

# Werkstoffe

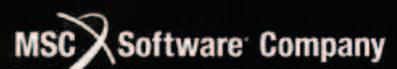
in der Fertigung

DIE FERTIGUNGSWELT VON MORGEN



Faserverstärkte Kunststoffe  
aus dem digitalen Materiallabor

 **Stream**  
ENGINEERING

 **MSC** Software Company

# Anisotrope Eigenschaften der Verbundwerkstoffe nutzen

Verbundwerkstoffe, also die Kombinationen aus Epoxidharzen und Kohlenstoff- oder Glasfasern sind eine entwicklungstechnische Herausforderung. Viele Ingenieure nutzen die Vorteile der faserverstärkten Kunststoffe nicht optimal aus. Regelmäßig werden die Bauteile überdimensioniert, um sie gegen Versagen zu schützen. Diese Überdimensionierung führt zu mehr Gewicht und höheren Kosten, was die Vorteile wieder zu Nichte macht.

Es besteht bei vielen Ingenieuren die Tendenz, faserverstärkte Kunststoffe wie Metalle mit isotropen Eigenschaften zu behandeln. Die anisotrope Natur des Materials wird außer Acht gelassen. Werden die anisotropen Eigenschaften beim Design beachtet, zeigen die Bauteile in der Regel viel bessere Leistungsmerkmale. Faser verstärkte Kunststoffe werden ihr volles Potenzial erst ausspielen können, wenn Ingenieure ihre einzigartigen Eigenschaften in die Produktentwicklung einfließen lassen.

## Der Herstellungsprozess entscheidet

Die Steifigkeit von Metallteilen ist in ihrer gesamten Geometrie konsistent. Im Gegensatz dazu kann die Steifigkeit von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen in verschiedenen Bereichen ihrer Geometrie stark variieren.

Der Herstellungsprozess bestimmt die Anordnung der Fasern. Ein Entwicklungsingenieur benötigt bei der Betrachtung der Steifigkeit also die Gewissheit, dass die Fasern bei der Herstellung des Bauteils richtig ausgerichtet werden.

Deutlich wird die Wechselwirkung, wenn man den Entwicklungsprozess eines Bauteils im Spritzguss betrachtet. Wenn das Teil aus homogenem Metall oder Plastik besteht, hat die Position des Eingusses der Form nicht dieselbe Auswirkung wie bei einem Teil, welches Kohlestofffasern enthält. Bei einem Bauteil aus faserverstärkten Kunststoffen ist die Position des Eingusses eine von mehreren Variablen, die die Leistungsfähigkeit des Teils beeinflussen.

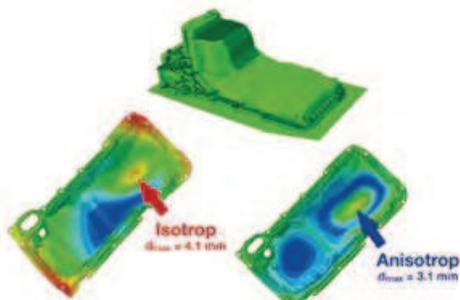
Angenommen, die Spritzgussform hat zwei Eingüsse. Diese sind direkt gegenüber voneinander angeordnet. Die beiden Epoxidharzströme treffen in der Form aufeinander und verdrängen die Kohlestofffasern von ihrer vorgesehenen Position. In der Produktionstechnik gibt es mehrere Optionen, dieses Problem zu korrigieren. Beispielsweise kann die Einspritzrate oder die Temperatur der Epoxide angepasst werden. Sollte das nicht zur Lösung des Problems führen, muss sich die Position der Eingüsse ändern. Idealerweise sollten sich die Ströme so kreuzen, dass die Fasern nicht verdrängt werden.

## Der Unterschied im Material

Es bestehen direkte Wechselwirkungen zwischen dem Bauteildesign, dem Fertigungsprozess und dem Materialverhalten. Um das gewünschte Bauteilverhalten und Materialverhalten zu erreichen, muss eine entsprechende Auslegung der Fertigung erfolgen. Diese Abhängigkeiten können ohne simulationstechnische Unterstützung kaum beherrscht und gesteuert werden.

Der Knackpunkt in der Simulation ist, dass die meisten der heute verwendeten FE-Lösungen faserverstärkte Kunststoffe nicht wie die anisotropen Stoffe behandeln, die sie sind.

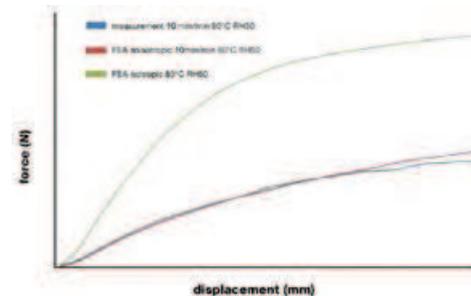
**Abbildung 1** veranschaulicht, wie sich der Unterschied zwischen isotrop und anisotrop in der Praxis bemerkbar macht. Die isotrope Analyse zeigt zwei potenzielle Schwachpunkte auf. Die anisotrope Analyse offenbart die Realität. Das Bauteil verbiegt **Abbildung 1**: Vergleich einer isotropen und anisotropen Analyse (Software Digimat)



**Abbildung 1:** Vergleich einer isotropen und anisotropen Analyse (Software Digimat)

mat) sich an diesen Punkten nicht übermäßig. Ein Ingenieur, der sich auf die isotrope Analyse verlässt, würde höchstwahrscheinlich mehr Masse hinzufügen, um gegen ein höchst unwahrscheinliches Versagen vorzubeugen.

Abbildung 2 veranschaulicht, wie unterschiedlich FE-Ergebnisse ausfallen können, wenn eine Analyse auf isotropen Eigenschaften basiert und die andere auf anisotropen Eigenschaften.



**Abbildung 2:** Isotrope und anisotrope Analyse im Vergleich zu einem physischen Test

Die blaue Vergleichskurve stellt die tatsächliche physische Messung des Prototyps dar. Die grüne Kurve zeigt die Ergebnisse einer FE-Analyse unter Annahme isotroper Eigenschaften. Die Abweichung zur Vergleichskurve beträgt mehr als 80 Prozent. Die isotrope Analyse zeigt zudem ein wesentlich höheres Verbiegen, als die Belastung beim physischen Test wirklich verursacht. Die rote Kurve zeigt Analyseergebnisse, die durch eine Berechnung mit anisotropen Stoffeigenschaften gewonnen wurden. Die dargestellten Ergebnisse entsprechen in etwa dem physischen Test.

## Brücke zwischen Spritzguss und Strukturmechanik

Die meisten der heute am Markt angebotenen FE-Lösungen sind nicht für die anisotrope Analyse ausgelegt. Sie stellen faserverstärkte Kunststoffe als „schwarzes Aluminium“ dar – eine Art Platzhalter.

Um aussagekräftige Modelle von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen zu erhalten, müssen drei Punkte berücksichtigt werden:

- die individuellen Eigenschaften von Faser und Matrix,
- die Zusammensetzung der Materialien insgesamt und
- der Einfluss der Herstellungsprozesse.

Das belgische Unternehmen e-Xstream, ein Teil von MSC Software, beschäftigt sich intensiv mit der geschilderten Problematik. Mit der Digimat-Produktfamilie hat man ein Lösungsportfolio entwickelt, das sämtliche Aspekte der Bestimmung, Modellbildung und simulationstechnischen Verarbeitung der Materialkenndaten von faserverstärkten Kunststoffen abdeckt.

Digimat ermöglicht es, den Spritzguss in der Strukturmechanik über eine anisotrop nichtlineare Materialbeschreibung zu berücksichtigen. Mit den virtuell spritzgegossenen Bauteilen können strukturmechanische Berechnungen unter Berücksichtigung der prozessabhängigen, lokalen Faserorientierung durchgeführt werden. Digimat generiert Mikrostrukturen und erlaubt, diese in FE-Solvern wie zum Beispiel MSC Nastran, Marc, Abaqus oder Ansys im Detail zu untersuchen. Das führt zu genaueren und realistischeren Simulationsergebnissen. Als digitales Materiallabor schließt Digimat damit die Lücke zwischen Spritzguss und Strukturmechanik.

Digimat bietet mit Digimat-RP (Reinforced Plastics) eine eigene Benutzeroberfläche zur Analyse faserverstärkter Kunststoffe. Das Modul unterstützt den Arbeitsablauf der Anwender durch schrittweise Anleitungen beim Simulationsaufbau und optimiert den Prozess der detaillierten Analyse von Kunststoffteilen. Die Software basiert auf einem intuitiven Prozess, der Berechnungsingenieuren auch ohne Materialexpertise umfangreiche Möglichkeiten für die prognostische Analyse von Kunststoffteilen bietet.

Neue Simulationslösungen erlauben es, faserverstärkte Kunststoffe optimal einzusetzen – mit minimalem Gewicht kann die maximale Leistung erzielt werden. Das gibt Ingenieuren das Vertrauen, Bauteile realistisch zu dimensionieren. Anstatt nur Versagen zu verhindern, werden kreative und überlegene Produkte entwickelt.

[www.mscsoftware.com/de](http://www.mscsoftware.com/de)