

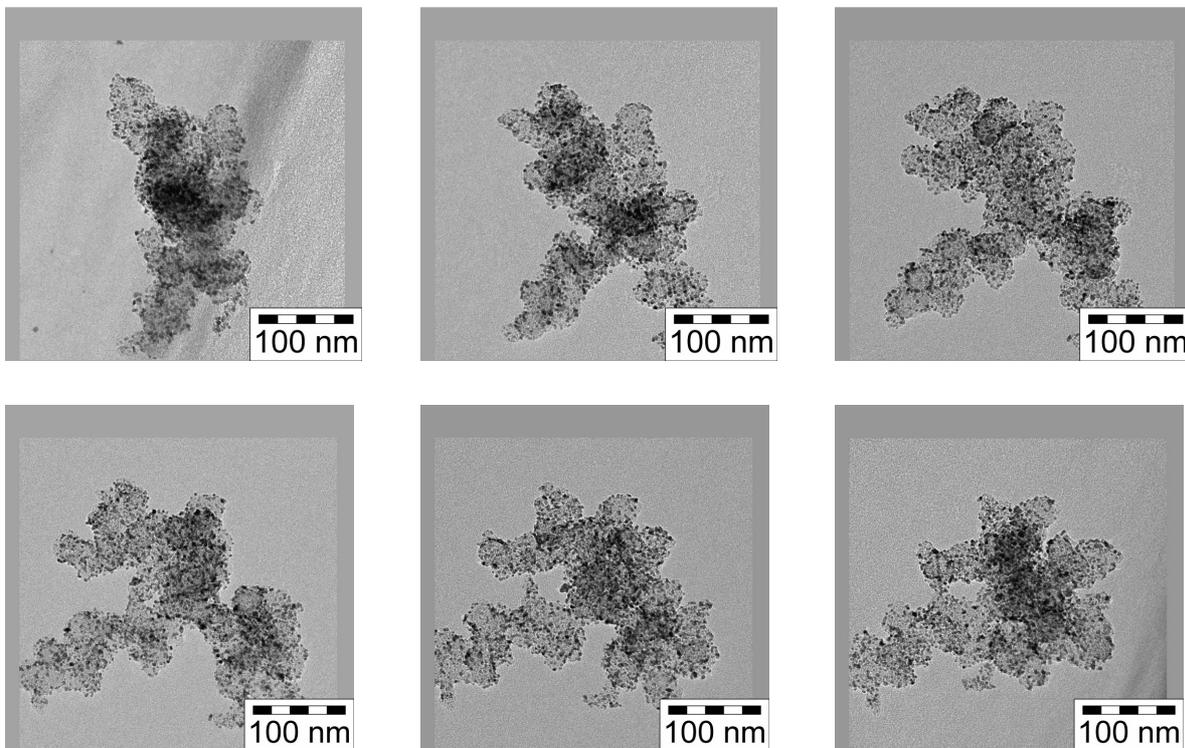
## Elektronenmikroskopie – nun auch in 3D

Der Einsatz tomographischer Verfahren ist aus der Medizin nicht mehr wegzudenken: die Untersuchung von Organen, Knochen und anderen Bausteinen des menschlichen Körpers gehört zum selbstverständlichen Alltagsbetrieb von Kliniken und Arztpraxen. Auch in der Materialprüfung und der Zellforschung ist die zerstörungsfreie Untersuchung von Strukturen in drei Dimensionen von zentraler Bedeutung, z. B. unter Einsatz von Röntgenstrahlen, elektromagnetischer Anregung oder Ultraschall. Allerdings werden hierbei zumeist größere Objekte überwacht.

Für die Untersuchung sehr feiner Strukturen hinsichtlich ihrer exakten Größe, Form und Zusammensetzung ist hingegen der Einsatz elektronenmikroskopischer Verfahren erforderlich. In der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) werden Materialeigenschaften im Bereich Mikrometer bis Subnanometer untersucht. Auch hierbei ist es von essentieller Bedeutung, diese Eigenschaften in allen drei Raumrichtungen zu erfassen und zu dokumentieren.

Während im Falle der tomographischen Untersuchung von Makrostrukturen in der Medizin z. B. die Röntgenquelle bzw. Detektoren um das Untersuchungsobjekt bewegt werden, wird im hochauflösenden Elektronenmikroskop das Mikro- oder Submikroobjekt relativ zum Primärelektronenstrahl gekippt und bei verschiedenen Winkeln fotografiert, z. B. ein Teil eines Katalysators oder ein Oxidpartikel.

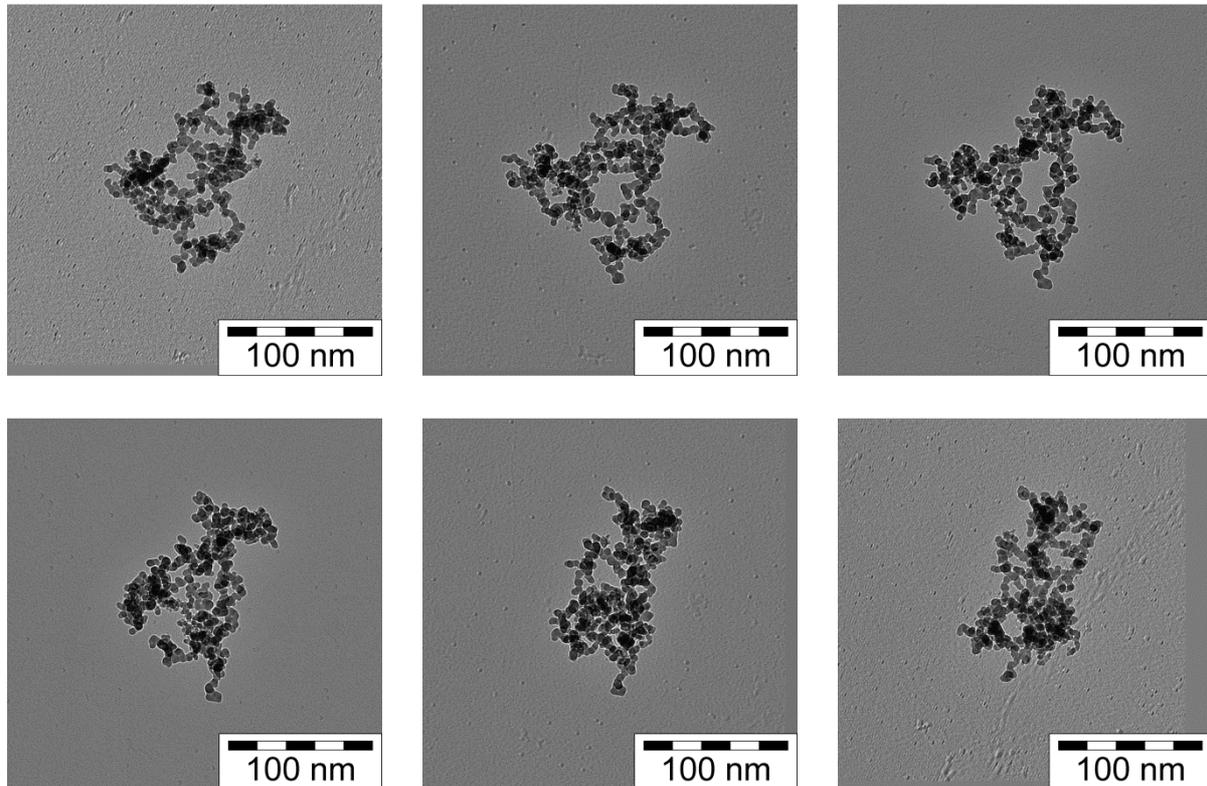
Aus diesen Bilderserien wird dann über eine Rekonstruktionssoftware ein dreidimensionales digitales Modell angefertigt (s. Titelbild). Anhand der Objektkoordinaten kann z. B. ein 3D-Drucker oder ein anderes Ausgabemedium angesteuert werden, um ein handhabbares, vergrößertes Modell zu erstellen. Die Bilderserien werden als 3D-Film aufgearbeitet.



**Abbildung 1:** TEM-Bilderserie eines Trägerkatalysators (aus verschiedenen Winkeln aufgenommen, kann auch als „Zeitrafferfilm“ aus noch mehr Bildern erstellt werden): Man erkennt eine gute, gleichmäßige Verteilung von feinen Platin-Partikeln (schwarz) auf dem Kohlenstoff-Träger.

Ein Mikroobjekt oder eine Nanostruktur kann nun aus den verschiedensten Blickwinkeln untersucht und seine Strukturparameter als Funktion des Betrachtungswinkels ermittelt und quantitativ ausgewertet werden. Somit kann z. B. die Verteilung von feinen Platin-Partikeln auf einem Trägerkatalysator überprüft werden (s. Abb. 1).

Aber auch die Aggregatstruktur einer Fällungs-Silica (Verstärkerfüllstoff für Autoreifen, s. Abb. 2) wird dreidimensional erlebbar. Hier interessieren u. a. die gummitechnisch relevante Oberfläche und die Feinstruktur für Polymer/Silan/Silica-Wechselwirkungen, die über spezielle Produktionsverfahren exakt eingestellt werden können.



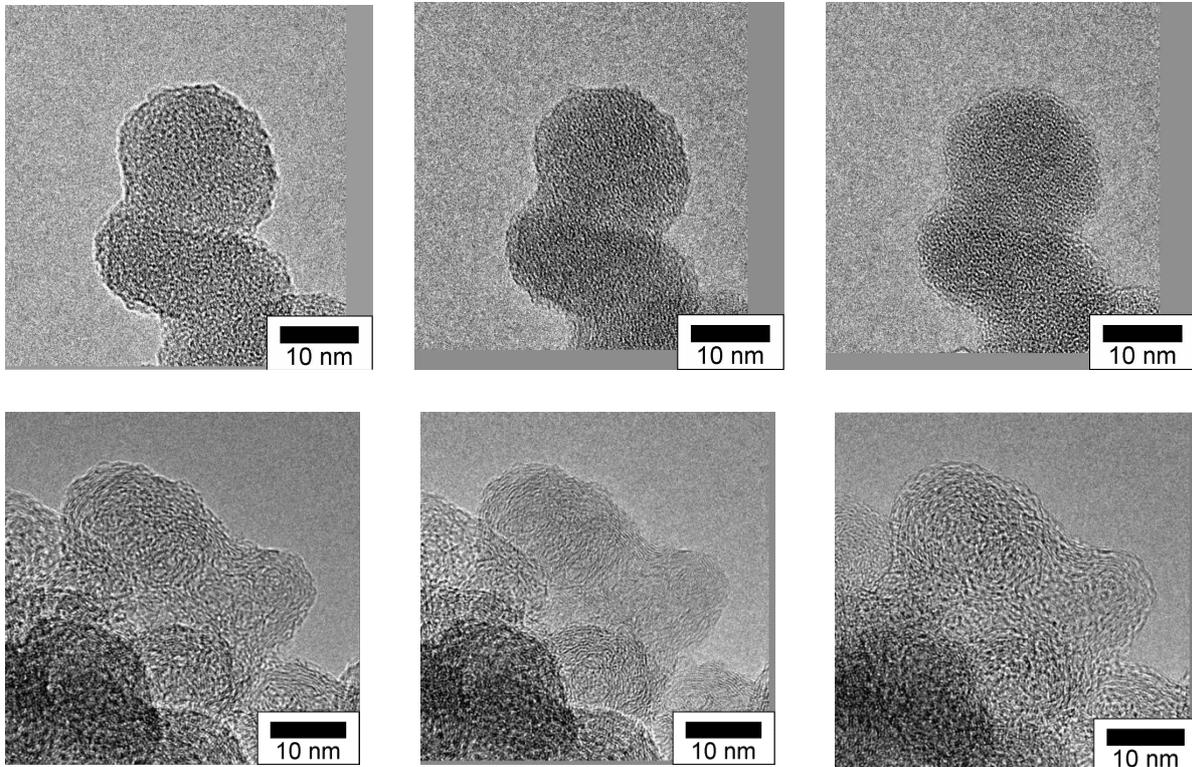
**Abbildung 2:** TEM-Aufnahmen einer Silica-Einheit auf einem nanometer-dünnen Kohlenstoff-trägerfilm bei verschiedenen Kippwinkeln zum Elektronenstrahl.

Die Elektronentomographie erlaubt zudem, die innere Feinststruktur der Produktbausteine zerstörungsfrei zu untersuchen. Hierzu wird die Fokusebene im Transmissions-Elektronenmikroskop durch das zu untersuchende Objekt bewegt und dabei eine Bilderserie aufgenommen. Die Aufarbeitung dieses Bildstapels erlaubt die zerstörungsfreie Aufklärung der Materialeigenschaften bis in den Nanometerbereich hinein und z.B. die exakte Unterscheidung zwischen amorphen, para-kristallinen und kristallinen Strukturen (s. Abb. 3).

## Fazit

Diese beiden Techniken der Elektronentomographie wurden innerhalb der letzten zwei Jahre am Feldemissions-TEM-Gerät der AQura GmbH durch Einbau einer empfindlichen CMOS-Kamera und nach Versuchsreihen mit verschiedenen Evonik-Produkten eingeführt.

Sie erlauben völlig neue Einblicke in verschiedenartigste Katalysatorsysteme und eine wesentlich verbesserte Charakterisierung von feinteiligen Materialien allgemein.



**Abbildung 3: TEM-Aufnahmen einer Silica- (oben) und einer Carbon-Black-Feinstruktur (unten):** Durch Veränderung der Fokusebenen werden unterschiedliche Schichten abgebildet. Somit wird sichtbar, dass die Silica (Kieselsäure) durchweg komplett amorph ist, während der Carbon-Black (Industrieruß) partielle Ordnungseffekte der graphitischen Feinstrukturen aufweist (para-kristallin).

Wir sichern Ihnen ein hohes Qualitätsniveau aller Untersuchungen zu. Mit der Erfahrung aus einer langen Konzerntadition werden Ihre Aufgaben von unseren Spezialisten ideenreich und zielstrebig gelöst.

Gerne erstellen wir Ihnen für Ihre speziellen Fragen ein individuelles Angebot. Bitte sprechen Sie uns an!

**AQura GmbH**

**Standort Marl**

Paul-Baumann-Str. 1  
45772 Marl

**Standort Hanau**

Rodenbacher Chaussee 4  
63457 Hanau

[www.aqura.de](http://www.aqura.de)

Stand der Information: Januar 2015