

## Multiskalensimulation von Materialkennwerten mit experimentell kalibrierten Gelege-Modellen

**Der Multiskalenansatz ermöglicht eine präzise und effiziente Ermittlung von Materialkennwerten technischer Textilien mit einem experimentell kalibrierten digitalen Zwilling. Der experimentelle Aufwand wird im Vergleich zur konventionellen Kennwertermittlung erheblich reduziert, was bei der Bauteil- und Prozessauslegung Zeit und Kosten spart.**

Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) mit textiler Verstärkung haben einen bedeutenden Anteil am FKV-Markt. Um Kennwerte für die simulative Bauteil- und Prozessauslegung zu ermitteln, sind zahlreiche Versuche notwendig, um Strukturvariationen und verschiedene Faservolumengehalte (FVG) zu erfassen.

### Simulation statt Versuchsreihen

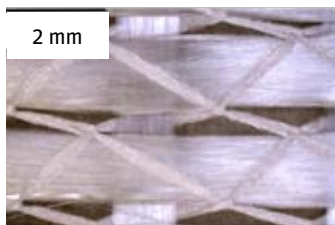
Der rheinland-pfälzische Software-Entwickler Math2Market setzt dafür auf einen neuen simulativ-experimentellen Multiskalenansatz, der den experimentellen Aufwand und somit Zeit und Kosten reduziert. Ausgehend von einfach zu bestimmenden Eingabeparametern werden die Materialkennwerte von Textilien bzw. darauf basierenden FKV mit einem experimentell kalibrierten digitalen Zwilling präzise und effizient ermittelt.

### Virtuell vom Kleinen zum Großen

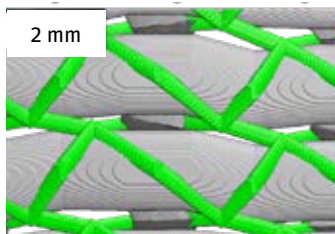
Ein in die GeoDict-Software integrierter Workflow wird zur effizienten Bestimmung der Permeabilität eingesetzt. Sie quantifiziert das Prozessverhalten bei der Imprägnierung mit einem Matrixsystem.

Die multiskalige Permeabilitätsbestimmung beginnt mit der Bestimmung der Mikropermeabilität innerhalb der Rovings. Davon getrennt folgt eine Mesomodellierung der Einzellagen, bestehend aus soliden Rovings mit richtungsabhängigen Mikropermeabilitäten. Dieser Ansatz minimiert den Rechenaufwand deutlich. Die Einzellagen werden innerhalb eines vorgegebenen Parameterraums randomisiert aufgebaut, um die stochastische Strukturvariation abzubilden. Mehrere Einzellagen werden mit zufälligem Offset gestapelt und virtuell kompaktiert. So können Roving-

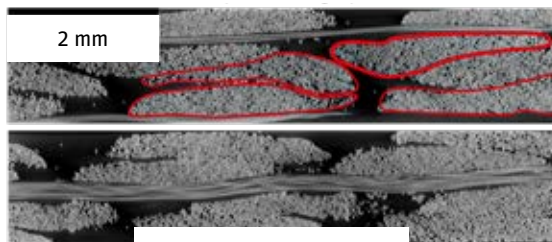
Mikroskopaufnahme der Einzellage



Digitaler Zwilling der Einzellage



Computertomographie



Digitaler Zwilling



*Vergleich von Mikroskopaufnahmen und Computertomographie mit der Einzellage und dem Schnitt eines digitalen Zwillings*

Deformationen sowie Nesting und Ondulation im digitalen Zwilling realitätsnahe abgebildet werden.

### Ergebnis-Check bestätigt Qualität

Die Permeabilität des Zwillings wird mit der Stokes-Brinkman-Gleichung durch einen Simple-FFT-Solver berechnet. Bei definiertem FVG werden die Simulationsergebnisse mit experimentell ermittelten Werten verglichen und eine Kalibrierung des Einzellagenmodells durchgeführt. Anschließend kann der digitale Zwilling virtuell auf höhere FVG kompaktiert werden.

Bei der Untersuchung eines Glasfasergeleges (Hacotech G300U 1270) erfolgte die Kalibrierung bei 50 Prozent FVG, anschließend wurde der Zwilling auf 55 Prozent und 60 Prozent FVG kompaktiert. Die Abweichungen der simulativ ermittelten Permeabilitäten (-30 bis +42 Prozent bzw. -35 bis +8 Prozent für diese FVG) liegen in der gleichen Größenordnung wie bei experimentellen Vergleichsstudien.

#### Weitere Informationen:

**Martina Hümbert**,  
Math2Market GmbH, Kaiserslautern,  
+49 (0) 631 / 205 605 28,  
martina.huembert@math2market.de,  
www.math2market.de

**Tim Schmidt**,  
Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH,  
Kaiserslautern,  
+49 (0) 631 / 316 07 32,  
tim.schmidt@ivw.uni-kl.de,  
www.ivw.uni-kl.de  
Co-Autor\*innen: Aaron Widera, David May,  
Nicole Motsch

Composites Europe 2019  
10. bis 12. September 19  
Halle 7 · Stand C86/16

