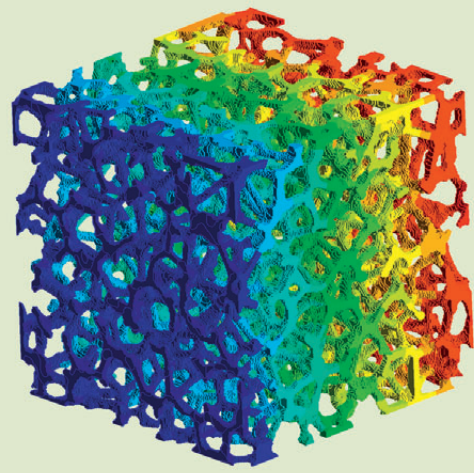


1

1 μm



2

MATERIAL- UND PROZESSANALYSE

3D-GEFÜGEANALYSE ZUR MODELLIERUNG DES MATERIALVERHALTENS VON BAUTEILEN

Dr. Wieland Beckert, Dr. Jürgen Gluch, Dr. Sören Höhn

3D-Gefügeanalyse im Mikro- und Nanometerbereich

Mit experimentellen Daten lassen sich poröse oder mehrphasige Materialien dreidimensional analysieren. Das ermöglicht neben der Ermittlung geometrischer Kenngrößen auch die direkte Erstellung von Modellen für die Simulation. Zum Einsatz kommen dafür zwei Verfahren: Röntgentomographische Methoden (Mikro-CT und Röntgenanatomographie) eignen sich für größere Volumina mit moderater Auflösung oder einige hundert Mikrometer große Proben bei hoher Auflösung bis zu 50 nm. Serienschnittverfahren (FIB-Tomographie) werden hingegen für höchste Auflösung bis zu einigen Nanometern per Voxel eingesetzt. Bei diesem zweiten Verfahren wird im Rasterelektronenmikroskop mit fokussiertem Ionenstrahl gezielt Material scheibenweise abgetragen (slice-and-view). Die zahlreichen Abbildungs- und Analysetools (EDX, EBSD) des Rasterelektronenmikroskops ermöglichen die Aufnahme kontrastreicher 3D-Gefügedatensätze. Am Fraunhofer ITWM entwickelte Algorithmen wurden genutzt, um Primärdaten des Fraunhofer IKTS zu einer 3D-Abbildung zusammensetzen. Dabei werden aus den mehreren hundert zweidimensionalen Schnittbildern quantifizierbare Probenvolumen rekonstruiert (Bild 1).

Modellierung des Materialverhaltens

Eine interessante Option, um strukturabhängige Werkstoffeigenschaften zu ermitteln sowie die Korrelationen zwischen Strukturparametern und Eigenschaften zu untersuchen, bietet die Mikrostruktursimulation an virtuellen Probekörpern. Durch die Simulation ist es möglich, messtechnische Beschränkungen bei der Ermittlung von Eigenschaften, etwa im Mikrobereich,

zu umgehen. Zudem lässt sich durch virtuelle Analysekampagnen der experimentelle Aufwand bei der Probenfertigung und -charakterisierung reduzieren. Analysierbar sind mechanische Eigenschaften, thermische und elektrische Leitfähigkeiten von Verbundwerkstoffen und zellulären Strukturen, aber auch Durchströmungs- und Diffusionseigenschaften von porösen Strukturen. Zunächst werden aus den 3D-Gefügedatensätzen – oder mit Hilfe synthetischer Strukturgeneratoren (GeoDict) – Geometriemodelle erstellt. Die physikalische Modellierung erfolgt dann für Basis-Eigenschaften direkt innerhalb der Softwaretools (GeoDict). Für komplexere Analysen kann die Mikrostruktur als CAD-Geometriemodell in leistungsfähige CFD- und FEM-Tools (Fluent, COMSOL, ANSYS) exportiert werden. Alle diese Optionen stehen Kunden am IKTS zur Verfügung. Entsprechende Kompetenzen wurden an Beispielanwendungen aufgebaut.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Analyse von keramischen 3D-Strukturen im Makro-, Mikro- und Nanobereich
- Modellierung des Materialverhaltens auf Basis von 3D-Gefügemodellen

1 3D-Rekonstruktion einer nanoporösen ZrO₂-Membranschicht (Voxelgröße 20 x 20 x 20 nm³).

2 Mikrostruktursimulation (Temperaturfeld → thermische Leitfähigkeit) an synthetischer Schaumstruktur (Einheits-Zellgröße 10 x 10 x 10 mm³).