

COMPOSITES FÜR GROSSSERIENFAHRZEUGE:

**EINE DURCHGÄNGIGE LÖSUNG
FÜR KONSTRUKTION, ANALYSE UND FERTIGUNG**



Inhalt

- 3** Vorbemerkung
- 3** Composites setzen sich durch
- 4** Überzeugende Vorteile
- 5** Von Metallen zu Composites: neue Herausforderungen
- 7** Ein komplexer Konstruktionsprozess
- 9** Eigenschaften und Aufprallsimulation
- 10** Von manuellen zu automatischen Fertigungsprozessen
- 11** Fazit

Vorbemerkung

Dem vermehrten Einsatz von Faserverbundwerkstoffen, sogenannten Composites, im Automobilbau

standen seit jeher eine Reihe prozessbedingter Restriktionen entgegen. Konkret sind dies beispielsweise die relativ langen Verarbeitungszeiten, die Schwierigkeiten bei der Zuordnung der richtigen Werkstoffeigenschaften und die hohen Materialkosten. In diesen Bereichen sind mittlerweile deutliche Fortschritte erzielt worden. OEM-Hersteller setzen Composites bereits in Serienfahrzeugen zur Gewichtsreduzierung, zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und zur Senkung der Emissionen ein. Heute nutzen Fahrzeughersteller Composites immer stärker auch unter strategischen Gesichtspunkten für tragende und nicht tragende Komponenten.

Auf dem Weg in die Zukunft benötigt die Automobil-Industrie eine umfassende und durchgängige Lösung zur Bewältigung der besonderen Herausforderungen in Konstruktion, Analyse und Fertigung von Fahrzeugen aus Faserverbundwerkstoffen. Diese Lösung sollte es Fahrzeugherstellern und Zulieferern ermöglichen, einen nahtlosen Prozess zur Entwicklung hochwertiger Composites-Konstruktionen zu implementieren und diese Konstruktionen schneller und zu niedrigeren Preisen auf den Markt zu bringen.

Composites setzen sich durch

Der Einsatz von Composites im Automobilbau hat in den letzten 30 Jahren deutlich zugenommen und geht mittlerweile weit über die ursprünglichen Anwendungen hinaus. Zunächst wurde in den 1980er Jahren das Chassis der Formel-1-Fahrzeuge – also Monocoque, Aufhängungen, Spoiler und Motorabdeckung – mit Kohlefaser-verbundwerkstoffen hergestellt. Parallel dazu kam 1983 der Pontiac Fiero als erstes Volumenfahrzeug mit Composites-Karosserie auf den Markt. 1992 folgte die Dodge Viper mit einer Vielzahl von Teilen aus Composites-Werkstoffen. Die Anwendung von Composites wurde zudem auf Luxus- und Premiumfahrzeuge ausgedehnt, beispielsweise von Lamborghini, Tesla, Ferrari, BMW und Kleinserienherstellern.

Heute halten Composites auf breiter Front Einzug in Premiumfahrzeuge und dringen auch in den Massenmarkt vor. Composites werden bereits in über 100 Komponenten aktueller Fahrzeugmodelle eingesetzt, vom Lufteinlassgrill des Ford Crown Victoria und der Türhaut des Cadillac Escalade über die Stoßfänger des Mercury Mountaineer und den Pickup-Aufbau des Toyota Tacoma bis hin zur Frontverkleidung des Dodge Charger.

Ein wesentlicher Grund für die verstärkte Einführung von Faserverbundwerkstoffen ist deren Fähigkeit, Gewicht zu sparen und somit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Ein gutes Beispiel dafür ist das BMW Megacity Vehicle. Mit seiner für 2013 vorgesehenen Einführung wird die BMW Group ein Großserienfahrzeug auf den Markt bringen, das aus kohlefaser-verstärkten Werkstoffen aufgebaut ist.

Überzeugende Vorteile

Die Automotive Composites Alliance (ACA) hat jüngst bei einem PKW-Prototypen untersucht, welche Gewichtseinsparungen durch Umstellung von Metallkomponenten auf Composites erzielbar sind. Dabei stellte man fest, dass eine Composites-Form sechs bis acht Metallpressteile im Kofferraum ersetzen und somit bis zu 50 % Gewicht einsparen kann. Eine Composites-Motorhaube kann 30 % bis 40 % Gewicht im Vergleich zur Stahlausführung einsparen. Durch die Vereinfachung von vier Metallteilen auf einen zweiseitigen Composites-Kofferraumdeckel sind 25 % bis 35 % Gewichtseinsparung möglich. Hybridstoßfänger ermöglichen die Zusammenführung von vier Teilen zu einem einzigen Composites-Teil bei 25 % bis 35 % Gewichtsreduzierung.¹

Der Einsatz von Composites hat jedoch noch weitergehende Vorteile: Die Werkzeugkosten für Composites-Teile betragen gerade einmal 20 % der Kosten bei vergleichbaren Metallteilen. Niedrigere Investitionskosten kommen dem Wunsch der Autohersteller entgegen, neue Modelle mit weniger Aufwand produzieren zu können. Faserverstärkte Polymerverbundwerkstoffe ermöglichen die Konstruktion von Baugruppen aus weniger Teilen. Das wiederum senkt die Fertigungskosten und verkürzt die Zeit zur Markteinführung des Produktes. Zudem sind Composites widerstandsfähiger gegenüber Beschädigungen durch Beulen als Aluminium-, Stahl- oder Thermoplaste. Composites punkten insbesondere beim Thema Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu Metallteilen.

Die überlegene Dämpfung von Composites trägt zu besseren Lärm-, Schwingungs- und Akustikeigenschaften bei. Composites ermöglichen eine größere Flexibilität der Formgebung, mehr geometrische Details und einen Ziehtiefenbereich, der weit über den von Metallpressteilen hinausgeht.

Hersteller von Massenverkehrsfahrzeugen – also Personenzügen und Straßenbahnen, Linien- und Reisebussen – setzen ebenfalls mehr und mehr auf Composites. Die leichten Composites-Werkstoffe senken Energieverbrauch und Emissionen und ermöglichen die Verwendung der bestehenden Trassen für neue Hochgeschwindigkeits- und Neigetechnikzüge. Zusätzliche Energie und Emissionsenkungen ergeben sich durch die bessere aerodynamische Formgebung der Fahrzeuge, die teilweise nur mit Composites möglich ist.

Tragende Composites-Teile stellen geringere Ansprüche an Aufhängung und Abstützung, wodurch sich die Nutzlast eines Fahrzeugs erhöht. Zudem lassen sich Composites so konstruieren, dass sie Energie besser abbauen und feuerbeständig sind. Sie verbessern damit die Fahrzeugsicherheit.

¹ - <http://www.autocomposites.org/news/advertorials/2008.pdf>

Von Metallen zu Composites: neue Herausforderungen

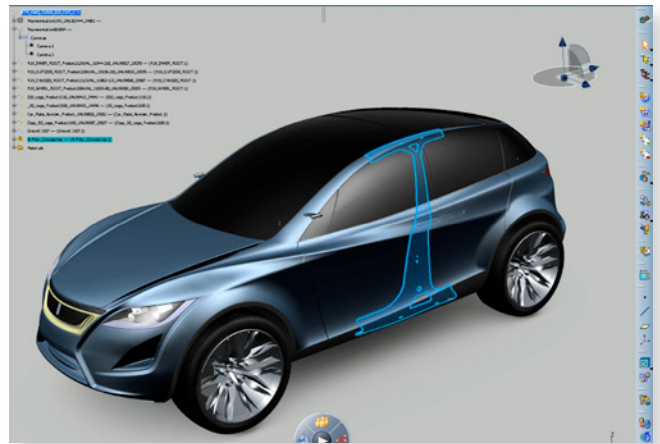
Um im Automobilbau mit dem Einsatz von Composites erfolgreich zu sein, sind erheblich bessere Werkzeuge für den gesamten Fertigungsprozess von der Produktkonstruktion über die virtuelle Erprobung bis hin zur Fertigung erforderlich. Die meisten heutigen CAD-Lösungen wurden ursprünglich für Metall- und Kunststoffteile ausgelegt, die längst nicht so komplex sind wie mehrlagige Faserverbundwerkstoffe Strukturbauteile sind.

Zur Bewältigung dieser komplexen Herausforderungen arbeitet Dassault Systèmes (3DS) eng mit führenden Industrieunternehmen zusammen und hält eine Lösung bereit, um Composites-Strukturen auf einer einzigen Plattform zu konstruieren, zu simulieren und zu fertigen.

Als Kern der Composites-Lösung von 3DS stellt CATIA eine dedizierte Umgebung für die Konstruktion von Composites-Teilen und Strukturen bereit. Die Designanforderungen, Konstruktion und deren Ausarbeitung lassen sich in CATIA in einer sehr hohen Oberflächenqualität und Qualität realisieren. Die Simulationsanforderungen und deren Erwartungen werden transparent und nachvollziehbar in SIMULIA wiedergegeben. Für die Sicherstellung mit den gleichen Geometrien und Materialien zu arbeiten, werden diese Daten bidirektional zwischen Design und Simulation ausgetauscht. SIMULIA beinhaltet innovative Simulationswerkzeuge und compositesspezifische Methoden zur Verbesserung der Konstruktion, zur aussagekräftigen virtuellen Erprobung und zur deutlichen Reduzierung der Abhängigkeit von physischen Erprobungen bei gleichzeitiger Erfüllung aufsichtsrechtlicher Anforderungen. DELMIA umfasst Funktionen für die digitale Fertigung von der Planung über die simulationsbasierte Validierung bis zur Erstellung von Arbeitsanweisungen und zur Bereitstellung der Daten in der Produktionshalle.

Die Produktdefinition, die in dem Modell steckt, wird derzeit für die Composites-Prozessplanung gar nicht genutzt. Üblicherweise werden Composites-Prozesspläne durch manuelle Eingabe oder Finite-Elemente-Netze erzeugt, die Lagen zugunsten einer schnellen Entwicklung in einer Weise definieren, die nicht den tatsächlichen Modellen entspricht. Nicht verwendbare Arbeitsanweisungen und Planungsabläufe sowie das Unvermögen, die Wirkung von Konstruktionsänderungen auf die Fertigungsprozesse schnell zu analysieren, tragen ebenfalls zu einer unerwünschten Verzögerung der Produktauslieferung bei.

Es ist unbestritten, dass die Konstruktion und Serienfertigung produktionsreifer Composites-Teile komplex und aufwändig ist. Bei einer herkömmlichen Vorgehensweise müssen Konstruktion, Analyse und Fertigung von Composites-Teilen in sequenziellen, zeitraubenden und isolierten Prozessen erfolgen, die zudem viele manuelle Eingriffe erfordern.



Beispiel einer mit Composites-Materialien entwickelten und gefertigten Autokarosserie

Ein komplexer Konstruktionsprozess

In der Automobilindustrie hat man es bislang vorwiegend mit Metallen zu tun gehabt, also sogenannten isotropen Werkstoffen. Composites sind nicht isotrop. Ihre numerische Definition ist komplex und umfasst eine große Vielzahl verschiedener Parameter. Eine der Herausforderungen bei der Modellierung von Composites-Teilen liegt darin, die richtige Balance zwischen der Zahl der Parameter zu finden, die man zur genauen Charakterisierung des Werkstoffs braucht, und der Zeit, die die Berechnung dieser Parameter erfordert. Zur Bewältigung dieser Aufgabe kann die CATIA Composites-Lösung von 3DS eine genaue Charakterisierung anhand der Werkstoffeigenschaftsdaten vornehmen. Der Anwender ist damit in der Lage, ein detailliertes Composites-Lay-Up schnell zu definieren. Für die Sicherstellung mit den gleichen Geometrien und Materialien zu arbeiten, werden diese Daten bidirektional zwischen CATIA und SIMULIA ausgetauscht.

Eine weitere wesentliche konstruktive Herausforderung ist die Notwendigkeit, bereits in der vorläufigen Produktentwicklungsphase viele verschiedene Varianten schnell zu erproben und zu testen. In dieser Phase kommt es darauf an, die Composites-Modelle innerhalb weniger Stunden im Rahmen einer Konstruktionsänderung aktualisieren zu können. Die CATIA Composites-Lösungen bieten hierzu verschiedene Verfahren für die automatische Erstellung von Lagen an, z.B. einen zonenbasierten Ansatz mit Übergangszonen, manuelle Lagenerstellung, Grid-Design und volumenbasierte in Lagen aufgeteilte Volumenableitung, und erzeugen eine Assoziativität zwischen Flächen- und Composites-Parametern. Ändern sich die Innen- oder Außenflächen, muss die Aktualisierung unbedingt unmittelbar in der Konstruktionsumgebung erfolgen können, ohne dass es notwendig ist, neue Flächen zu importieren und das Volumenmodell neu zu erstellen.



Automatische Lagenerstellung mit zonenbasiertem Ansatz

Die automatische Aktualisierung des Composites-Modells anhand der neuen Flächen senkt den Zeitaufwand erheblich. Diese Herangehensweise stellt zudem eine höhere Genauigkeit sicher und verringert die Zahl der bis zum Abschluss der Konstruktion notwendigen physischen Prototypen.

Konstrukteure müssen zudem frühzeitig in der Lage sein, die Composites-Teile mit einer klaren Vorstellung von den verwendeten Werkstoffen zu analysieren, beispielsweise Sandwichstrukturen die einlamiert werden, auch Gewebe und Faserverbundwerkstoffe, um deren Verhalten und gegenseitige Interaktion zu verstehen. CATIA Composites beinhaltet einen umfassenden Satz von Composites-Inspektionswerkzeugen (Core Sample und numerische Analyse, interaktive Lagentabelle usw.) für die detaillierte Betrachtung der Composites-Strukturen.

Zur Optimierung des Gewichts und der Festigkeit der Konstruktion und um sicherzustellen, dass sich das fertige Produkt gemäß den Vorgaben und Zielen verhält, ist es notwendig, den Konstruktions-, Analyse- und Fertigungsprozess auf einer gemeinsamen Plattform integrieren zu können. Metallteilebaugruppen werden im Automobilbau durch Schweißen, Nieten, Verschrauben oder Kleben zusammengefügt. Bei Composites kann sich dieser Prozess ganz anders darstellen. Konstrukteure müssen die Eigenschaften der Verbundwerkstoffe, den Montageprozess in der Fertigung und die potenzielle Auswirkung dieser Faktoren auf die von ihnen bearbeiteten Teile genau kennen. CATIA Composites gibt dem Konstrukteur produktive Funktionen an die Hand, damit er die Fertigungsbedingungen bereits frühzeitig in die Konstruktionsphase integrieren und bei der Modellierung der Teile berücksichtigen kann.

In der Konstruktionsphase müssen Konstrukteure zudem in der Lage sein, den Fertigungsprozess zu simulieren, um die Faserausrichtung des Werkstoffs in der Fertigung visualisieren zu können. Ohne diese Funktionalität in der Softwarelösung gäbe es eine erhebliche Abweichung zwischen dem fertigen Produkt und der eigentlichen Konstruktionsabsicht. Das Ergebnis wäre eine schlechte Qualität und eine Verzögerung der Produktion. 3DS nutzt sein Netzwerk an hochqualifizierten Technologiepartnern zur Bereitstellung innovativer Spezialanwendungen, die vollständig in die Konstruktionsumgebung von CATIA Composites integriert sind, um das Lagenverhalten zu simulieren und die Faserdeformation zu beurteilen. So lassen sich Korrekturen vornehmen, schon bevor die Konstruktion zum Zuschneiden und Handlaminieren an die Fertigung übergeben wird. Die Anwender können den Lagenaufbau visualisieren und die Laminatstruktur optimieren, um Faltenbildung und andere Probleme vor der Übergabe zu beseitigen.

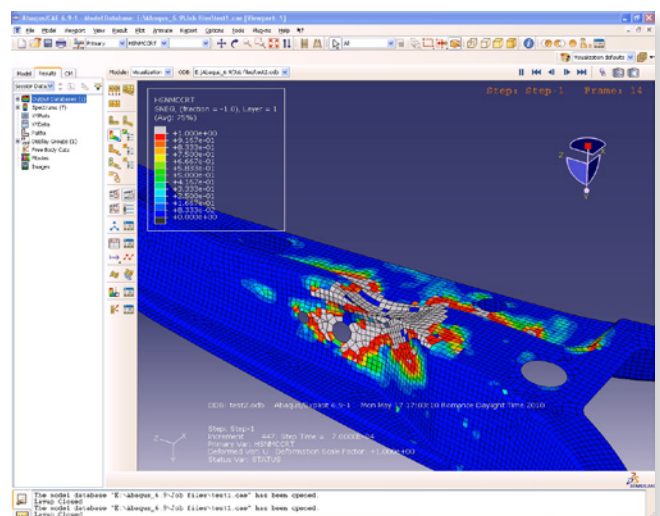
Eigenschaften und Aufprallsimulation

Wie bereits erwähnt, sind Composites-Werkstoffe heterogen. Ihr Verhalten zu verstehen und vorherzubestimmen, ist daher komplexer als bei Metallen. Daher sind leistungsstarke und verlässliche Simulationsanwendungen besonders wichtig, um analysieren zu können, wie sich das konstruierte Teil verhalten wird. Eine große Anforderung besteht heute darin, die Vorteile von Composites-Werkstoffen mit der geeigneten Simulationsanwendung vollständig auszunutzen. Da sich die Automobilindustrie noch in einem frühen Stadium der Einführung von Composites in der Serienfertigung befindet, bringen Werkstoffhersteller ständig neue Materialien auf den Markt, deren Parameter erst noch ermittelt werden müssen. Gestützt auf Partnerprodukte, die vollständig in die Konstruktionsumgebung integriert sind, stellt 3DS das Know-how und die Verfahren zur Verfügung, um die Eigenschaften eines neuen Werkstoffs schnell und vollständig zu definieren und diesen Werkstoff in die gewünschte Form zu bringen.

Der Informationsverlust und der Zeitaufwand bei der Übergabe der Composites-Daten zwischen CAD- und CAE-Anwendungen, macht oft eine Übersetzung der Daten erforderlich, aber mit der Anwendung in CATIA ist die Datenübertragung nach SIMULIA Abaqus/CAE FEA mit dem bidirektionalen Prozess sichergestellt. So werden die Geometrien, Materialien und deren Ausrichtung 1:1 mitgenommen und nötige Änderungen anschließend wieder angepasst.

Die Fähigkeit, die genauen Faserwinkel und Lagendicken direkt aus der Konstruktions- in die Analyseumgebung übertragen zu können, verbessert die Simulationsgenauigkeit. Die Möglichkeit, aktualisierte Konstruktionsdaten aus der Analyse direkt in die Konstruktion rückübertragen zu können, macht eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren und Analysten möglich, gewährleistet die Übereinstimmung des analysierten Modells mit der endgültigen Struktur und verhindert die Spezifikation von Lagen und Strukturen, die nicht fertigungsfähig sind.

Simulationsspezialisten sind zwar mit Metallteilen vertraut, aber die Untersuchung von Composites-Baugruppen bedarf einer umfassenden Analyse von Phänomenen wie Rissbildung, Delaminierung, Verformungsfähigkeit, Knautschverhalten usw. Zur Analyse und Simulation dieser Phänomene stellt die Finite-Elemente-Analyse SIMULIA Abaqus von 3DS leistungsstarke Funktionen zur Verfügung, die auf speziellen Techniken beruhen, wie der Virtual Crack Closure Technique (VCCT) für die Delaminierung oder der CZONETechnologie für die direkte Einbeziehung der aufprallinduzierten Kräfte und Schwachstellen in definierten Knautschzonen.



**Progressive Aufprallsimulation
an einer B-Säule aus Composites**

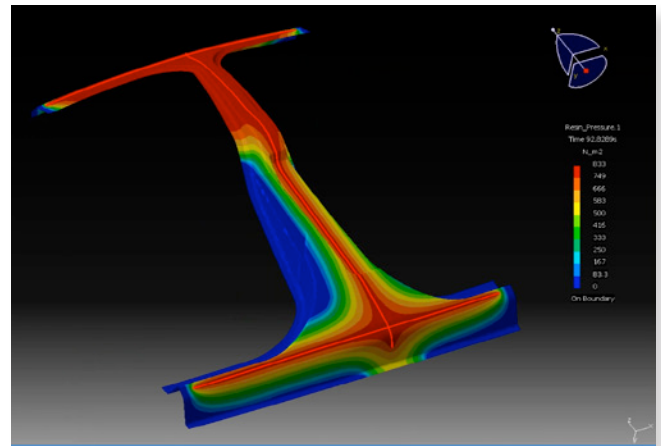
Von manuellen zu automatischen Fertigungsprozessen

Die Fertigung in der Automobilindustrie ist erfahren im Umgang mit Metallteilen. Die Umstellung auf die Großserienproduktion von Composites-Strukturen hingegen wird Automobilhersteller und Zulieferer, wie erwähnt, vor erhebliche Herausforderungen stellen. Die hohen Rohmaterialkosten sowie das Fehlen automatisierter und wiederholbarer Fertigungsprozesse steht zur Zeit noch einer umfassenden Verwendung von Composites in der Massenproduktion entgegen. Die DELMIA Composites-Planning-Lösung nutzt die Informationen über Lagenaufbau und Composites-Eigenschaften aus dem CATIA-Modell für eine umfassende Prozessplanung und Dokumentation zur Automatisierung der Fertigungsprozesse und zur Erstellung von Prozessplänen und Arbeitsanweisungen. Dank der Partnerschaft von 3DS mit führenden Werkzeugmaschinenherstellern können zudem verschiedene Systeme für automatisches Tapelegen (ATL) und Automatic Fiber Placement (AFP) berücksichtigt werden. Zur Automatisierung von Composites-Produktionslinien bietet 3DS die DELMIA Robotics-Lösung an.

Die Wahl des Fertigungsprozesses hängt vom Produktionsvolumen ab. Während für kleine Volumina manuelle Prozesse empfehlenswert sind, sind für mittlere und hohe Volumina automatisierte Prozesse unumgänglich. Damit das Gewebe stets gleichbleibend in die Form gebracht wird, unabhängig vom geplanten Volumen, nutzt 3DS vollständig in die Konstruktionsumgebung integrierte Lösungen für Nesting, Schneiden und Laserprojektion, die eine Optimierung des Lagen-Lay-Ups eines Composites-Modells mit höchster Genauigkeit ermöglichen.

Sicherlich werden noch weitere Fortschritte nötig sein, um Composites verstärkt in Großserienanwendungen einsetzen zu können. Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von Composites im Verkehrswesen sind die kontinuierlichen Verbesserungen der Fertigungsprozesse, wie beispielsweise das Resin Transfer Molding (RTM). Dieses und andere Verfahrene eignen sich auch gut für Großserienanwendungen im Automobilbau. RTM ist ein Prozess, der mit geschlossener Form arbeitet. Der trockene Faserwerkstoff wird zwischen zwei Werkzeughälften angeordnet. Anschließend wird Harz in die Kavitäten eingespritzt. RTM ist in den vergangenen Jahren auf zunehmendes Interesse gestoßen, weil die Verwendung einer geschlossenen Form die Einhaltung strengerer Umweltauflagen erleichtert. Mit RTM lässt sich zudem eine für die Automatisierung geeignete Produktqualität erzielen, insbesondere gute Toleranzen, ausgezeichnete mechanische Eigenschaften und eine überlegene Oberflächen-güte. Die üblicherweise hohen Werkzeugkosten konnten durch Vakuumtechniken im Zusammenspiel mit dem Injektionsdruck gesenkt werden.

Auf diese Weise stellt 3DS eine vollständige Lösung zur Simulation und Optimierung des RTM-Prozesses mithilfe von Partnerprodukten bereit. Angussverteiler und Lüftungsöffnungen lassen sich zur Vermeidung trockener Stellen genau platzieren. Füll- und Aushärtzeiten lassen sich vorherbestimmen und optimieren. Der Druck in der Form während des Einspritzvorgangs ist genau berechenbar und die Geschwindigkeit der Fließfront lässt sich zur Vermeidung von Faserverschiebungen genau einstellen.



RTM resin flow simulation

Fazit

Die Automobilindustrie setzt zunehmend auf kohlefaserverstärkte Composites für einen weiten Bereich von Anwendungen, von Stoßfängern bis hin zu komplexen tragenden Teilen in Renn-, Luxus-, Premium- und Großserienfahrzeugen, um Umweltauflagen zu erfüllen und Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Die herkömmlichen manuellen, sequenziellen, auf Versuch und Irrtum beruhenden Composites-Konstruktionsprozesse lassen es wegen der langen Produktentwicklungszyklen und der ungenauen Fertigungsprozesse kaum zu, die Vorteile von Faserverbundwerkstoffen im Hinblick auf deren enormes Leistungspotenzial tatsächlich auszuschöpfen.



Branchenführende Produkte



Virtuelles Produkt



Virtueller Planet



3D-Design



Information Intelligence



Realistische Simulation



Dashboard Intelligence



Digitale Fertigung



Soziale Innovation



Vernetzte Innovation



Kommunikation in 3D

Dassault Systèmes, die **3DEXPERIENCE** Company, ermöglicht Unternehmen und Menschen durch virtuelle Welten nachhaltige Innovationen tatsächlich erlebbar zu machen. Seine weltweit führende 3D-Design-Software sowie Lösungen für digitale Prototypen in 3D und Product Lifecycle Management (PLM) erschließen vollkommen neue Wege, Produkte und Anlagen zu konzipieren, produzieren und zu warten. Die Dassault Systèmes **3DEXPERIENCE** Plattform besteht aus dem folgenden Bausteinen:

- Plattform für soziale Innovationen, basierend auf den Brands ENOVIA und 3DSW4M
- Plattform für suchbasierte Anwendungen (SBA) mit den Brands EXALEAD und NETVIBES
- Plattform für die Aufbereitung und Simulation von Produkt- und Prozesswissen, unterstützt durch die Brands 3DVIA, DELMIA und SIMULIA
- Plattform für 3D-basiertes Design und Modellierung mithilfe der Brands CATIA und SOLIDWORKS
- Real Time Experience – die offene und flexible Plattform für die funktions- und unternehmensübergreifende Anwendungs- und Prozessintegration

Der Konzern betreut über 150.000 Kunden jeder Größe und in allen Branchen in mehr als 80 Ländern.

CATIA, SOLIDWORKS, SIMULIA, DELMIA, ENOVIA, GEOVIA, EXALEAD, NETVIBES, 3DSW4M und 3DVIA sind eingetragene Warenzeichen von Dassault Systèmes oder seinen Tochterunternehmen in den USA und/oder anderen Ländern.

DASSAULT SYSTÈMES DEUTSCHLAND GMBH

Meitnerstrasse 8
D-70563 Stuttgart
Tel. +49 (0) 711 27 300-0
Email: DACH.info@3ds.com

DASSAULT SYSTÈMES AUSTRIA GMBH

Wienerbergstrasse 51
A-1120 Wien
Tel. +43 (0) 1 22 707-0
Email: DACH.info@3ds.com

DASSAULT SYSTÈMES (SCHWEIZ) AG

Balz-Zimmermannstrasse 7
CH-8302 Kloten
Tel. +41 (0) 44 200 367-0
Email: DACH.info@3ds.com

Besuchen Sie uns
3DS.COM/COMPOSITES

