

Minimales Gewicht mit maximaler Steifigkeit

Weniger Gewicht bedeutet häufig auch weniger Energieverbrauch. Leichtbau wird daher in vielen Konstruktions- und Entwicklungsabteilungen immer wichtiger. Klassische Materialien werden durch Verbundwerkstoffe ersetzt. Der Gestaltungsfreiheit sind hier keine Grenzen gesetzt, da das Material für die verschiedensten Anwendungen beliebig zugeschnitten werden kann. So bestehen in modernen Fahrzeugen schon heute viele Bauteile wie die Motorabdeckung oder die Ölwanne anstatt aus Blech aus Kunststoff. **Von Syllvett Tsialos**

Die optimale Gestaltung eines Bauteils aus Composites zu bestimmen, kann zu einer echten Herausforderung werden. Im Vergleich zu traditionellen Werkstoffen ist der Zusammenhang zwischen Belastung und resultierenden Verformungen infolge von Anisotropie und Nichtlinearität bei Composites deutlich komplexer. Auch die Bewertung von Ermüdung und Lebensdauer ist aufwendiger. Delaminierung und die Bildung von Mikrorissen müssen beispielsweise bei der Verwendung von Metallen nicht berücksichtigt werden, können aber bei Composites zu Versagen führen.

Einfluss der Faserorientierung

Die große Herausforderung bei der Untersuchung von Composites besteht darin, den Einfluss der Faserorientierung auf die Eigenschaften des Materials zu verstehen. Mit dem klassischen Konstruktionsansatz von spritzgegossenen Bauteilen aus Kunststoff ist das nicht möglich, da er den Herstellungsprozess außer Acht lässt. Gerade bei partikel- oder kurzfaserverstärkten Composites beeinflusst Herstellung und Produktion aber das spätere Verhalten. Der

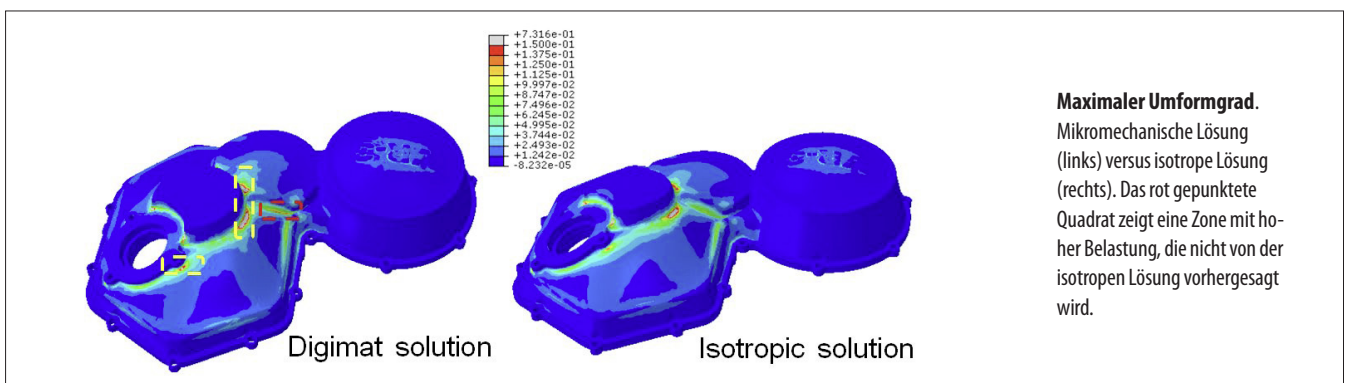
Herstellungsprozess kann die Mikrostruktur und damit auch das Verhalten unter Belastung ändern. Die unterschiedliche Orientierung der Partikel führt sowohl zu einer signifikanten Variation der lokalen Materialsteifigkeiten als auch zu anisotropem Verhalten. Aus diesem Grund muss eine realistische Simulation den Herstellungsprozess als Grundlage nehmen, die daraus resultierenden Eigenschaften auf Materialebene ableiten und diese dann auf die Bauteilebene übertragen.

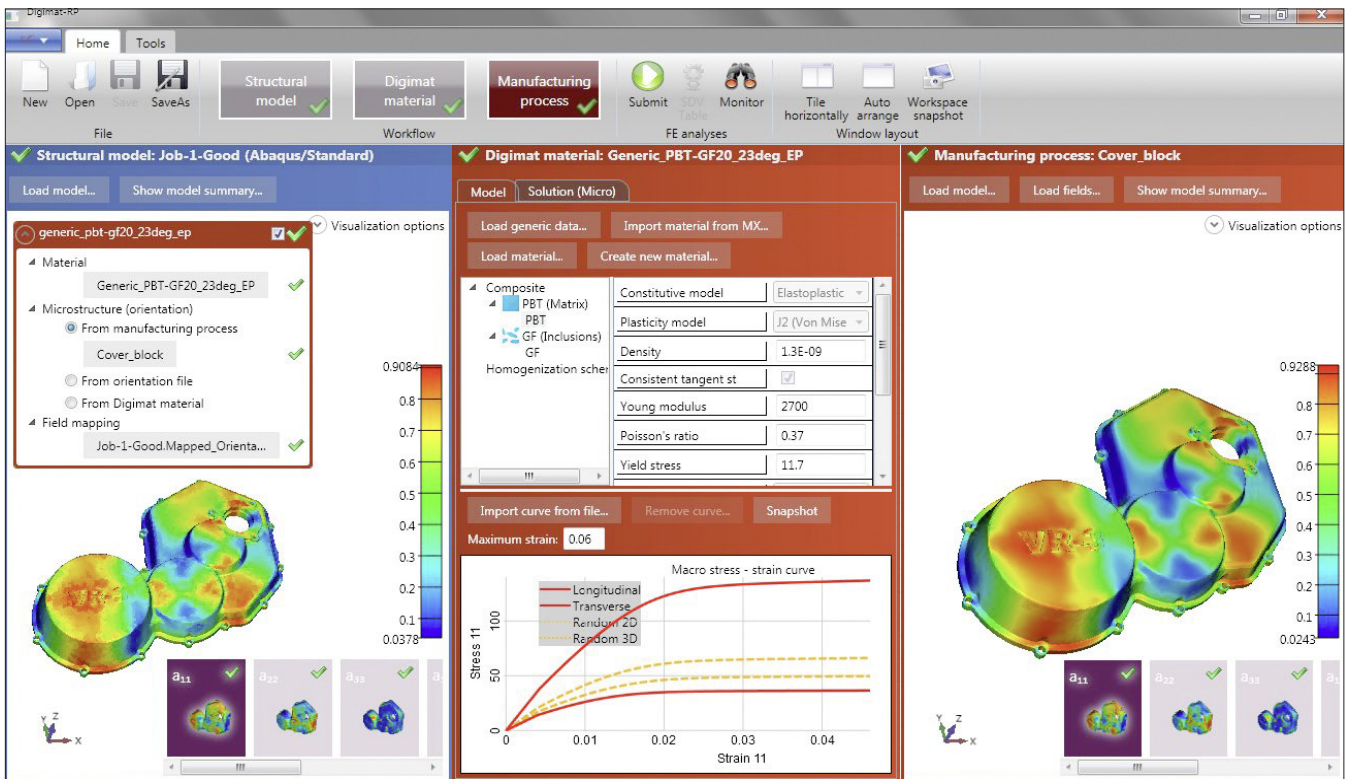
Digitales Materiallabor

Mit modernen Simulationsprogrammen ist es möglich, durch den Herstellungsprozess bedingte Einflüsse in Form von Faserorientierungen zu untersuchen. Eines dieser Programme ist Digimat von der Firma e-Xstream engineering, einer Tochterfirma von MSC Software. Digimat ermöglicht es, den Spritzguss in der Strukturmechanik über eine anisotrop nichtlineare Materialbeschreibung zu berücksichtigen und die Materialeigenschaften von Verbundwerkstoffen detailliert zu untersuchen. Als digitales Materiallabor schließt Digimat damit die Lücke zwischen Spritzguss und Strukturmechanik.

In der Spritzguss-Simulation wird das Befüllen der Bauteilform berechnet. Mit den Ergebnissen kann die Lage der Fasern im Bauteil vorhergesagt werden. Digimat überträgt diese Informationen auf das strukturmehchanische Netz und dient als Basis für die individuelle Berechnung der Materialeigenschaften. Die Stärke von Digimat liegt dabei in den zur Verfügung gestellten Materialgesetzen. Die Software liest die im Spritzguss vorhergesagte Faserorientierung ein und ermittelt während der Berechnung automatisch an jedem Integrationspunkt die individuelle Materialsteifigkeit.

Dank der multiskalaren Modellierungstechnologie von Digimat wird das Verhalten komplexer mehrphasiger Materialien akkurat vorhergesagt. Mit den virtuell spritzgegossenen Bauteilen können strukturmehchanische Berechnungen unter Berücksichtigung der prozessabhängigen, lokalen Glasfaserorientierung durchgeführt werden. Die Software generiert Mikrostrukturen und erlaubt, diese durch eine Co-Simulation in Finite-Elemente (FE)-Sollern wie zum Beispiel MSC Nastran, Marc, Ansys oder Abaqus im Detail zu untersuchen.





Digimat-RP unterstützt den Arbeitsablauf der Anwender durch schrittweise Anleitungen beim Simulationsaufbau und optimiert den Prozess der detaillierten Analyse von Kunststoffteilen.

Entwicklung faserverstärkter Kunststoffbauteile

Digimat wird bevorzugt von Ingenieuren in der Kunststoffindustrie für multiskalare Material- und Strukturmodellierung genutzt. Die Lösung eignet sich für die Untersuchung von Thermoplasten und Duroplasten mit kurzen, langen oder kontinuierlichen Glas- oder Kohlefasern und für jede Art von Mikro- oder Nano-Füllstoffen.

Mit dem Modul Digimat-RP – kurz für Reinforced Plastics – gibt es eine eigene Benutzeroberfläche zur Analyse verstärkter Kunststoffe. Sie unterstützt den Arbeitsablauf der Anwender durch schrittweise Anleitungen beim Simulationsaufbau und optimiert den Prozess der detaillierten Analyse von Kunststoffteilen auf zuverlässige, schnelle und bequeme Art. Digimat-RP basiert auf einem intuitiven Prozess, der Berechnungsingenieuren auch ohne Materialexpertise umfangreiche Möglichkeiten für die prognostische Analyse von Kunststoffteilen bietet. Die Benutzeroberfläche umfasst den Zugang zur Materialplattform Digimat-MX sowie zu Lösungen zum Mapping von Faserorientierungen aus der Prozesssimulation auf die Strukturmechanik.

Zugriff auf Materialgesetze

Digimat-MX ist eine spezielle Datenbank für Composite-Materialien, die Speichern,

Abwurf und sicheren Austausch von Digimat-Materialmodellen erlaubt. Dazu gehören auch der Zugriff auf bereits vorhandene Materialgesetze, die von Materiallieferanten wie Dupont, Solvay Rhodia oder Ticona zu Verfügung gestellt werden, und der Zugriff auf experimentelle Daten mit unterschiedlichen Dehnungsraten, Temperaturen und anderen wichtigen Eigenschaften. Darüber hinaus ermöglicht die Plattform Anfragen beim Materialhersteller und das automatisierte Ermitteln von Parametern für eigene Digimat-Materialgesetze.

Die Lösung wurde zum Beispiel verwendet, um die Verformung einer Motorhaube unter einem Innendruck von 8 bar vorherzusagen. Das untersuchte Material war PBT GF20, ein Polybutylenterephthalat-Harz mit 20 Prozent Glasfaseranteil. Die Faserorientierung wurde mit der Spritzguss-Simulationssoftware Moldflow ermittelt. Der Ersatz des klassischen isotropen Materialmodells durch das Digimat-Multiskalen-Materialmodell hat neue potenzielle Versagensbereiche aufgedeckt (Bild 2). Dies war möglich, da mit Digimat direkt die lokale Mikrostruktur betrachtet werden konnte, anstatt von einem durchschnittlichen Verhalten des kompletten Bauteils ausgehen zu müssen.

Bei faserverstärkter Kunststoffbauteilen bestehen direkte Wechselwirkungen zwischen dem Bauteildesign, dem Fertigungsprozess und dem Materialverhalten. Der für

ein Bauteil erforderliche Fertigungsprozess ist mitbestimmend für die im Bauteil vorliegenden Materialeigenschaften. Um das gewünschte Bauteil- und Materialverhalten zu erreichen, muss eine entsprechende Auslegung der Fertigung erfolgen.

Mit der Software Digimat ist es möglich, den Spritzguss in der Strukturmechanik über eine anisotrop nichtlineare Materialbeschreibung zu berücksichtigen. Die Lösung kann flexibel eingesetzt werden – als eigenständiges virtuelles Materiallabor, als Materialschnittstelle in strukturmechanischen Berechnungen oder als Interface zwischen Prozesssimulation und Strukturmechanik.

Die Anwendung stellt Materialmodelle bereit, die das Verhalten von Werkstoffen auf Grundlage ihrer Mikrostruktur vorherzusagen. Für jede gängige Werkstoff-Charakteristik existiert eine Beschreibung – egal ob es sich um einfache Elastoplastizität, Dehnratenabhängigkeit oder auch thermomechanisches Verhalten handelt. Aus dem Material resultierende Auswirkungen wie eine Erhöhung des Glasfaseranteils lassen sich nicht nur gezielt simulieren, sondern auch optimieren. Durch den multiskalaren Ansatz können von Untersuchungen der Mikrostruktur eines Werkstoffes bis hin zu umfassenden gekoppelten Analysen auf Systemebene alle Bereiche abgedeckt werden. (anm) ■