



Der Blick ins Innere

Art & Technology 2023

Grußwort

Liebe Interessierte an Kunst und Wissenschaft,

die Ausstellung »Der Blick ins Innere« zeigt Bilder von leistungsfähigen Röntgenanlagen des Fraunhofer IIS. Sie führt den Blick in Objekte hinein und offenbart Strukturen und Details, die eine ganz eigene Ästhetik aufweisen. Ohne technische Unterstützung oder die Zerstörung des Objekts sind sie nicht sichtbar. Einige Bilder wurden behutsam eingefärbt, um Details hervorzuheben oder den Blick zu lenken. In der Tradition unserer Ausstellungsreihe Art & Technology verbindet die Ausstellung Kunst und Wissenschaft und ermöglicht es, die Augen für Neues zu öffnen und sich zu neuen Sichtweisen inspirieren zu lassen.

Entstanden sind die Bilder im Auftrag von Museen, die kulturelles Erbe dokumentieren oder Erkenntnisse über ihre Objekte erhalten wollen. Die Röntgentechnik kann zeigen, ob und wie Objekte repariert werden können oder bringt neue Erkenntnisse zum Aufbau und zur Zusammensetzung der Gegenstände. Viele historische Objekte schlummern auch in Archiven und können nur digital zugänglich gemacht werden. Auch sollen weltweite Standards entstehen, die eine vergleichbare Bildqualität gewährleisten.

Im Katalog finden Sie die Bilder der Ausstellung sowie die Geschichten zu ihrer Entstehung und den gewonnenen Erkenntnissen.

Wir wünschen Ihnen viel Inspiration bei der Lektüre.



Prof. Albert Heuberger
Institutsleiter
(geschäftsführend)



Prof. Bernhard Grill
Institutsleiter



Prof. Alexander Martin
Institutsleiter

Grußwort

Liebe Besucherinnen und Besucher,

Neugierde ist ein zentraler Motor unserer täglichen Arbeit als Forschende und eine Eigenschaft, die den Weg zu unzähligen Erkenntnissen und Entdeckungen ebnet. In der Welt der Wissenschaft ist es die innige Verbindung zwischen Frage und Antwort, die die Triebkraft für den Fortschritt bildet. Wir als Forscherinnen und Forscher werden von unserer Neugierde angetrieben, einen Blick ins Innere der Dinge zu ermöglichen.

Ich erinnere mich gut an eines unserer ersten Projekte mit dem Germanischen Nationalmuseum, bei dem wir eine rund 500 Jahre alte Henlein-Dosenuhr digitalisiert haben. Das komplex geformte und präzise zusammengesetzte Innere der Uhr zu erreichen, ohne diese zu zerstören, war mit herkömmlichen Mitteln absolut undenkbar. Mit unserer Technik haben wir unsere Kolleginnen und Kollegen des Museums in die Lage versetzt, das Objekt digital in seine Einzelteile zu zerlegen und so zahlreichen Rätseln auf die Spur zu kommen.

Die Erforschung und Untersuchung von einmaligem, unersetzlichem Kulturerbe treibt uns Forschende an und weckt Faszination. Modernste Röntgentechnik befähigt uns dazu, verborgene Details als Erste zu entdecken. Darüber hinaus ermöglicht sie Forscherinnen und Forschern aus aller Welt, auf digitalisierte Objekte zuzugreifen, die unter ihrer Oberfläche Details freigeben, die für das menschliche Auge durch bloße Betrachtung nicht sichtbar wären.



Dr. Norman Uhlmann

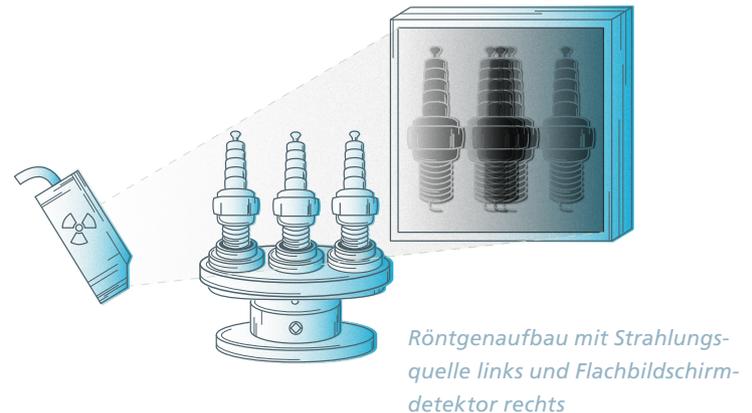
Bereichsleiter Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT

Physik als Pinsel: Unsichtbares wird sichtbar

Röntgenstrahlung ist – wie Licht – elektromagnetische Strahlung. Im Vergleich zu sichtbarem Licht mit 380 bis 780 Nanometern Wellenlänge ist Röntgenstrahlung tausend bis hunderttausendfach kurzwelliger und dadurch deutlich energiereicher. Röntgenstrahlung wird erzeugt, indem Elektronen mit Hochspannung beschleunigt und auf ein Stück Metall, das so genannte Target, gelenkt werden. Bei der Interaktion der beschleunigten Elektronen mit dem Targetmaterial, meistens Wolfram, erwärmt sich das Metall stark. Nur ein geringer Teil der Energie wird in Form von Röntgenstrahlung abgegeben. Die Energie der so erzeugten Röntgenstrahlung ist dabei abhängig von der Bewegungsenergie der auftreffenden Elektronen.

Auf der anderen Seite messen elektronische Flachbild- oder Zeilendetektoren pixelweise die Röntgenstrahlung, die das Objekt durchdrungen hat, und wandeln sie in ein digitales Graustufenbild um. Da die Strahlung von einem einzelnen Punkt ausgeht, handelt es sich um ein Projektionsbild, das die Intensitätsverteilung der geschwächten Röntgenstrahlung nach Durchquerung des Untersuchungsgegenstands zeigt.

Unter Computertomographie (CT) versteht man die computergestützte Berechnung von Schnittbildern (altgriechisch tomos: Schnitt) für wohldefinierte Ebenen innerhalb eines



dreidimensionalen Körpers. Grundlage für die CT ist eine Serie von Projektionsbildern des Objekts, wobei die Aufnahmen aus möglichst vielen unterschiedlichen Richtungen angefertigt werden.

Um die CT-Messung durchzuführen, wird das Objekt zwischen einer Strahlungsquelle, z. B. einer Röntgenröhre, und einer großflächigen Kamera, z. B. einem Flachbilddetektor, positioniert. Während das Objekt einmal um seine Achse gedreht wird, zeichnet der Flachbilddetektor die Serie von Durchstrahlungsbildern auf. Mit Hilfe einer mathematischen Vorschrift, dem Rekonstruktionsalgorithmus, werden diese in einem Computer so weiterverarbeitet, dass sich die dreidimensionale Verteilung der Massendichte im Objekt ergibt.

Bei der praktischen Durchführung ist es dabei ohne Belang, ob der Gegenstand im Strahlenkegel zwischen einer feststehenden Quelle und einem ebenfalls ortsfesten Detektor gedreht wird, oder die Quelle und der Detektor sich synchron um das ruhende Objekt drehen.

In der medizinischen CT ist das Untersuchungsobjekt ausschließlich der menschliche Körper, die Fragestellungen sind wohlbekannt. Um neuartige Fragestellungen an Objekten, die nie zuvor tomographiert wurden, zu bearbeiten, müssen eine Vielzahl der Aufnahmeparameter durch erfahrene Fachleute angepasst und optimiert werden. Am Entwicklungszentrum Röntgentechnik existiert ein breit aufgestellter Anlagenpark verschiedenster CT-Systeme. Damit kann ein Auflösungsbe- reich von Nanometer bis Millimeter abgedeckt werden.

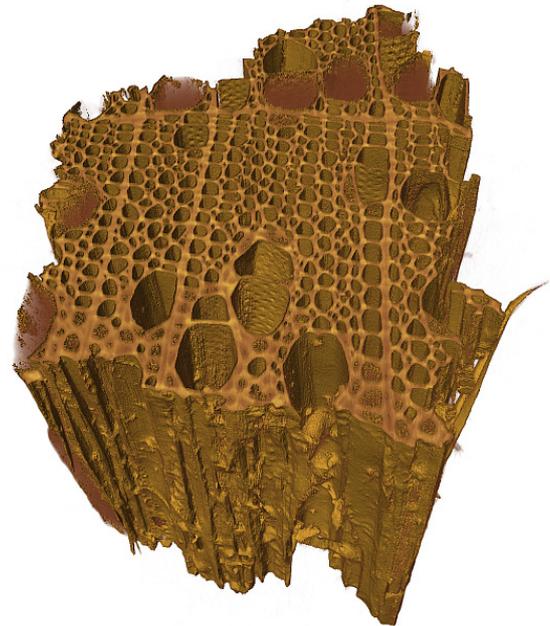
Eines dieser Systeme ist die sogenannte XXL-CT. Dabei handelt es sich um das weltweit größte öffentlich zugängliche CT-System. Die Verwendung eines Linearbeschleunigers mit maximal 9 Megaelektronenvolt (MeV) Röntgenenergie in Kombination mit einem 4 Meter langen Zeilendetektor und einem präzisen Manipulationssystem ermöglicht zahlreiche neuartige Anwendungen. Die Hochenergie-CT erlaubt erstklassige zerstörungsfreie Analysen auch an Objekten mit großen Abmessungen wie beispielsweise kompletten Hubschraubern oder Fahrzeugen, Frachtcontainern mit Inhalt, Klavieren und Statuen. Auch Materialien hoher Dichte wie Stahl, Blei oder Platin können hinsichtlich der äußeren wie inneren Struktur, konstruktiver Details, Abmessungen sowie verborgener Inhalte untersucht werden.

*Text von Dr. Theobald Fuchs, Chief Scientist
Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT*



Unser zerstörungsfreies Monitoring umfasst den gesamten Produktlebenszyklus, angefangen vom Rohstoff über die Produktion bis zum Recycling.«

Dr. Norman Uhlmann
Bereichsleiter Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT



*Deutlich erkennbar ist die
Struktur eines Holzstücks*

Zusammenarbeit mit Museen

Die Digitalisierung des Kulturerbes stellt sowohl eine Herausforderung als auch eine nie dagewesene Chance zur Erschließung vergessener, unerkannter und bisher unzugänglicher Wissensquellen dar. Angesichts der überwältigenden Fülle und Vielfalt bedarf es einer Systematik und optimierter Prozesse zur virtuellen Erfassung historisch bedeutsamer Objekte in Sammlungen und Museen. Demnach besteht hier beträchtlicher Bedarf nach methodischer, technischer und prozeduraler Entwicklung. Bereits heute lässt sich absehen, dass eine massenweise Digitalisierung von naturkundlichen, kunst-, kulturwissenschaftlichen und technischen Sammlungen ein unabsehbar weites Betätigungsfeld für datenbasierte Forschung und die Wissenschaft eröffnen wird.

Das Entwicklungszentrum Röntgentechnik des Fraunhofer IIS beschäftigt sich bereits seit über zehn Jahren mit der Digitalisierung einmaliger Kulturschätze. Die Forschenden am Standort Fürth verfügen über einen einmaligen Anlagenpark an Computertomographie-Systemen, um nahezu alle Hürden der Digitalisierung von Objekten nehmen zu können, ohne dabei die unersetzbaren Gegenstände zu beschädigen: Von hochenergetischer Untersuchung für besonders große und massive Objekte, über hochflexible robotergestützte Computertomographie bis hin zu höchstauflösenden Systemen, können wir für nahezu jede Fragestellung das passende Instrument zur Verfügung stellen.

Mithilfe der eingesetzten Röntgentechnik gewinnen wir Erkenntnisse über den Aufbau und die Zusammensetzung der Gegenstände. Dies versetzt Experten und Expertinnen in die Lage zu entscheiden, ob und wie Objekte idealerweise restauriert werden können. Gleichzeitig wird Röntgentechnik eingesetzt, um historische Objekte zeit- und ortsunabhängig digital zugänglich zu machen. Forschende auf der ganzen Welt können somit bisher noch nicht erkannte Zusammenhänge verschiedener Kulturgüter herstellen. Auch verborgene Schätze in Archiven können somit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden – schließlich sind Museen üblicherweise in der Lage nur einen schwindend geringen Teil ihrer Sammlung auszustellen.

Aufgrund dieser einmaligen Möglichkeiten sowie der umfangreichen Expertise im Umgang mit kulturhistorischen Artefakten vertrauen uns Kunden, Sammler und Museen aus aller Welt. Die Art-und-Technology-Ausstellung mit besonderen Röntgenaufnahmen von Museumsobjekten präsentiert einen Ausschnitt jahrelanger Forschungsarbeit.



IM N-
DES KREUZGHT
VIERTEL BEI GRABUNG
LFD NBG. GEFUNDEN

*Knochenflöte des Germani-
schen Nationalmuseums
und 3D-Druck*



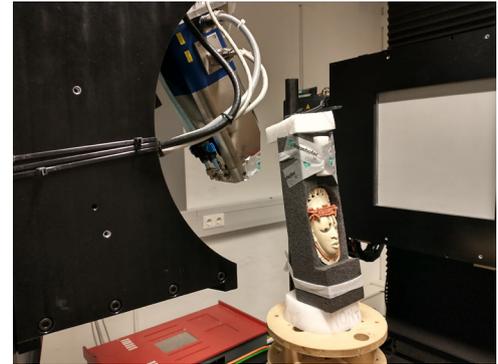
*Podcast mit Prof. Dr. Tomas Sauer
www.iis.fraunhofer.de/kunst*

Ein Auszug aus unseren Projekthighlights

Mumien und Masken

In Kooperation mit dem Linden-Museum Stuttgart wurden zwei besondere Objekte mittels Röntgentechnik digitalisiert: eine peruanische Mumie und eine Elfenbeinmaske. Am Beispiel der Mumie wird besonders deutlich, dass Einblicke ins Innere ohne Beschädigung sonst nicht möglich wären und auch aufgrund des Respekts vor Human Remains ohnehin nicht zulässig. Der hochaufgelöste Scan umfasst eine Größe von ca. einem Terrabyte an Daten. Um Datenmengen dieser Größenordnung effizient verarbeiten zu können, wurden eigene Kompressions- und Visualisierungsverfahren entwickelt. Die Elfenbeinmaske der Iyoba Idia (Inv. Nr. F 50565) wurde in Absprache mit der National Commission for Museums and Monuments (NCMM) in Nigeria digitalisiert, bevor sie im Januar 2023 nach Benin restituiert wurde. Ziel war einerseits die Feststellung des Erhaltungszustands, der sich als sehr gut erwies und andererseits die Herstellung einer 3D-gedruckten Kopie für eine Sonderausstellung »Benin: Restitution als Prozess« im Linden-Museum. Die Herausforderungen bestanden darin, eine möglichst genaue Messung durchzuführen und die Oberfläche der Maske für die Druckvorbereitung genau zu extrahieren.

Beide Beispiele zeigen, dass neben den technischen Möglichkeiten und den Kompetenzen in der Durchführung qualitativ hochwertiger CT-Scans auch Methoden und Technologien zur Datennachverarbeitung, -analyse und -visualisierung unerlässlich sind.



Die Elfenbeinmaske aus der Benin-Sammlung des Linden-Museums in Stuttgart. Sie wurde zusammen mit den Benin-Bronzen vor der Rückgabe in Fürth tomographiert.

*Digitalisierung in Museen:
Wie wir das Geheimnis einer peruanischen Mumie lüfteten – Beitrag im Online-Magazin des Fraunhofer IIS.
www.iis.fraunhofer.de/mumie*





Die Mumie wird im Tomomat geröntgt.



Das Röntgenbild der Mumie

Historische Musikinstrumente

Im Rahmen des Projekts MUSICES wurden insgesamt über hundert Einzelstücke historischer Musikinstrumente innerhalb von drei Jahren digitalisiert. Ziel war eine möglichst hohe dreidimensionale Auflösung bei gleichzeitig minimaler Einwirkung auf die Instrumente zu realisieren. Aus diesem Grund bestand das Projektteam nicht nur aus Forschenden des Entwicklungszentrums Röntgentechnik, sondern wurde um Mitarbeitende des Germanischen Nationalmuseums Nürnberg erweitert. Anschließend wurden alle Messungen gemeinsam geplant, relevante Prüfparameter diskutiert und spezielle Halterungen für die Objekte angefertigt, um sie röntgentechnisch optimal und gleichzeitig sicher in den Anlagen zu platzieren. Zum Einsatz kamen beispielsweise Vakuumkissen und Styropor-Formen. Zudem wurde das Raumklima überwacht und gegebenenfalls die Luftfeuchtigkeit angepasst, um ideale Bedingungen zu gewährleisten.

Je nach Objektklasse kamen unterschiedliche Anlagen zum Einsatz: Klaviere wurden in der Linac-CT untersucht, hölzerne Streich- und Blasinstrumente in der Mikro-CT, Trompeten und andere Blasinstrumente aus Messing in der 600 kV-Anlage. Für eine bessere Darstellung wurden manche Instrumente mehrfach gemessen, um problematische Stellen, wie beispielsweise Bereiche rund um die metallische Klappen bei Klarinetten, Oboen und Fagotten optimal abbilden zu können. Im Rahmen dieses Projekts wurden schrittweise Empfehlungen zum Umgang mit historisch bedeutsamem Kulturgut erstellt.



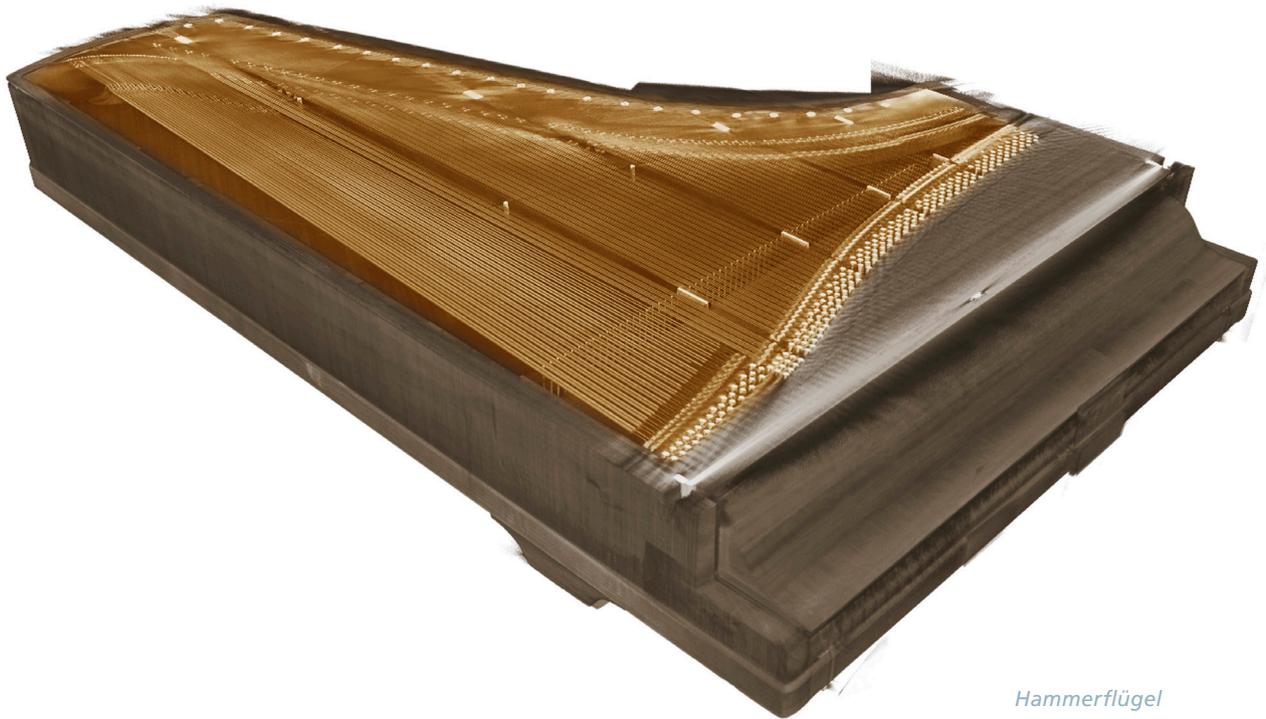
Flügel in der XXL-Röntgenhalle

Das Projekt Musices
www.iis.fraunhofer.de/musices





Chinesische Mundorgel Sheng



Hammerflügel



Hamburger Cithrinchen



Trompete



*Blechblasinstrument
Zink*



Bassgitarre

Von XXL bis massiv

Eine besondere Herausforderung stellen sehr große Objekte oder Fundstücke aus massiven Material dar. Darunter zählt einer der besterhaltenen Tyrannosaurus-Rex-Funde aller Zeiten, der auf ein Alter von 66,4 Millionen Jahren datiert wird. Alleine der Schädel dieses Exemplars wiegt um die 500 Kilogramm. Um das fragile Skelett möglichst detailgetreu abzubilden, wurden die Überreste des T. Rex einschließlich der ihn umgebenden Gesteinsschichten in der XXL-CT-Anlage untersucht. Die hochaufgelösten Messergebnisse lassen zuverlässig Rückschlüsse auf verborgene Bruchstellen zu, die die Aufbereitung des Fundes enorm erleichtern.

Ebenso wurden in der XXL-CT-Halle beispielsweise auch 60 Chiffriermaschinen aus Metall von den 1870er-Jahren bis in die 1990er-Jahre aus der Sammlung des Deutschen Museums untersucht, deren detailliertes Innenleben und Funktionsweise bislang nicht vollständig geklärt werden konnten. Mittels Röntgentechnik konnten so neue Erkenntnisse über die Konstruktion gesammelt werden, ohne die Geräte zu öffnen. Ein speziell eingebauter Mechanismus sorgt nämlich dafür, dass beim Öffnen des Gehäuses das Innere unwiderruflich zerstört wird. Bei der Durchführung der Messungen wurden fünf Chiffriermaschinen mittels eines eigens entwickelten Manipulationsmechanismus zeitgleich gescannt, um die verhältnismäßig lange Aufnahmezeit dieser Sammlung effizient zu gestalten. Die anschließend entstandenen 3D-Modelle stehen heute auch Besucherinnen und Besuchern des Deutschen Museums zur Verfügung.

Wir sind stolz darauf, auch in Zukunft einen entscheidenden Beitrag zur Digitalisierung des Kulturerbes leisten zu können, um einerseits die Forschung voranzutreiben, aber auch die Erhaltung dieser kostbaren Gegenstände zu ermöglichen.



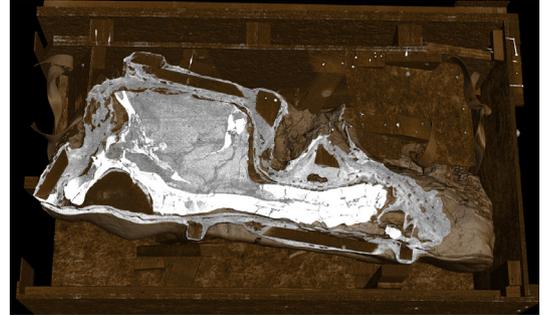
Blick in die XXL-CT-Halle

XXL-Computertomographie
www.iis.fraunhofer.de/xxl





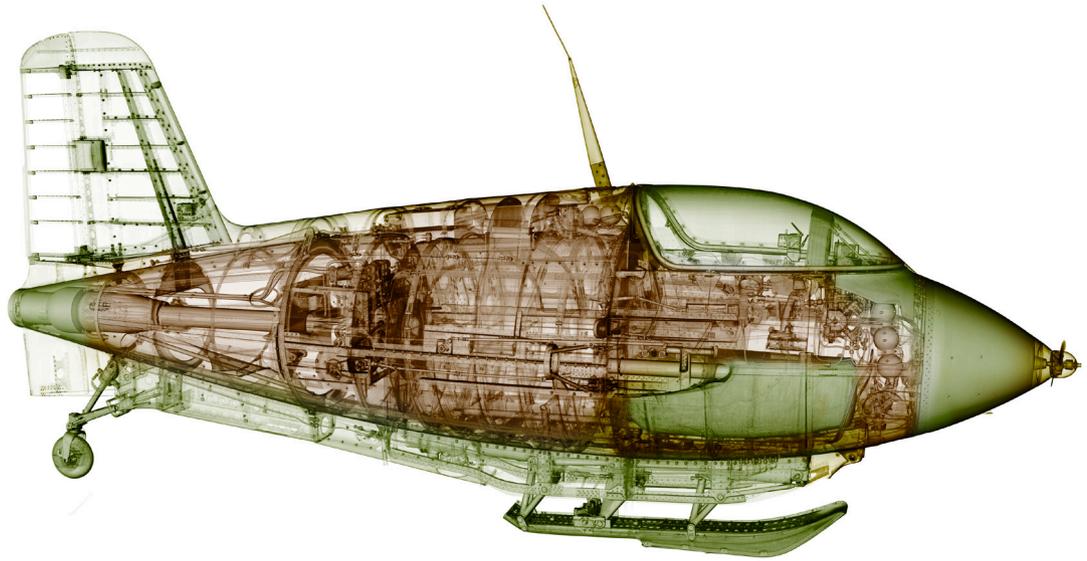
Der Schädel wurde in einer Transportbox angeliefert



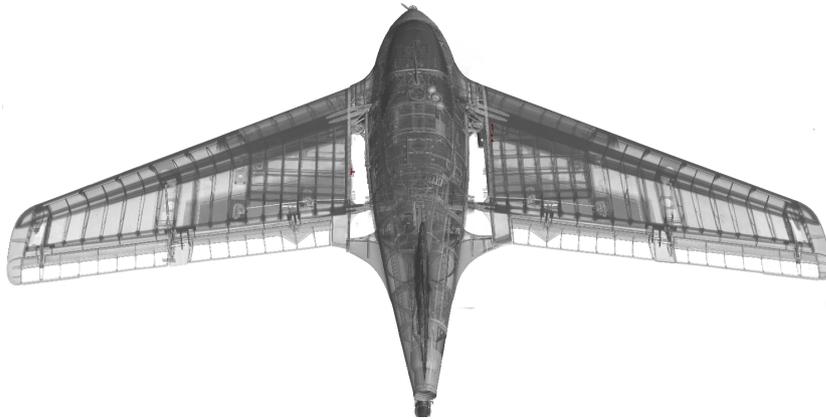
Erste Schichtaufnahme des Schädels in der Transportbox

Das präzise Tomographieren des Schädels begünstigt die Konservierung und Präparation. Unerwartete Überraschungen wie beispielsweise verborgene Bruchstellen können im Vorfeld zuverlässig erkannt und bei der Aufbereitung berücksichtigt werden. Mit den Röntgen-daten lassen sich zudem mittels 3D-Druckverfahren original-getreue Kopien des Skeletts anfertigen.

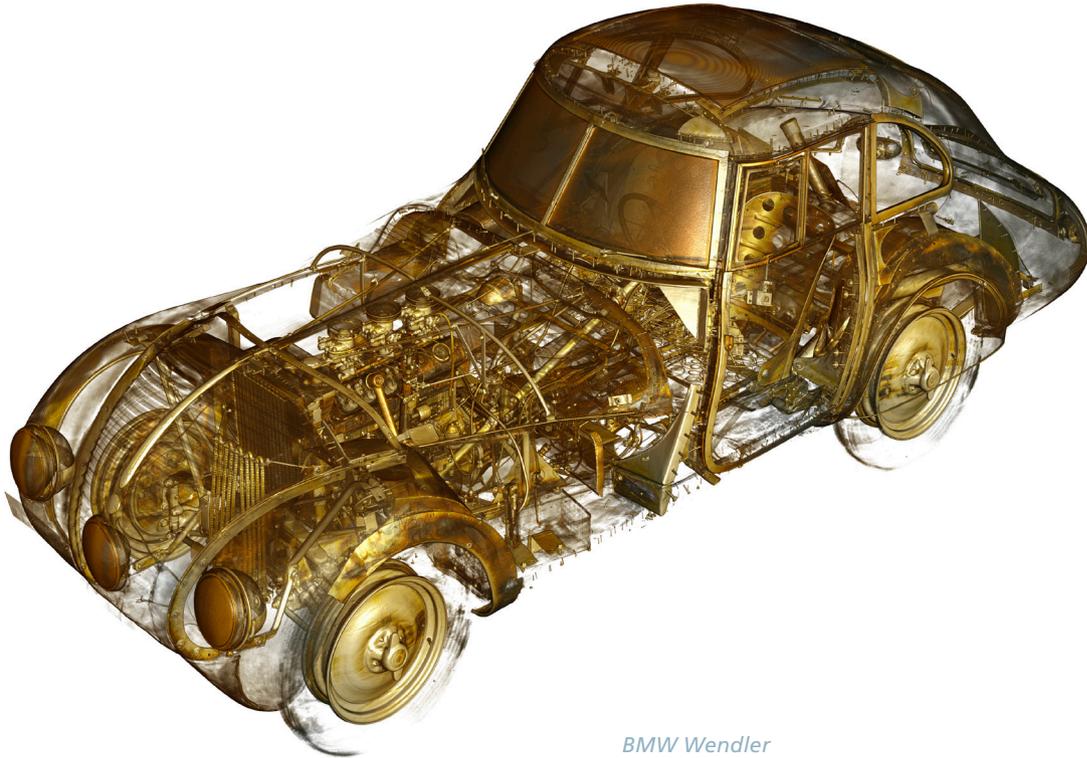




*XXL-Computertomographie
der Messerschmitt Me 163*



Die entstandenen Computertomographie-Daten nutzen die Kuratoren für Historische Luftfahrt insbesondere zu Forschungszwecken und um neue Erkenntnisse zur Geschichte der Maschine zu gewinnen.

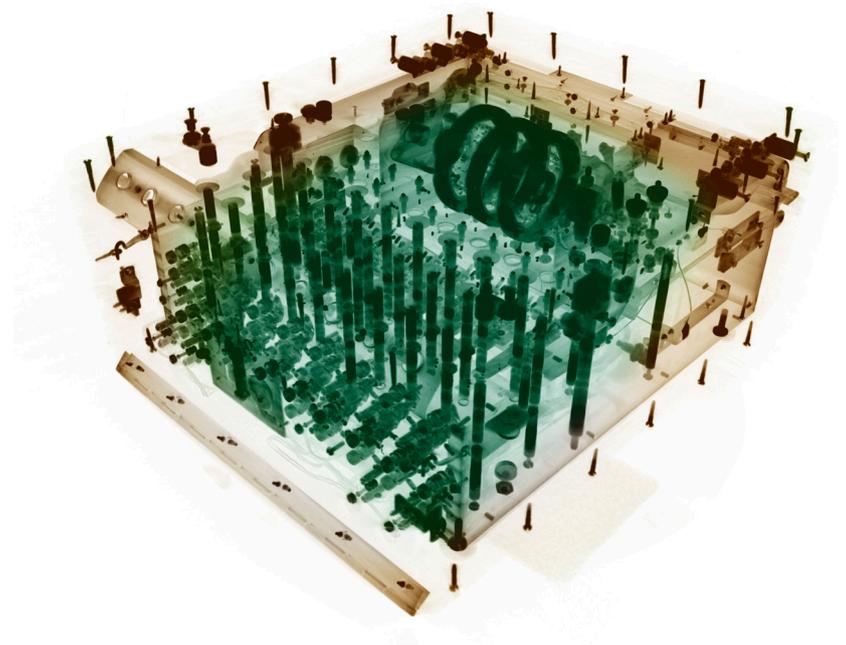


BMW Wendler

Die zerstörungsfreie Untersuchung sollte v.a. diese Fragen beantworten:

- Analyse der Konstruktion (Rahmen, Holz-Holz- und Holz-Metall-Verbindungen)*
- Analyse der Verformungen und deren Ursache*
- Entwicklung eines konservatorischen Behandlungsplans*
- Geschichte des Wagens und Provenienz.*

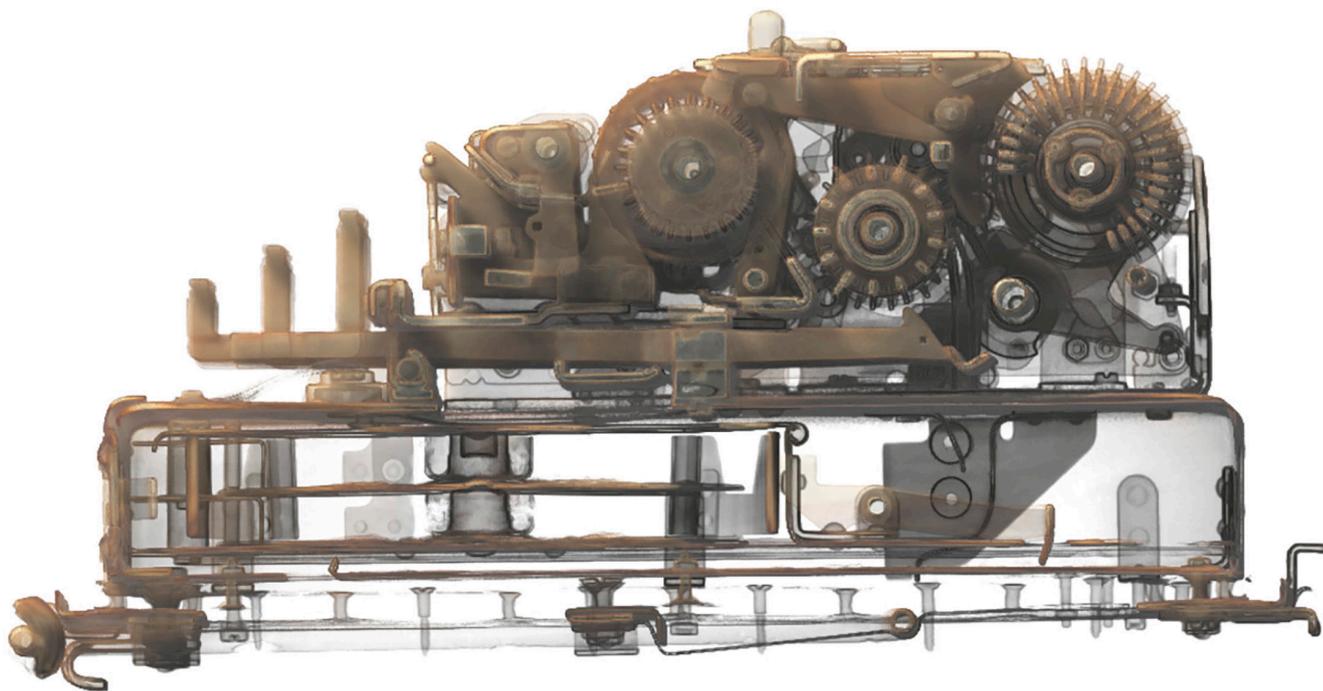
Die Untersuchung wurde vom Lehrstuhl für Konservierungswissenschaft des Deutschen Museums gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft der Technischen Universität München durchgeführt.



Chiffriermaschine SG-41 von 1943

Im Rahmen der eHeritage-Förderung wurden ca. 60 Chiffriergeräte aus der Kryptografie-Sammlung des Deutschen Museums mittels CT-Scans erschlossen und der Öffentlichkeit als Open Data zur Verfügung gestellt.

Das Schlüsselgerät SG-41 gilt als Nachfolger der Heeres-Enigma-Dechiffriergeräte. Durch einen verbesserten, unregelmäßigen Chiffrieralgorithmus sind bedeutend mehr Verschlüsselungskombinationen möglich. Die Maschine wurde im Jahr 2017 durch Hobby-Schatzsucher im Waldboden in der Nähe von Ayin entdeckt. Die aufbereiteten Daten dienen Forschenden bei der lückenlosen Rekonstruktion des Verschlüsselungsalgorithmus.



*Durchleuchtet: Die letzten Geheimnisse
der Chiffriermaschinen*
www.iis.fraunhofer.de/chiffriermaschinen



Historische Uhren

Hals- oder Taschenuhr mit Astrolabium



Die Uhr aus dem letzten Drittel des 16. Jahrhunderts wurde im Auftrag der Hessen Kassel Heritage untersucht.

Von besonderem Interesse waren die innenliegenden Zahnräder, welche mittels Röntgenstrahlung sichtbar gemacht werden konnten.

Unter dem durchbrochenen Deckel der Uhr liegt ein Astrolabium mit Sonnenzeiger, der laut Inschrift den wahren Ort der Sonne anzeigt. Die Untersuchung sollte Aufschluss darüber bringen, ob diese Funktionsweise wirklich zutrifft.



Historische Uhren

Dosenförmige Taschenuhr, so genannte »Henlein-Uhr«

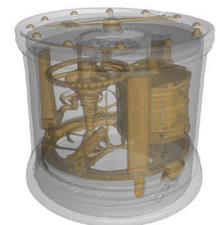
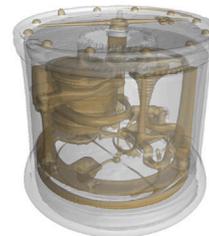


Foto: Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg

Bei der Henlein-Dosenuhr war das Germanische Nationalmuseum Nürnberg daran interessiert, das tatsächliche Alter der Uhr zu bestimmen.

Im Deckel der Uhr befindet sich eine gefälschte Signatur des Nürnberger Uhrmachers Peter Henlein samt der Jahresangabe 1510. Entspräche die eingeprägte Datierung der Wahrheit, so wäre die Henlein-Uhr die älteste kleinformatige mobile Taschenuhr der Welt.

Die röntgentechnologischen Untersuchungen ergaben, dass das Uhrwerk zwar dem Typ nach aus Peter Henleins Zeit stammt, die Uhr selbst jedoch erst im 19. Jh. zusammengefügt wurde. Damit ist sie ein »Kompilat« aus älteren und neuen Bauteilen, und, anders als vermutet, nicht die älteste Taschenuhr der Welt.



Reliquiengefäß



Foto: Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg

Das Germanische Nationalmuseum Nürnberg wollte die vermeintlich im Glas befindlichen Knochen und Papierreste untersuchen lassen, ohne die geschlossene Wachsversiegelung zu beschädigen. Technisch herausfordernd dabei war es, die verschiedenen Materialien und Schichten innerhalb des Objekts zu erfassen und das beschriftete Papier virtuell zu extrahieren, um die darauf befindliche Schrift lesbar zu machen.

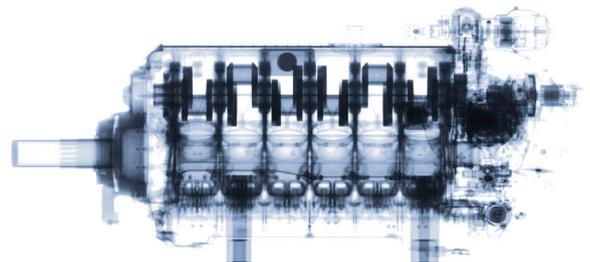
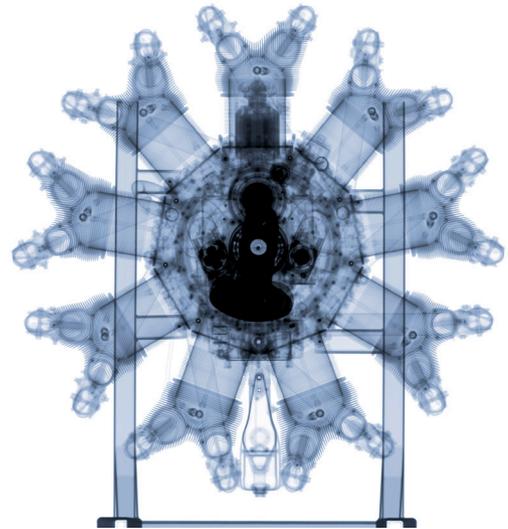
www.iis.fraunhofer.de/kulturerbeforschung



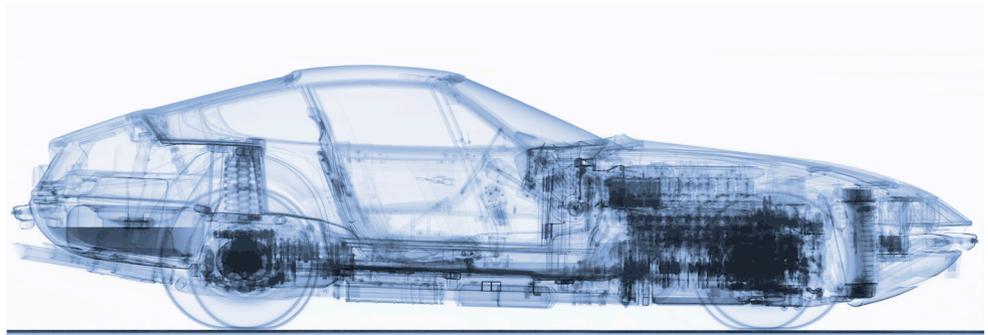
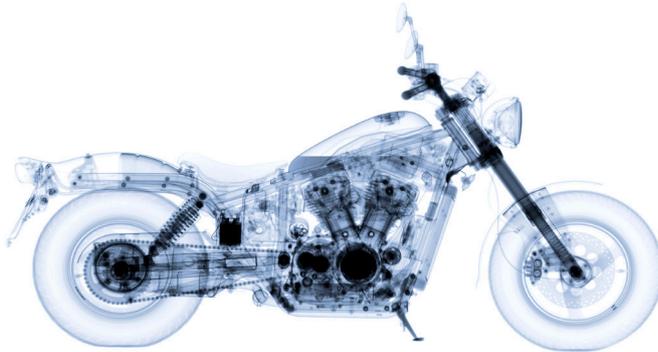
Das Leistungsangebot des Entwicklungszentrums Röntgentechnik EZRT

Optik, Magnetresonanz, Röntgen – von winzig klein bis riesen-
groß – das Entwicklungszentrum Röntgentechnik ist ein inter-
national führendes Zentrum für die industrielle Röntgentechnik.
Die Fachabteilungen bieten Lösungen von optischen 3D-Mess-
systemen über industrielle Röntgenkameras bis hin zu schlüssel-
fertigen Röntgensystemen für Fertigungsebenen.

Der Service bewegt sich entlang der gesamten Datenpyramide,
also von der Erzeugung der Daten über die Verknüpfung und
Anreicherung bis hin zur Entscheidungshilfe für den Kunden.



Motoren und unterschiedlichste Fahrzeuge sind Gegenstände der Untersuchungen am Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth



Geschichte des Röntgens

Am 8. November 1895, »zu später Abendstunde, in der sich keine dienstbaren Geister mehr im Laboratorium befanden«, bereitet der Würzburger Physikprofessor Wilhelm Conrad Röntgen eines seiner Experimente vor. Er möchte die Leuchtfähigkeit von Gasen testen, indem er mithilfe von elektrischem Strom Gasentladungen in einer Vakuumröhre aus Glas erzeugt. Er dunkelt sein Labor ab, wickelt die Glasröhre in schwarzes Papier, schaltet den Strom ein – und sein Blick fällt auf ein nebensächliches, scheinbar belangloses Phänomen: Ein Leuchtschirm, der zufällig neben der lichtdicht verpackten Röhre auf einem Tisch liegt, beginnt in der Dunkelheit des Labors grün zu leuchten. Selbst Holz, Papierhefte und ein rund 1000 Seiten dickes Buch können die wunderlichen Strahlen nicht aufhalten, Platin und Blei hingegen schon. Röntgen hält seine Hand in die Strahlen und macht die wohl aufregendste Entdeckung seines Lebens: Auf dem Leuchtschirm sieht er die Schatten seiner Handknochen.

So begann vor über hundert Jahren die Geschichte des Röntgens. Heute hat sich das Entwicklungszentrum Röntgentechnik (EZRT) des Fraunhofer IIS zu einem der bedeutsamsten Forschungszentren für industrielle Röntgentechnik weltweit entwickelt. Die Fachabteilungen bieten Lösungen von optischen 3D-Messsystemen über industrielle Röntgenkameras bis hin zu schlüsselfertigen Röntgensystemen für Fertigungsebenen.

Der Hauptsitz des Entwicklungszentrums ist in Fürth, weitere Standorte befinden sich in Würzburg, Deggendorf und Passau. Eine enge Zusammenarbeit besteht auch mit dem Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in Saarbrücken.



Professor Wilhelm Conrad Röntgen im Jahr 1890



*Das aufsehenerregendste der ersten Röntgenbilder: Bertha Röntgens Handknochen mit Ehering
Foto: Deutsches Röntgen-Museum*



*Die Entdeckung der Röntgenstrahlen
www.iis.fraunhofer.de/ezrt/roentgengeschichte*



*Entwicklungszentrum Röntgentechnik (EZRT) des Fraunhofer IIS
www.iis.fraunhofer.de/ezrt*

Impressum

Herausgeber

*Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger (geschäftsführend)
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Grill
Prof. Dr. Alexander Martin
Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen*

*Telefon +49 9131 776-0
info@iis.fraunhofer.de
www.iis.fraunhofer.de*

Redaktion

*Patricia Petsch (Leitung), Thoralf Dietz, Miriam Doll,
Vanessa Jelito, Thomas Kestler*

Redaktionelle Mitarbeit

*Dr. Michael Böhnel, Dr. Theobald Fuchs, Dr. Thomas Lang,
Nils Reims, Prof. Dr. Tomas Sauer, Gabriele Scholz,
Dr. Norman Uhlmann*

Layout und Produktion

Ariane Ritter

Druck

Nova-Druck, Nürnberg

Kontakt

*Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Unternehmenskommunikation
Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen
Telefon +49 9131 776-1631
presse@iis.fraunhofer.de*

Bildquellen

Fraunhofer IIS, wenn nicht anders angegeben

Alle Rechte vorbehalten.

*Vervielfältigung und Verbreitung nur mit Genehmigung
der Redaktion.*

© Fraunhofer IIS

Erlangen, September 2023

**Fraunhofer-Institut für
Integrierte Schaltungen IIS**

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
(geschäftsführend)
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Grill
Prof. Dr. Alexander Martin

Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen

Kontakt
Patricia Petsch
Telefon +49 9131 776-1637
pr@iis.fraunhofer.de
www.iis.fraunhofer.de

*Chiffriermaschine aus der Sammlung
des Deutschen Museums in München*

