

NUMERISCHE SIMULATION VON VERBUNDWERKSTOFFEN UND -BAUTEILEN

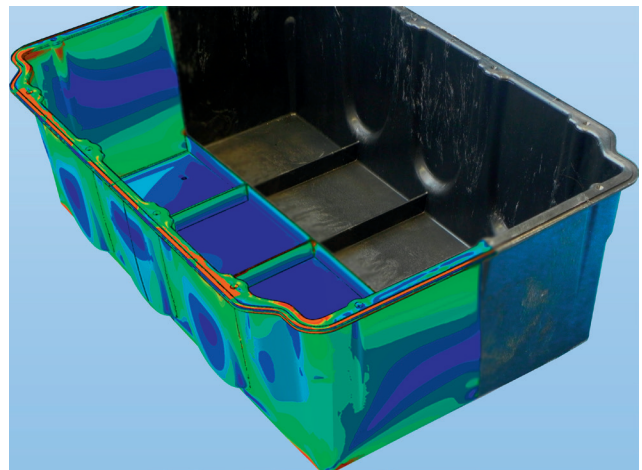
Die numerische Simulation ist ein wichtiges Werkzeug zur Verringerung experimenteller Kosten in der Material- und Bauteilentwicklung. Durch Simulation der Mikrostruktur von faser- und partikelverstärkten Verbunden lassen sich im Rahmen eines virtuellen Labors die thermischen und mechanischen Eigenschaften moderner Werkstoffe wie langfaserverstärkter Thermoplaste (LFT), Faser-verbunden und anderer Werkstoffe zuverlässig vorhersagen und optimieren. In Bauteilsimulationen werden die Eigenschaften von Komponenten unter voller Ausnutzung des Potentials der Werkstoffe dem Bedarf im Einsatz angepasst.

Bauteilberechnung mit abgestimmten Materialmodellen

In vielen Bereichen können Bauteile und Komponenten durch den Einsatz faserverstärkter Kunststoffe deutlich leichter und effizienter gestaltet werden. Der Verbund mehrerer Komponenten zu einem Werkstoff eröffnet Möglichkeiten zu dessen optimaler Anpassung an das geforderte Eigenschaftsprofil oder die auftretenden Belastungen im Bauteil. Eine Hürde stellt allerdings oftmals die rechnerische Auslegung aufgrund der räumlich variierenden Faserorientierung dar. Zur rechnerischen Vorhersage des makroskopischen Materialverhaltens von Verbundwerkstoffen, das stets die Grundlage des sicheren Einsatzes dieser Materialien auch für hochbelastete, sicherheitsrelevante Strukturen ist, wurden am Fraunhofer IWM im Rahmen von Forschungsprojekten verschiedene numerische Verfahren entwickelt und zur Einsatzreife gebracht. Dabei wird das Materialverhalten zunächst durch Experimente an Materialproben ermittelt und mit einem geeigneten Modell in den Bauteil-Simulationen abgebildet (ein Beispiel zeigt Abbildung 1).

Mikrostrukturmodellierung von langfaserverstärkten Thermoplasten

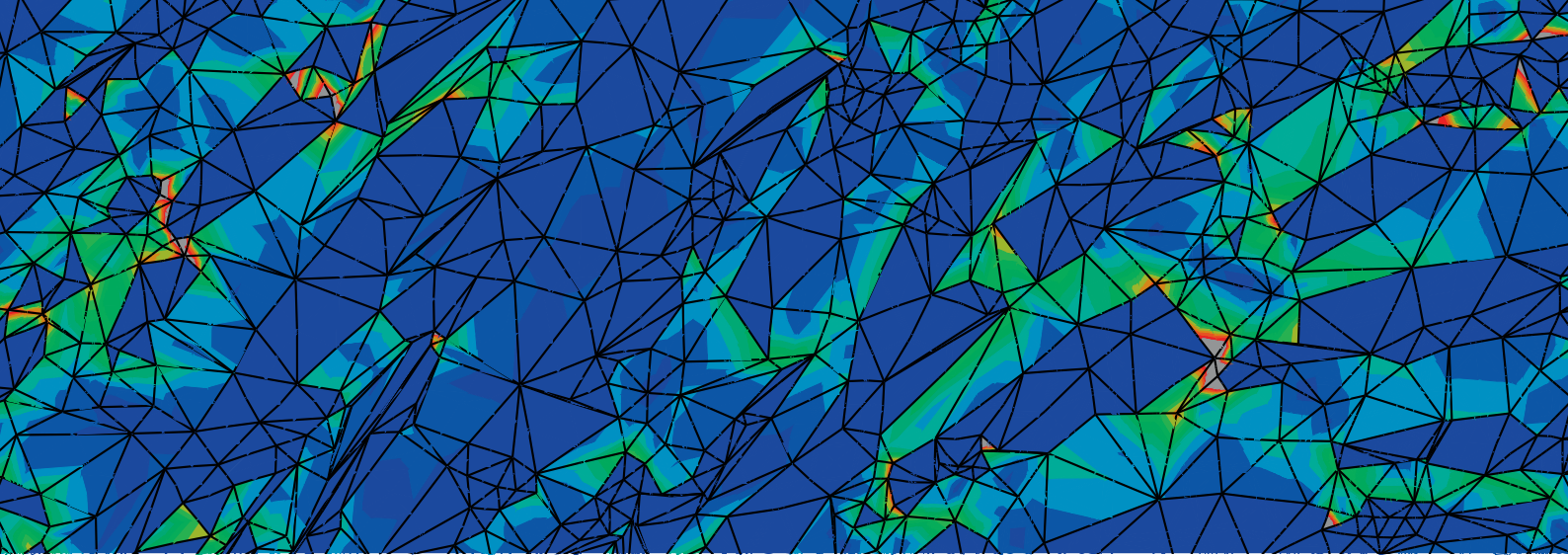
Langfaserverstärkte Thermoplaste sind leistungsfähige neue Mate-



1 *Finite Elemente Simulation eines LFT-Kastens.*

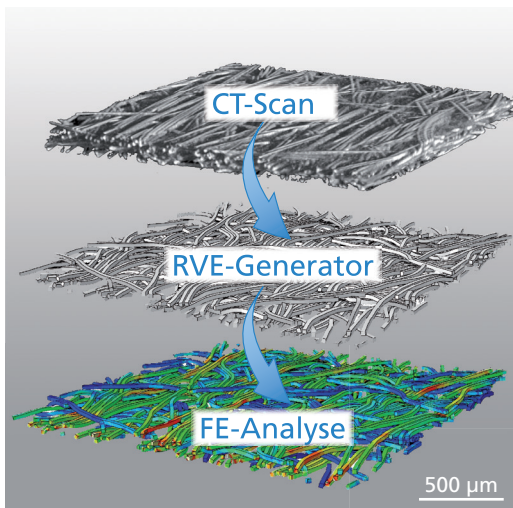
rialien, die für Großserienanwendungen geeignet sind. Im Vergleich zu kurzfaserverstärkten Kunststoffen bieten sie den Vorteil einer größeren Faserlänge und damit einer höheren Festigkeit. Im Gegensatz zu endlosfaserverstärkten Kunststoffen können sie mit Standardverfahren der Kunststofftechnik wie Fließpressen oder Spritzguss verarbeitet werden, wobei eine ungeordnete Mikrostruktur mit im Bauteil variierender Faserorientierung entsteht.

Die mikrostrukturaufgelöste Modellierung des Materials kann dazu beitragen, einen sehr hohen Aufwand in der Materialcharakterisierung zu vermeiden und Komponenten trotzdem sicher auszuliefern. Dazu wird auf Basis der experimenteller Faserorientierungs-, Faserlängen- und Dichteverteilungsdaten automatisiert ein repräsentatives Volumenelement (RVE) für die Mikrostruktur generiert (Abbildung 2). Mit Hilfe einer Homogenisierung unter Verwendung der Methode der Finiten Elemente (FEM) lassen sich hiermit die effektiven elastischen und plastischen, aber auch die thermischen



*FE-Modellierung thermisch induzierter
Eigenspannungen in einem Verbundwerkstoff.*

oder die Kriechigenschaften des Materials als Funktion der Mikrostruktur vorhersagen.



2 Von der hochaufgelösten CT-Aufnahme zur mikrostrukturaufgelösten Finite-Elemente-Analyse.

Probabilistische Werkstoffsimulation

Viele Verbundwerkstoffe wie kurz- und langfaserverstärkte Materialien oder feste Schäume besitzen eine ausgeprägt ungeordnete Mikrostruktur und zeigen in der Folge ein stark streuendes Materialverhalten. Moderne probabilistische Simulationsmethoden erlauben auf der Basis einer bekannten Streuung der Mikrostruktureigenschaften eine zuverlässige Vorhersage der zu erwartenden Streuung der effektiven Materialeigenschaften. In analoger Weise lassen sich durch eine probabilistische Bauteilsimulation die Streuungen im Verhalten von Bauteilen auf der Basis der Streuungen im Materialverhalten vorhersagen.

Simulationsportfolio Verbundwerkstoffe (Auswahl)

- »Virtuelles Labor« zur Bestimmung von experimentell nicht messbaren Kennwerten
- Repräsentative Einheitszellenmodelle zur Vorhersage des makroskopischen Materialverhaltens
- Strukturgenerierung auf Basis von CT-Daten, charakteristischen Kenngrößen, Zufallsgenerierung
- Homogenisierung mittels FE-Simulation und Entwicklung von Materialmodellen
- Probabilistische Ansätze zur Vorhersage der Streuung von Materialkennwerten
- Modellierung von Kriechen, Ermüdung und Schädigung
- Materialdesign und Optimierung der Mikrostruktur für gesteigerte Werkstoff-Performance
- FE-Modelle zur detaillierten Vorhersage des Schädigungsprozesses an gekerbten FVK-Bauteilen
- Numerische Analyse von Verformung und Versagen von Verbunden: Stoff-, Kraft- und Formschluss

Verfügbare Software Tools (Auswahl)

- ABAQUS, ANSYS, MSC PATRAN/NASTRAN, MSC MARC, PAM-CRASH, LS-Dyna, SYSWELD, DEFORM
- FE-Postprocessing-Tools zur Schädigungssimulation und Festigkeitsvorhersage in Faserverbundlaminate mit Bohrungen und Kerben
- »Fitit®« zur Parameteridentifikation
- »Verb« zur Beurteilung von Komponenten mit rissartigen Defekten