

Röntgen XXL

Ein überdimensionaler Computertomograph erlaubt einen Blick ins Innere von tonnenschweren Objekten: beispielsweise gecrash-ten Autos, Flugzeugtriebwerken, Kunstschätzen und fossilen Saurierknochen.

Text: Monika Weiner

Der größte Computertomograph Europas steht im Fraunhofer-Entwicklungszentrum für Röntgentechnik EZRT in Fürth. Üblicherweise werden hier Bauteile oder Frachtcontainer geröntgt. Doch inzwischen treffen auch Anfragen von Kunsthistorikern und Paläontologen ein. © Kurt Fuchs

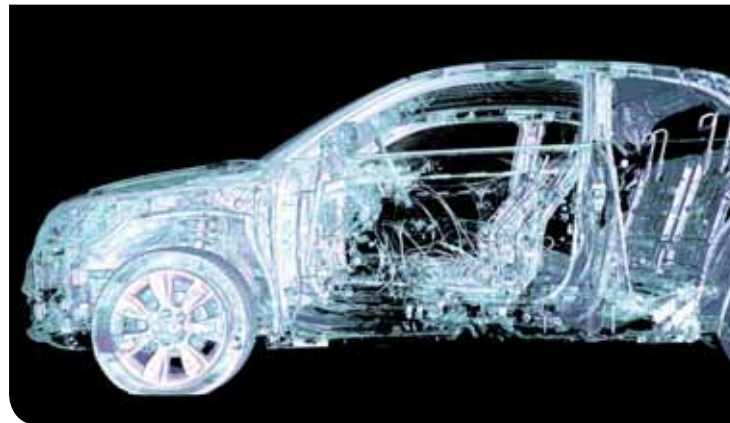


Schon Aristoteles wusste: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Wer nur Einzelteile untersucht, dem entgehen möglicherweise entscheidende Informationen. So ist es in der Philosophie, Soziologie und auch in der Materialforschung. Doch bisher hatten die Ingenieure oft keine andere Wahl: »Viele Objekte sind zu sperrig, zu schwer oder zu dickwandig, um sie mit den verfügbaren zerstörungsfreien Prüfverfahren zu analysieren«, erklärt Dr. Michael Böhnel vom Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth. So musste man beispielsweise Autos, die im Crashtest bewusst gegen die Wand gefahren worden waren, erst in Einzelteile zerlegen, bevor relevante innere

Strukturen oder Bauteilgruppen im Zuge der Crashanalyse näher untersucht werden können. Diese Vorgehensweise ist, so Böhnel, nicht nur mühsam, sondern auch fehleranfällig: »Die Summe der Einzelteile ergibt nicht exakt die ursprüngliche Form, weil sich Komponenten bei der Demontage entspannen und sich damit die räumliche Lage im Fahrzeug verändert.«

Auf's Ganze gehen

Autobauer standen damit vor einem Dilemma: »Sie müssen reale Crashtests durchführen, weil nur diese wirklich zeigen, was im Falle eines Unfalls passiert. Doch Crashtests sind teuer, da



Im Auge des Computertomographen: Ein Auto offenbart sein Innerstes.
© Fraunhofer IIS

Im Auftrag der Kunsthalle Würth wurde ein rund 450 Jahre alter Pokal geröntgt. Aufgrund der aufwändigen Beschaffenheit des Objekts konnte der Scan nur mit der weltweit einzigartigen XXL-Computertomographie-Anlage in Fürth umgesetzt werden. Die erzeugten Daten wurden für die Herstellung einer originalgetreuen Kopie des Pokals benötigt.
© Sammlung Würth

sie das Fahrzeug zerstören. Außerdem liefern sie erst ein Ergebnis, wenn das Auto schon gebaut ist. Die Ingenieure versuchen daher schon während der Konstruktionsphase mit Hilfe von Simulationen die Ergebnisse des Crashtests vorzuberechnen. Auf diese Weise können sie Sicherheitsrisiken frühzeitig erkennen und eliminieren«, sagt Böhnel. Damit das klappt, müssen die Simulationsprogramme ständig überprüft und optimiert werden.

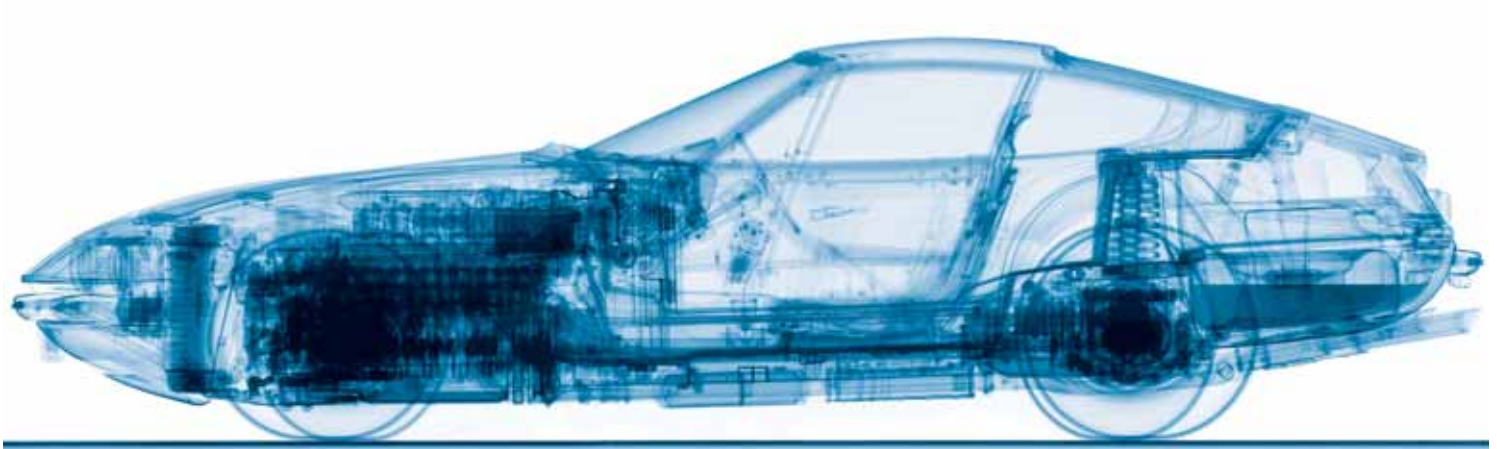
Und genau dazu benötigt man die realen Daten aus den Crashtests. Die Erfassung der tatsächlichen Verformung der Karosserie ist daher enorm wichtig. Hundertprozentig fehlerfrei geht

das nur, wenn man die Fahrzeuge als Ganzes vermisst und analysiert – bisher ein Ding der Unmöglichkeit.

Der XXL-Computertomograph am EZRT schließt diese Lücke. Mit ihm lassen sich Crashfahrzeuge durchleuchten und digital erfassen, ohne auch nur eine Schraube zu lösen. Ähnlich wie in der Medizintechnik werden mit Röntgenstrahlen Schichtbilder aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen, an einen Rechner weitergeleitet und dort zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt. Doch während das CT im Krankenhaus in einem normalen Behandlungsraum Platz findet, ist in Fürth alles überdimensional:

Der XXL-Computertomograph füllt eine 400 Quadratmeter große Halle. Der Drehteller, auf dem ganze Autos abgesetzt werden können, hat einen Durchmesser von drei Metern. Die Röntgenquelle, ein schrankgroßer Siemens-Linearbeschleuniger, der höhenverstellbar an einer der Wände installiert ist, erzeugt mehrere Megaelektronenvolt starke Strahlung.

»Viele Objekte sind zu sperrig, zu schwer oder zu dickwandig, um sie als Ganzes mit zerstörungsfreiem konventionellen 3D-Röntgenverfahren zu analysieren«, erklärt Dr. Michael Böhnel vom EZRT. Für den Menschen wäre die hochenergetische Röntgenstrahlung lebensgefährlich,



CT-Blick ins Innere eines Ferrari.
© Fraunhofer IIS/ Nick Veasey

die Halle ist daher mit dicken Wänden hermetisch von der Außenwelt abgeschirmt. Ein eigens entwickeltes Sicherheitssystem überprüft, ob alle Mitarbeiter, die den Raum betreten haben, wieder draußen sind, bevor die Untersuchung beginnt.

Autos, Saurier und andere Giganten

Hinter verschlossenen Türen beschießt der Linearbeschleuniger die zu untersuchenden Objekte mit hochenergetischen Photonen. Weil die Lichtteilchen von verschiedenen Materialien unterschiedlich absorbiert werden, entsteht auf der gegenüberliegenden Seite des Raums ein Schattenmuster. Dieses wird von einer Detektor-Einheit registriert: Wo dichte Metalle oder mehrere Materialschichten hintereinander durchstrahlt werden, kommen weniger Photonen an; Hohlräume, Kunststoff- oder Leichtbauteile hingegen absorbieren wenig, hier erreicht viel Röntgenstrahlung den Detektor. Theoretisch lassen sich so aus der Lichtintensität direkte Rückschlüsse auf das Innenleben des Objekts ziehen.

Ähnlich wie in der Medizintechnik werden mit Röntgenstrahlen Durchstrahlungsbilder aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen, an einen Rechner weitergeleitet und dort zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt. Dieser registriert nur Photonen, die horizontal auftreffen, Streustrahlung aus der vertikalen

Richtung wird ausgeblendet. Da der Zeilendetektor immer nur eine Ebene erfasst, muss die Messung allerdings in unterschiedlichen Höhen wiederholt werden. Aus hunderten von Zeilen kann man dann ein zweidimensionales Bild zusammensetzen. Für eine 3D-Aufnahme muss das Objekt zusätzlich aus verschiedenen Blickwinkeln gescannt werden. Dies erreichen die Forscher, indem sie den Drehtisch nach jedem Messzyklus ein paar Winkelgrade weiterbewegen. Das dauert: Für die komplette XXL-Tomographie eines Autos benötigt die Anlage mehrere Tage. Dabei werden mehrere Gigabyte Daten erzeugt, aus denen die angeschlossene Software die gewünschten 3D-Bilder errechnet.

Die weltweit einzigartige Anlage eröffnet damit im wahrsten Wortsinn neue Dimensionen in der zerstörungsfreien Prüfung. Die Fraunhofer-Forscher haben in ihrem XXL-CT neben Autos auch schon Flugzeugmotoren, einen Saurierschädel und zahlreiche Kunstgegenstände untersucht. Dabei kommen mitunter erstaunliche Details zum Vorschein: In einer angeblich historischen Büste stieß das Team auf die Spuren eines modernen Gewindes.

Der Aufwand ist freilich enorm: Die Objekte müssen nach Fürth gebracht, mit einem Kran in die Halle gehoben, auf dem Drehtisch platziert und am Ende der Messung wieder abtransportiert werden. »Die Anlage ist ein Prototyp und wird intensiv als Forschungsanlage genutzt«,

sagt Böhnel. »Wir zeigen hier, was möglich ist. Die Hochenergie-Computertomographie eignet sich durchaus für Routinemessungen, auch für Industrieunternehmen am eigenen Standort.« Dafür müsse die Technik allerdings so modifiziert werden, dass sie passend für den Einsatzzweck konfiguriert wird und sich ohne große Vorkenntnisse bedienen lasse.

Die Liste der möglichen Anwendungen ist lang: Die Hersteller von Triebwerken könnten mit XXL-CT die Montage überprüfen. Zollfahndern würde die Technik helfen, Gefahrgut und Schmuggelware in Containern aufzuspüren. Automobilbauer bekämen die Möglichkeit, Bauteile aus Gusseisen, beispielsweise Turbolader-Gehäuse, mit Röntgenlicht zu untersuchen. Und last but not least könnten die Ingenieure auch endlich Crashtest-Ergebnisse auswerten, ohne das Fahrzeug vorher zerlegen zu müssen.

Neue Software wird entwickelt

Damit das alles noch einfacher und bequemer geht, wollen die Fraunhofer-Forscher ihren Industriekunden demnächst eine Software anbieten, die die CT-Bilder auch gleich umrechnet in CAD-Datensätze. Die Entwickler in der Automobilindustrie können die Ergebnisse des Crashes dann sofort benutzen, um ihre Simulationsprogramme weiter zu optimieren und die Fahrzeuge der Zukunft noch sicherer zu machen. ■