

HITECH: HOCHAUFLÖSENDE COMPUTERTOMOGRAPHIE IN DER PAPIERTECHNIK

Das Verfahren der hochauflösenden Computertomographie verspricht völlig neue Möglichkeiten zur Qualitätskontrolle von Papier und Weiterverarbeitungsprodukten und als Schlüssel zum virtuellen Design von Naturmaterialien.

Präzisere Computertomographie-Systeme (CT) mit immer besserer Software und immer leistungsfähigeren Rekonstruktionsrechnern eröffnen heute eine Vielzahl von Analysemöglichkeiten, die mit herkömmlichen 2D Röntgensystemen undenkbar sind. Mit den jetzt möglichen Auflösungen im Submikrometerbereich und den aus einer Reihe von Einzelbildern generierten Volumendaten ermöglicht die s. g. Mikro-Computertomographie (μ CT) neue und zeitsparende Erkenntnisse in Werkstoffprüfung und Defektanalyse. Dank der hochpräzisen Rekonstruktion innerer und äußerer Oberflächen ist der Einsatz auch in der dimensionellen Messtechnik (Porenvolumen und -größenverteilung etc.) interessant.

Nach Auffassung der PTS ist die Mikro-Computertomographie eine Durchbruchstechnologie, die ein ganz neues „Bereifen“ von faserbasierten Naturmaterialien mit ihrer komplexen Struktur ermöglicht. Die genauen und zudem dreidimensionalen Daten liefern einen komfortablen Zugang zu relevanten Strukturinformationen und ermöglichen damit ein ganz neues Verständnis des Untersuchungsmaterials. Die PTS bietet zusammen mit Partnern die Analyse von Papiermustern an und engagiert sich zusammen mit weiteren namhaften Partnern in der Neu- und Weiterentwicklung von Algorithmen zur Bildauswertung. Forschungsaktivitäten der PTS sind auf das virtuelle Design von Naturmaterialien ausgerichtet.

Die Datengewinnung der Röntgencomputertomographie basiert auf einem mathematischen Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Modells aus einer Reihe von Projektionsbildern. Diese Projektionen sind unter bestimmten Winkeln aufgenommene Radiographien des zu erfassenden Objekts. Mit den der PTS und ihren Partnern verfügbaren modernsten μ CT-Systemen sind vollständig zerstörungsfreie Mikrostrukturanalysen mit Auflösungen (Voxelgröße) bis $0,5 \mu\text{m}$ von Materialproben aus Kunststoffen, Papieren und Pappe, Verbundmaterialien und Keramiken möglich. Die besonderen Stärken dieser Systeme liegen in der schnellen Erfassung und dreidimensionalen Darstellung von Außengeometrien und komplexer innerer Strukturen besonders weicher oder stark poröser Materialien, von denen keine Schlicke für mikroskopische Untersuchungen angefertigt werden können.

Qualitätskontrolle und Reklamationsbearbeitung mit μ CT

Während in der Automobilindustrie die schnelle und zerstörungsfreie Erfassung von Bauteilen mit Computertomographie etabliert ist, stehen solche Anwendungen in der Papier- und weiterverarbeitenden Industrie erst am Anfang.

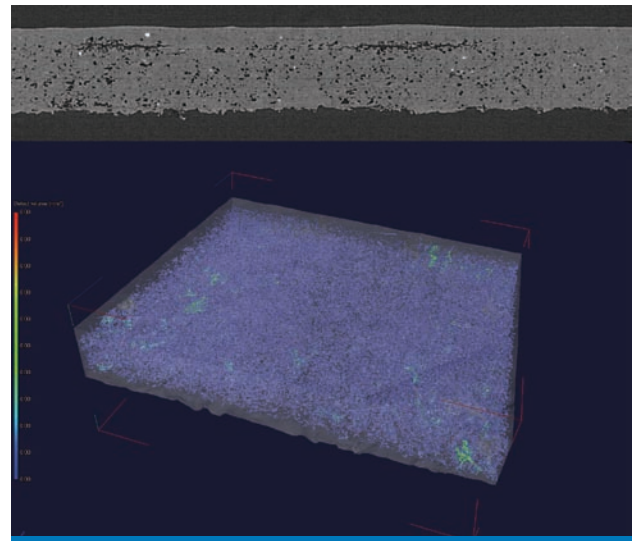


Abb. 1: Erfassung von Porenstrukturen und Delaminierungseffekten in Einzelbildern (oben) und in der Volumengrafik (nanotom® der Fa. Phoenix|x-ray; Bildverarbeitungssoftware Volume Graphics)

Ein Vergleich mit der Rasterelektronenmikroskopie (REM) verdeutlicht die Vorteile der Nutzung von μ CT in der Dienstleistungsanalytik der Wertschöpfungskette der Holzwerkstoffindustrie: Da keine Probenvorbereitung erforderlich ist, sind die Abbilder z.B. von imprägnierten Dekorpapieren und Verpressungen morphologisch intakt und gestatten einen umfangreicheren Zugang zu Strukturinformationen. Dies ermöglicht eine artefaktfreie Analyse von Defekten wie Delaminierungen und deren Ursachen. Zusätzlich zu Einzel- und 3D-Aufnahmen können problemrelevante Strukturen (z. B. Porengröße und -häufigkeit, siehe Abb. 1) selektiert als Volumengrafik betrachtet werden.

Aus den virtuellen Schnitten in x-, y- und z-Richtung bzw. den daraus gewonnenen Volumendaten können folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Lage der Delaminierung(en) in z-Richtung, Dimensionen in x-y, Bruchflächenanalyse (Abb. 2) und Visualisierung von Faserorientierung, ggf. von Fremdmaterial. Hier zeigen sich aber auch die Grenzen: Heute verfügbare und standardmäßig genutzte Softwarepakete sind zur Auswertung einer Vielzahl spezieller Fragestellungen noch nicht geeignet, da relevante Bildinformationen nicht quantitativ verfügbar sind. Ein dreidimensionaler „Flug“ durch eine Papierstruktur beeindruckt, hilft einem Technologen jedoch nur bedingt weiter. Im vorliegenden Anwendungsbeispiel betrifft das die Faserorientierung, die visuell betrachtet, aber noch nicht quantifiziert werden kann.

Kunden, die mit dem Wunsch nach CT-Dienstleistung an die PTS herangetreten sind bzw. denen auf Grund Ihrer Problemstellung die Nutzung von μ CT empfohlen wurde, sondieren derzeit die Vorteile der innovativen Methode. Es ist

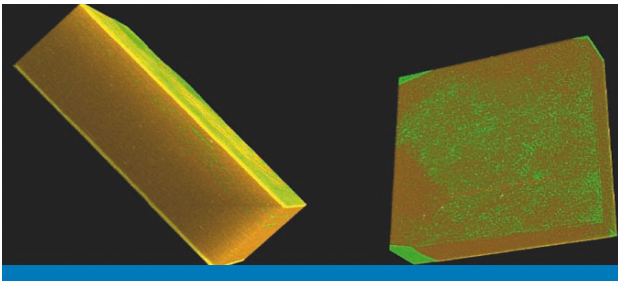


Abb. 2: Untersuchung von Delaminierungen an einem Faserverbundwerkstoff: Querschnitt (links), Untersuchung der Bruchfläche (rechts); (nanotom® der Fa. Phoenix|x-ray; Bildverarbeitungssoftware Volume Graphics)

davon auszugehen, dass sie mit weiterer Verbesserung der bildanalytischen Auswerteverfahren sehr schnell die Vorzüge von μ CT nutzen werden.

Virtuelles Design von Naturmaterialien

Die Entwicklung neuer bzw. die Optimierung vorhandener Papiere mit definierten Produkteigenschaften ist heute immer noch ein aufwändiger Trial-and-Error-Prozess. Erfahrung ist entscheidend. Bis zur Marktreife vergeht häufig viel Zeit und es entstehen hohe Kosten. Eine a priori Steuerung von strukturabhängigen Produkteigenschaften über die Aufbereitungs- und Herstellungsprozesse könnte hier Abhilfe schaffen, war aber bisher nur sehr eingeschränkt möglich. Die Tomographie könnte hierfür völlig neue Wege eröffnen. PTS beschreibt hier Neuland um die Chancen für die Papierindustrie zu erkunden. Warum Tomographie? Die gezielte Optimierung der für die makroskopischen Produkteigenschaften wesentlichen Mikrostrukturen der Fasernetzwerke von Papier ist heute mittels Simulation nicht möglich. Grund dafür ist das rudimentäre Modellwissen zur Wechselwirkung zwischen Einzelfaser, Fasernetzwerk und Produkteigenschaft. Die Entwicklung von Mikrostrukturmodellen stagnierte in den letzten Jahren mangels hochauflösender bildgebender Analyseverfahren. Nun ist mit der Mikro-Computertomographie erstmals eine Technologie auf dem Markt verfügbar, um reale Fasernetzwerke in Papier zerstörungsfrei mit der notwendigen Auflösung direkt zu beobachten (Abb. 3).

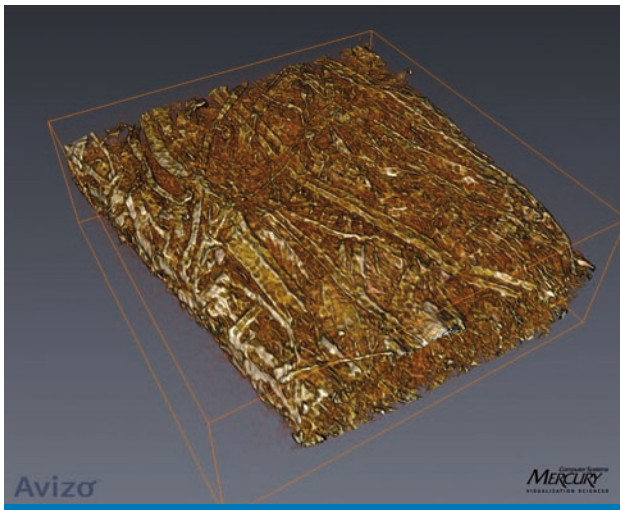


Abb. 3: Aufnahmen eines Prüfblattes auf Basis Altpapier (Gerät nanotom® der Fa. Phoenix|x-ray; Bildverarbeitungssoftware Avizo der Fa. Mercury)

Mit der Nutzbarmachung der nun erstmals „begreifbaren“ Strukturen für die Modellierung und Simulation eröffnen sich bisher nicht vorstellbare Möglichkeiten der virtuellen Produktentwicklung. Die hohe Packungsdichte in Fasernetzwerken erfordert aber eine grundlegende Überarbeitung verfügbarer Algorithmen der Bildverarbeitung in 3D-Aufnahmen. Schon die jetzt verfügbaren Bilder ermöglichen einen sehr plastischen und direkten Zugang zur Papierstruktur. Darauf aufbauend entwickelt die PTS, gemeinsam mit namhaften Forschungsinstitutionen, der Papierindustrie und Geräteherstellern neuartige, mehrskalige Materialbeschreibungen von faserbasierten Naturmaterialien. Diese Forschungsaktivitäten der PTS sind auf das virtuelle Design von Naturmaterialien mit einer hohen Modellgüte und Prognosefähigkeit ausgerichtet.

Der Schlüssel für die Interpretation makroskopischer Produkteigenschaften auf der Basis mikroskopischer Struktureigenschaften (Multiskalenphänomene) liegt in der Erweiterung der PTS-Algorithmen zur Eigenschaftsprognose mit den mittels Mikro-Computertomographie erlangten neuen Erkenntnissen über Zusammenhänge zwischen Rohstoffen und Fasernetzwerkstruktur unter Berücksichtigung von Prozessparametern der Papierherstellung. ■

KONTAKT

Dr. Thomas Schönherr

☎ 0049 3529 551 613

✉ thomas.schoenherr@ptspaper.de



Sven Altmann

☎ 0049 3529 551 634

✉ sven.altmann@ptspaper.de

