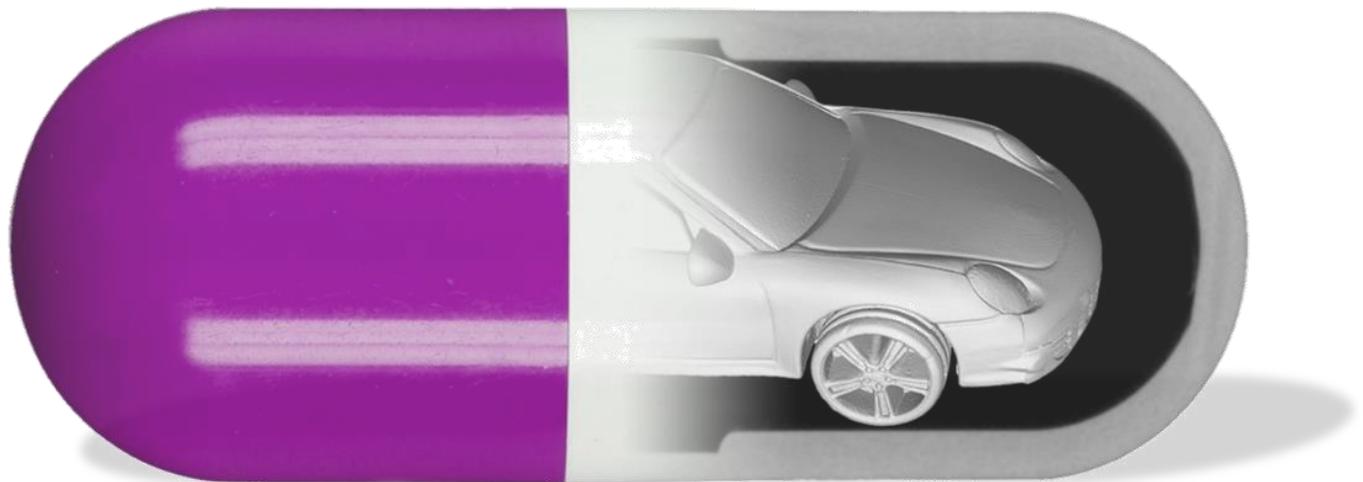


Fokus Analytik

NEWSLETTER DER RD&I ANALYTICS

April 2024

Hochauflösende Computertomographie – Durchblick bis ins kleinste Detail



OB FÜR DIE ENTWICKLUNG VON FUNKTIONALEN BAUTEILEN ODER FÜR DIE OPTIMIERUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN – BILDGEBENDE, METROLOGISCHE UNTERSUCHUNGSVERFAHREN SIND HEUTZUTAGE EIN WICHTIGER BESTANDTEIL IN DER EFFIZIENTEN MATERIAL- UND METHODENENTWICKLUNG.

Während die meisten bildgebenden Verfahren nur die Oberfläche abbilden können, ermöglicht die hochauflösende Computertomographie (μ -CT) zusätzlich einen Blick ins Innere der Objekte. Auf diese Weise können zerstörungsfrei und ohne Präparationsaufwand z.B. Mehrschicht- bzw. Mehrkomponen-

tensysteme schnell und präzise untersucht und dabei gleichzeitig als dreidimensionales Modell detailliert betrachtet werden. Mithilfe unseres μ -CTs können wir beispielsweise die Ausfallursache von komplexen Komponenten ermitteln oder die Prozessgüte von gedruckten Bauteilen untersuchen.

WIR BIETEN IHNEN LÖSUNGEN AUS EINER HAND

- **Wettbewerbsanalysen**
- **Lösungsansätze zu Produkt- und Prozessoptimierungen**
- **Untersuchungen von Materialverbundsystemen**
- **Reklamationsanalysen**
- **Support bei Patentstreitigkeiten**

Hierzu bedienen wir uns der Dichteunterschiede von Materialien, weshalb eine hohe Auflösung insbesondere bei unterschiedlichen Materialkombinationen erreicht und die Analyse der unterschiedlichsten Füllstoff-/Matrix-Kombinationen möglich wird.

PROBENBETRACHTUNG „VOM SANDKORN BIS ZUM BASKETBALL“

Materialien:

Kunststoffe, Gläser, Keramiken, Naturmaterialien,
dünne Metallschichten

Probenabmessungen:

Bis 280 mm im Durchmesser und 700 mm Höhe

Probengewicht: Max. 17 kg

Wissenswertes:

Je kleiner das Objekt, desto höher die Auflösung
(Voxel-Größen zwischen 3 und 50 μm)

Für Grenzflächenuntersuchungen sind Dichte-
unterschiede der Materialien ab $0,3 \text{ g/cm}^3$
notwendig (ideal: $> 0,5 \text{ g/cm}^3$)

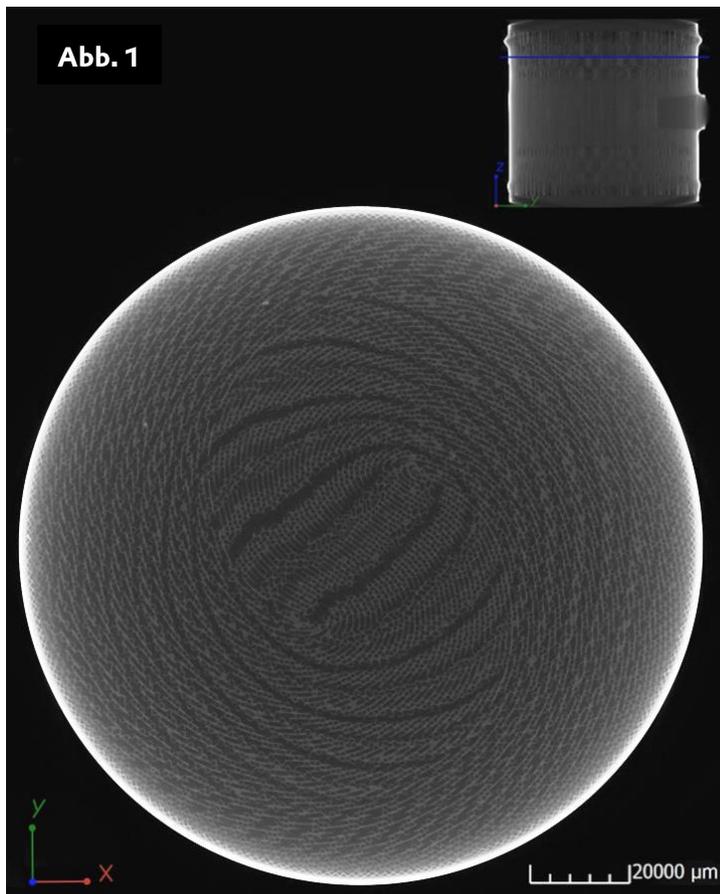


Abb. 1
Katalysatormonolith aus Strukturkeramik. Gleichzeitige Anzeige der Schnittposition im Objekt (kleines Bild oben, blaue Linie) und Struktur des Objekts an dieser Position (großes Bild) möglich.

VORTEILE DES VERFAHRENS

- Zerstörungsfreie Untersuchung
- Erhalt eines vollständig rekonstruierten Datensatzes in gängigen Formaten
- Individuelle Auswertung der Messdaten, weitere Messungen im Nachgang nicht notwendig
- Virtuelle Schnittbilder aus beliebig wählbaren Winkeln
- Selektive Darstellung von z.B. Partikeln einer Dichte durch Ausblenden der Umgebungsmatrix
- Vergleichende Bauteilprüfungen, auch mithilfe von maßstabsgetreuer Überlagerung mit Lichtbildern
- Bereitstellung von Bild- und Videomaterial
- Kostenlose Datenbetrachtungssoftware (3D) zur einfachen Bewertung und Präsentation

UNTERSUCHUNGEN VON FUNKTIONALITÄTEN

Größen und Geometrien:

Bestimmung beliebiger Abstände, Maße und Volumina

Funktionale Bauteile:

Elektronische Bauteile, Sensoren, Aktuatoren, Ventile

Ursachenaufklärung zu Schäden:

Brüche, Mikrorisse, Versetzungen, Blasen, Lunker

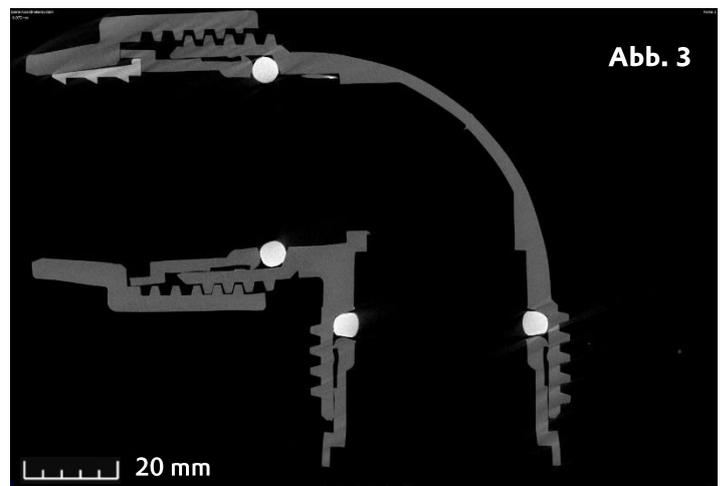
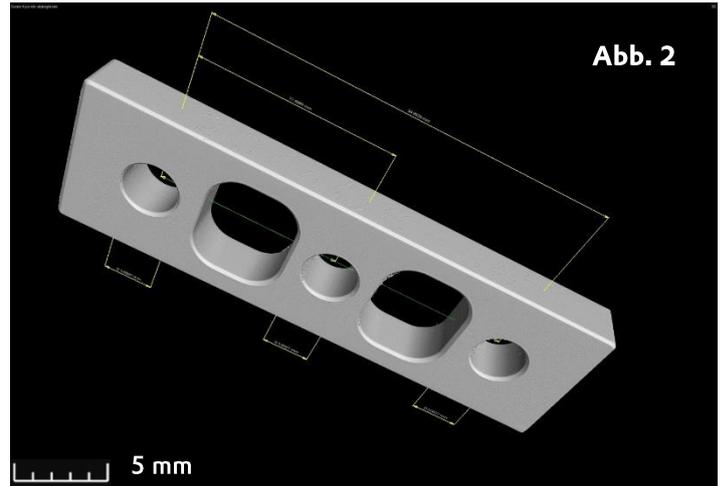
Mehrkomponentensysteme:

Verstärkte Bauteile, Organblech-Produkte, Batteriemodule, Membranen

Die Untersuchung von Bauteilen gelingt mit hochauflösender Computertomographie auch dort, wo rein optische Methoden nicht mehr ausreichen: Geometrisch komplexe Bauteile **mit Hinterschnitten oder Radien** können **exakt vermessen** und anschließend als **3D-Modell**, für z.B. **Simulationen** oder als Abgleich mit den CAx-Daten, dargestellt werden (Abb. 2). Prozessbedingter Schrumpfung oder Verformungen können auf diese Weise genau erfasst und anschließend prozesstechnisch korrigiert werden.

Auch kann die **Position von umspritzten Komponenten**, wie z.B. in Kunststoff eingebrachte Verstärkungselemente aus Metall oder **Dichtungen aus Elastomeren** (Abb. 3, helle Bereiche zeigen Dichtringposition und Formschlüssigkeit im Querschnitt) in Fertigteilen überprüft bzw. optimiert werden.

BEISPIEL: Funktionelle Bauteile



In unterschiedlichen **3D-Druck-Verfahren** erzeugte Form- oder Funktionsteile sind hinsichtlich der **Druckgüte**, der **Formschlüssigkeit** und der **komplexen Geometrien** bewertbar.

Auch die Passgenauigkeit und Dichtheit von Stecksystemen kann mit dieser Methode **non-invasiv im Anwendungsfall geprüft** und auf Schwachstellen bzw. auf besonders beanspruchte Stellen, Abnutzungsspuren nach Belastungstests oder Reklamationen untersucht werden. Gerade nach Ausfällen von Bauteilen ist μ -CT die Methode der Wahl, da Material-Beschädigungen durch die Probenpräparation entfallen und die Aufnahmen eindeutige und damit **belastbare Beweise** liefern.

VISUALISIERUNG VON STRUKTUREN

Zellstrukturen:

Zellaufbau, Grenzflächen und Sintereffekte, Zell- und Zellwandhomogenität im Volumen

Materialveränderungen:

Nach mechanischer, thermischer oder chemischer Belastung

Materialeigenschaften:

Durchlässigkeit und Beständigkeit gegenüber flüssigen Medien

Untersuchungsreihen:

An derselben Probe in Abhängigkeit der Zeit z.B. nach externer Einwirkung

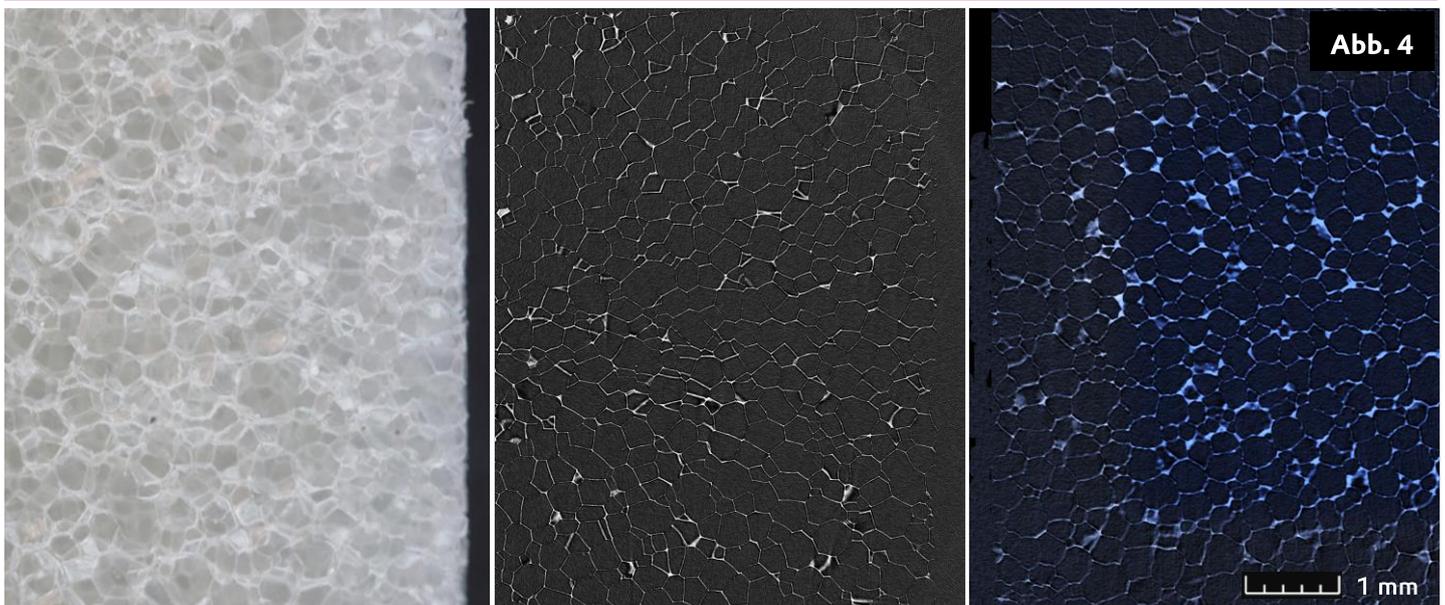
Neben der **Untersuchung** von z.B. sicherheitsrelevanten Halbhartschäumen vor und nach einer mechanischen Belastung (wie einem Aufprall), sind auch Fragestellungen möglich, die durch ein mechanisches Aufschneiden/-sägen nicht zu beantworten wären - z.B. dem **Verhalten** eines Schaumstoffes **gegenüber Flüssigkeiten**.

Die μ -CT-Aufnahme eines Schaumstoffes (Lichtmikroskop-Aufnahme, Abb. 4, links) zeigt unter Standardbedingungen leere (luftgefüllte) Zellen und schmale Zellwände (Abb. 4, Mitte). Nach einer Wasserlagerung sind die Zellwände deutlich verdickt (Abb. 4, rechts, blau hervorgehoben), die Zellen beinhalten jedoch weiterhin keine Flüssigkeit. Die μ -CT-Aufnahmen zeigen: Das Schaummaterial quillt bis zu einem gewissen Grad, lässt jedoch kein Wasser hindurch.

Auch lassen sich mithilfe der CT-Technik **Vergleichsreihen** anfertigen, in denen z.B. **zu beliebigen Zeitabständen** der Gradient des Quellgrads eines gelagerten Schaumkörpers erfasst und damit das Rücktrocknungsverhalten des Materials bestimmt wird.

Auf diese Weise können die **Eigenschaften eines Materials** schnell verstanden und anschließend gezielt modifiziert werden. In diesem Fall z.B. hinsichtlich der Zellgröße und der Ausprägung von Zellwänden.

BEISPIEL: Schaumstoffe



UNTERSUCHUNG VON PROZESSEN

Prozessoptimierung

hinsichtlich Einstellparameter und Geometrie

Packungsdichte und Verteilung

von Partikeln bzw. Füllstoffen

Kunststoffformteile:

Kompakt, gefüllt, verstärkt, geschäumt

Metallfolierungen und

-beschichtungen

Strukturbauteile aus Keramik

3D-gedruckte Bauteile:

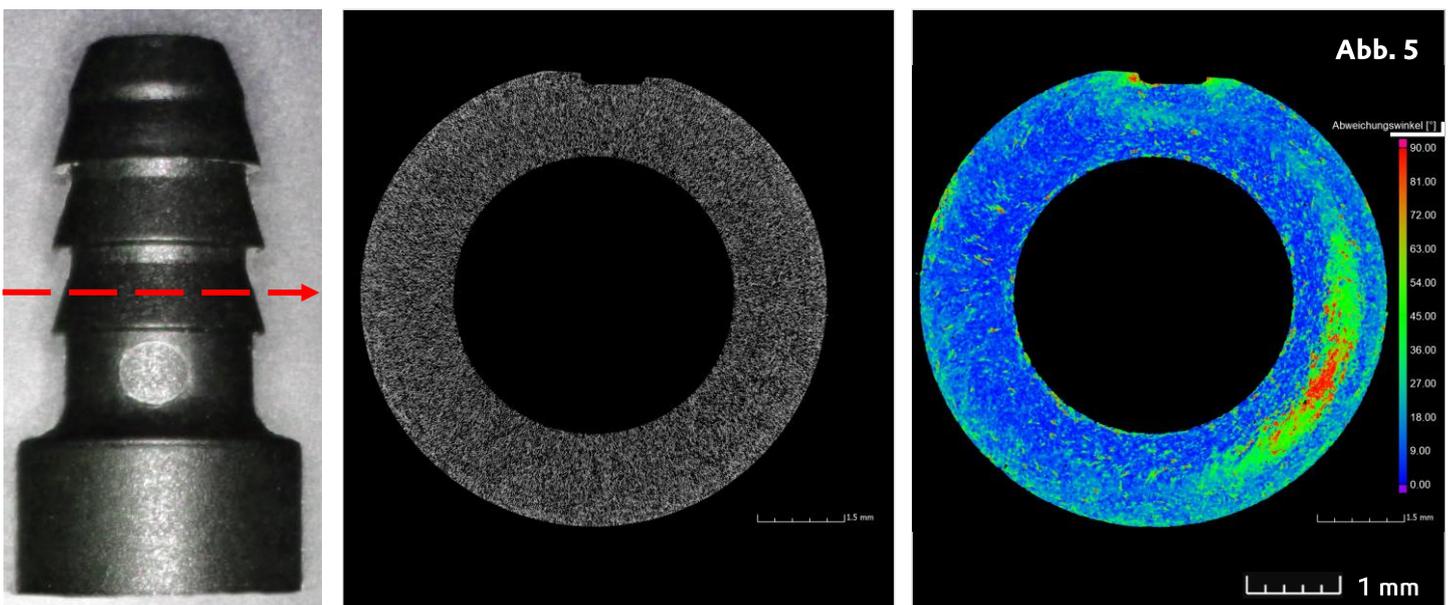
Implantate, technische Bauteile

Mithilfe des μ -CTs können Fertigbauteile aus z.B. Glasfaser-gefülltem Kunststoff vollumfänglich und zerstörungsfrei untersucht werden. Die Methode ermöglicht **beliebig viele virtuelle Schnitte** (roter gestrichelter Pfeil, Abb. 5, links) durch das Bauteil aus **unterschiedlichsten Winkeln**, um z.B. die **Verteilung** (Abb. 5, mitte) und die **Ausrichtung** der Glasfasern (Abb. 5, rechts) im Material zu untersuchen.

Mithilfe der zugehörigen Software lässt sich sogar die **Abweichung** der Glasfasern im Bauteil **vom berechneten Idealwinkel** zur Krafteinwirkung darstellen (Abb. 5, rechts): Die ideale Ausrichtung der Glasfasern im Kunststoff (blau) deutet auf eine hohe Stabilität, eine große Abweichung vom Idealwinkel (rot) weist auf die Schwachstellen im Bauteil hin. Diese Darstellung zeigt punktgenau die Stellen auf, wo eine **Anpassung** der Spritzgussform bzw. die Angussposition nötig ist, und erleichtert auf diese Weise die **Prozessoptimierung**.

Die erzeugten Daten lassen sich z.B. für eine **Füllsimulation** verwenden, anhand derer der **Fertigungs-/Spritzgussprozess** optimiert und damit letztendlich die spätere **Stabilität** bzw. Lebensdauer **des Bauteils** erhöht wird.

BEISPIEL: Spritzgegossene Kunststoffteile



UNTERSUCHUNG VON FUNKTIONEN

Analyse von Beschichtungen:

Dicke, Homogenität, Vollständigkeit

Stoffschlüssigkeit zwischen Schichten:

Versetzungen, Delaminationen, Einschlüsse, Phasengrenzen

Beurteilung der Material- und Beschichtungsgüte:

Beschichtungsgüte:

Im Allgemeinen und an kritischen Stellen, innen und außen

In-situ-Visualisierung der mechanischen Belastung:

Belastung:

Vorgespannte Bauteile (Zug- oder Biegebeanspruchung)

Lagerungsstudien:

Veränderungen nach der (Klima-)Lagerungen

Eine μ -CT-Untersuchung verhilft zu Erkenntnissen, die auf kaum eine andere Weise zu erhalten, jedoch von großer Bedeutung sind: Ob eine Wirkstoffkapsel auf Gelatinebasis (Abb. 6, links) tatsächlich **dicht** abschließt und den Wirkstoff später genau zum richtigen Zeitpunkt freigibt bzw. wie **homogen** das Wirkstoffgemisch im Inneren bei welchem **Füllstand** verteilt ist (Abb. 6, Mitte: Längs- und Querschnitte), lässt sich sonst kaum einer anderen Methode auf solch **präzise** Weise erfahren.

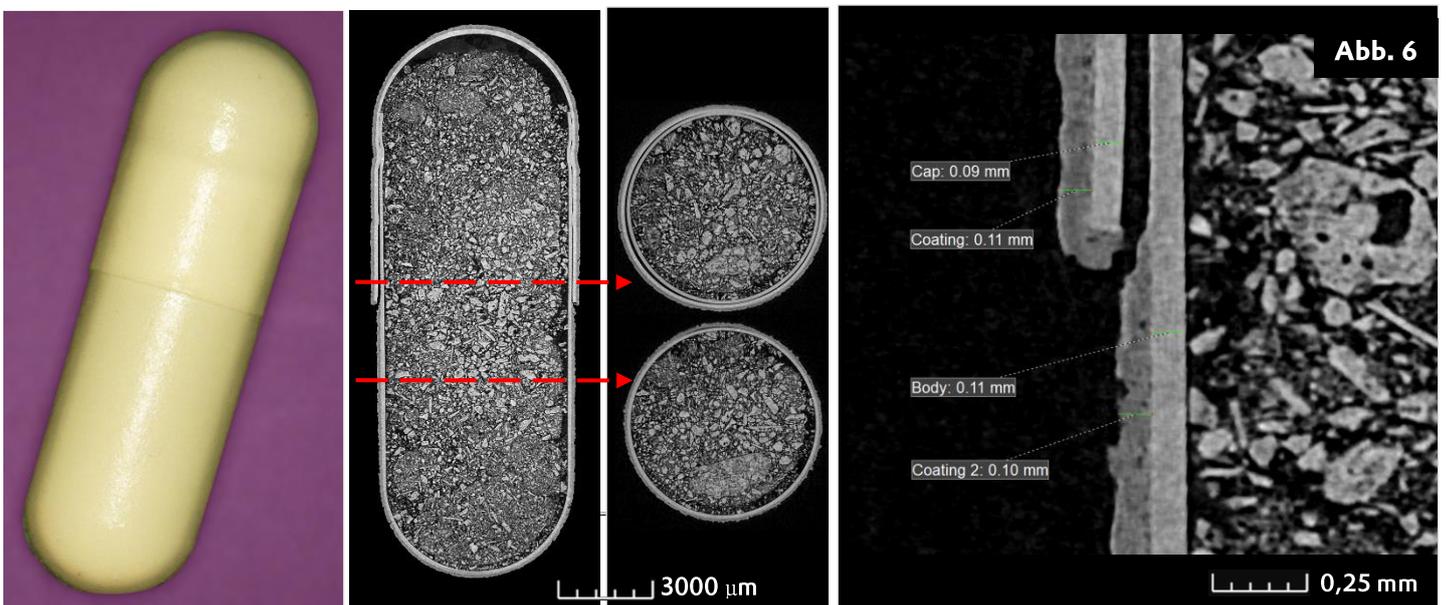
Neben der Dichtigkeit bzw. **Passgenauigkeit** der mehrschichtigen Kapselhälften kann aus den Aufnahmen gleichzeitig die **Beschichtungsgüte und -dicke** der magensäure-resistenten Schutzschicht um die gesamte Kapsel hinweg, insbesondere im abdichtenden Bereich (Abb. 6, rechts), ermittelt werden.

Auch die **Anhaftung der Beschichtung** an die Kapselhülle und deren **Qualität** an sich kann mithilfe der hohen Auflösung im μ -CT untersucht und Blasen oder Delaminationen darin erkannt werden.

Auch nach der Lagerung in verschiedenen Klimazonen (Simulation durch Klimalagerung) lassen sich Veränderungen in derselben Probe vergleichen

Auf diese Weise liefert das μ -CT schnell und eindeutig **verlässliche Ergebnisse** und leistet einen großen Beitrag für die **Entwicklung eines sicheren Produkts**.

BEISPIEL: Pharmazeutische Produkte (Mehrkomponent-/Schichtsysteme)



Haben Sie Fragen?

Gerne beraten wir Sie zu den für Ihre Fragenstellung optimalen Methoden und koordinieren alle hierfür notwendigen Schritte von der Probenannahme, über die Untersuchungen bis hin zum Abschlussbericht.

Die erhaltenen Ergebnisse werden für Sie geprüft und nach aktuellem Stand der Technik ausgewertet.

Hierbei stehen wir persönlich mit Ihnen im Kontakt und unterstützen Sie bei der Bewertung der Ergebnisse.

Die abschließende Zusammenfassung beinhaltet neben dem Bildmaterial auf Wunsch auch Videos bzw. Rohdatenmaterial für die weitere Verwendung. Ihre Fragestellung wird damit auf den Punkt beant-

wortet. Für eine abschließende Präsentation und Diskussion der Ergebnisse stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Sprechen Sie uns an!

Gerne erstellen wir Ihnen ein auf Sie zugeschnittenes Konzept bzw. Angebot.

IMPRESSUM

Evonik Operations GmbH
RD&I Analytics

Standort Darmstadt
Kirschenallee 45
64293 Darmstadt

Standort Hanau
Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau

Standort Marl
Paul-Baumann-Str. 1
45772 Marl

Standort Essen
Goldschmidtstraße 100
45127 Essen

Evonik (SEA) Pte Ltd
21 Biopolis Road Nucleos Tower A (South)
Level 1M Unit #01-35
Singapore 138567, Singapore

Evonik (SHA) IM Co., Ltd.
68 Chundong Road,
Xinzhuan Industry Park,
Shanghai 201108, China

Kontakt:
thomas.leray@evonik.com

Verantwortlicher:
Dr. Matthias Janik

Abbildungen: Evonik

Stand der Information:
April 2024

<https://analytik.evonik.de>

