT system and components can be viewed by visiting our website at www.iis.fraunhofer.de/xxlen



5



6

Aufbau und Funktion

In der 400 Quadratmeter großen und 14 Meter hohen Testhalle sind zwei acht Meter hohe Manipulationstürme, ein Drehteller von drei Metern Durchmesser sowie die drei Tonnen schwere Röntgenquelle und zwei Detektoren installiert. Ein vier Meter langer Zeilendetektor für die Detektion größerer Strukturen und ein kleinerer Flächendetektor mit sehr feiner Auflösung.

Die mittels eines Lastkrans auf dem Drehteller positionierten Objekte werden automatisiert während einer Umdrehung um die eigene Achse Zeile für Zeile durchleuchtet und erfasst. Die Strahlenergie kann dabei je nach Material, Größe und Wanddicke des Objekts variiert werden. Es können Energien von maximal neun Megaelektronenvolt (MeV) erreicht werden. Dies entspricht in etwa dem zwanzigfachen konventioneller industrieller Röntgensysteme.

Die gewonnenen Aufnahmedaten werden mit der im Haus entwickelten Software rekonstruiert und anschließend visualisiert. Das Objekt kann danach Schicht für Schicht untersucht und als Ganzes oder in Teilen in drei Dimensionen begutachtet werden. So werden Fehlkonstruktionen, Materialdefekte oder andere von außen unzugängliche Bereiche exakt detektiert, charakterisiert und ausgewertet.

Übersteigt das Prüfobjekt die für eine komplette Aufnahme möglichen Dimensionen, wird es in Teilen aufgenommen und in der Nachbearbeitung präzise zusammengefügt.

Design and functionality

The 400-square-meter, 14-meter-high test hall boasts two 8-meter-high manipulation towers and a 3-meter-diameter turntable in addition to the 3-ton x-ray source and two detectors. A 4-meter-long line detector for detection of larger structures and a smaller flat panel detector with a higher resolution.

The object, which is positioned on the turntable by means of a crane, is automatically scanned line for line while rotating on its own axis. The beam energy can be varied depending on the material, size and wall thickness of the object. Maximum energy is 9 megaelectron volts (MeV), which is roughly 20 times the power of conventional industrial x-ray systems. The acquired data is reconstructed and visualized using in-house developed software. The object can then be inspected layer for layer and examined in 3D in whole or in part. This permits the precise detection, characterization and analysis of structural flaws and material defects or the examination of any other externally inaccessible areas.

If the object under test exceeds the dimensions for a single, complete scan, it is scanned in sections. The sections are then precisely assembled together during post-processing to provide an image of the entire object.

Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik
ein Bereich des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS
in Kooperation mit dem Fraunhofer IZFP

Fraunhofer Development Center X-Ray Technology
a division of Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS
in cooperation with Fraunhofer IZFP

Institutsleiter / *Director*

Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger

Bereichsleiter / *Head of Division*

Prof. Dr.-Ing. Randolph Hanke

Flugplatzstraße 75

90768 Fürth, Germany

info-ezrt@iis.fraunhofer.de

Ansprechpartner / *Contact*

Dr. Michael Böhnel

Telefon: + 49 911 58061-7660

Email: hochenergie-ct@iis.fraunhofer.de

www.iis.fraunhofer.de

Erfahren Sie mehr unter / For more information visit

www.iis.fraunhofer.de/xxl