

## Anwendungsbeispiel

# TU Chemnitz: Leicht in die Serienproduktion – Mit optischer 3D-Messtechnik durch den Leichtbauprozess

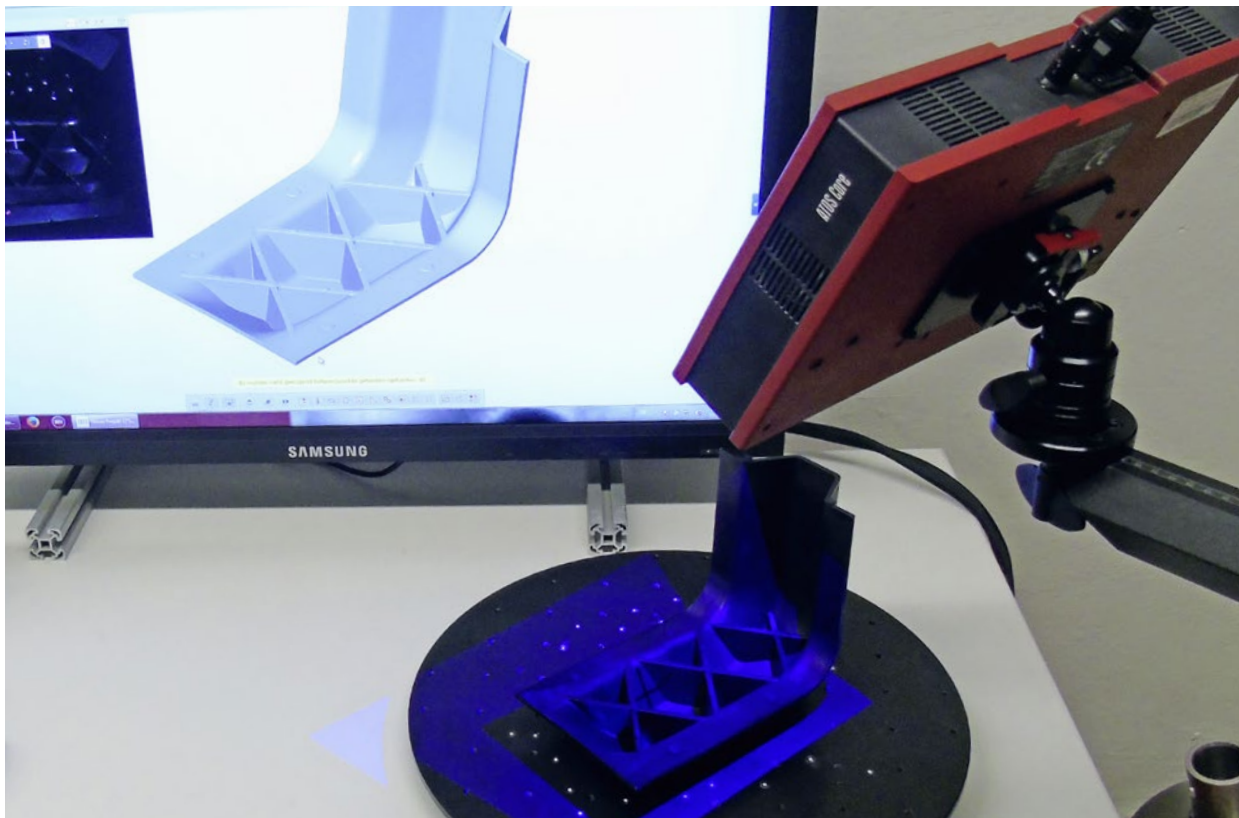
Standort / Land: Chemnitz / Deutschland

GOM System: ARAMIS, ATOS, ARGUS

GOM Software: ARAMIS Professional, GOM Inspect Professional, ATOS Professional, GOM Correlate

Arbeitsbereich des Unternehmens: Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung

Wer Leichtbauteile in Serie bringen will, braucht tiefes Werkstoffwissen – doch genau hier liegt die Krux: Die neuartigen Materialien und Strukturen sind anspruchsvoll in der Berechnung und die Produktionsprozesse folgen anderen Gesetzmäßigkeiten als im Metallbau.



Forscher der TU Chemnitz sorgen nun für Durchblick: Mithilfe der optischen 3D-Messtechnik von GOM sind sie in der Lage, Materialeigenschaften konkret zu beschreiben, Herstellungsverfahren zu optimieren und für jede industrielle Anwendung ein passgenaues Leichtbauteil zu entwickeln. Davon profitiert u. a. der Automobilbauer BMW: Am Beispiel der BMW 7er-Serie haben die Chemnitzer einen Technologiedemonstrator eines Dachspriegels aus faserverstärkten Thermoplasten gestaltet, der gegenüber dem duroplastischen Serienbauteil für eine wirtschaftliche Großserienfertigung geeignet ist.

Der Bundesexzellenzcluster „Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen“ MERGE an der Technischen Universität Chemnitz ist der bundesweit erste auf dem Gebiet der Leichtbauforschung. Innerhalb von MERGE werden materialwissenschaftliche und technologische Grundlagen für die großserientaugliche und ressourcenschonende Herstellung von Leichtbauverbundstrukturen erforscht. Zu den Ausgangswerkstoffen zählen nicht nur gezielt modifizierte Hochleistungspolymere und Compounds aus nachwachsenden Rohstoffen, sondern auch thermoplastische Prepregs und bionische Textilpreformen. Außerdem befasst sich das 100-köpfige MERGE-Team mit der Herstellung von Bauteilen in Mischbauweise, u. a. dem fügenlosen Verbinden von thermoplastischen Faserverbundkunststoffen mit Metallen.

Die Wissenschaftler sind eng mit der Industrie vernetzt. „Wir lösen branchenübergreifend konkrete Fragestellungen rund um den Leichtbau. Dabei unterstützen wir unsere Partner in allen Stufen der Leichtbauprozesskette: von der Auswahl der passenden Materialien und der Materialcharakterisierung über die Konstruktion der Leichtbauteile und Werkzeuge, die Simulation, Werkzeugfertigung und Erstbemusterung bis hin zum Einstieg in die Serie“, berichtet Prof. Dr. Lothar Kroll, Direktor des Instituts für Strukturleichtbau und Koordinator des Clusters MERGE an der TU Chemnitz.

### Optische 3D-Messtechnik als Rückgrat der Prozesskette

Damit die Forscher effizient zum Ziel kommen, setzen sie in allen Prozessstufen optische 3D-Messsysteme ein, die Materialproben und Bauteile je nach Situation entweder statisch oder dynamisch erfassen. „Der Einsatz der berührungslosen Messtechnik, die eine zerstörungsfreie Prüfung und Erprobung ermöglicht, spart uns Zeit, liefert aussagekräftige Informationen über das Verhalten und die Beschaffenheit von Materialien und Bauteilen und weist uns den Weg zum optimalen Leichtbauteil“, fasst Norbert Schramm, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Leichtbauinstituts, zusammen. Wie die optische Messtechnik die Chemnitzer durch den Leichtbauprozess lotst, demonstriert er an ausgewählten Praxisbeispielen, die zur Veröffentlichung freigegeben sind. „Wir betreiben hier echte Grundlagenforschung, in die wir immer wieder Einblicke gewähren; viele Industrieprojekte unterliegen aber der Geheimhaltung, denn die Erkenntnisse verschaffen den Auftraggebern einen immensen Wettbewerbsvorteil“, erklärt Schramm. So ist es nicht verwunderlich, dass er in den seltensten Fällen über konkrete, am Institut für Strukturleichtbau der TU Chemnitz entwickelte Bauteile sprechen darf. Eine Ausnahme ist der Technologiedemonstrator des CFK-Dachspriegels.



Abb. 1: Prof. Lothar Kroll, Koordinator des Bundesexzellenzclusters MERGE (links) und Norbert Schramm, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Chemnitz, im Gespräch zum Pkw-Dachspriegel (© TU Chemnitz)

## ARAMIS prüft die Belastungsgrenzen der Leichtbauwerkstoffe

Der Dachspriegel sitzt als Querstrebe zwischen der B- und C-Säule des Fahrzeugs und ist essenziell für die Dachsteifigkeit. Für das Originalbauteil im aktuellen BMW 7er, das aus duroplastischem CFK besteht, sollten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des MERGE-Clusters eine Alternative aus einem thermoplastischen Composite gestalten, die sowohl technologisch als auch wirtschaftlich überzeugt und somit großserientauglich ist. Die große Unbekannte in dieser Gleichung: Das Temperaturverhalten der endlosfaserverstärkten Thermoplaste, das bis dato nahezu unerforscht war. Von einer temperaturabhängigen Versagensanalyse erhofften sich die Forscher näheren Aufschluss. Anhand der Testergebnisse sollten sie eine temperaturabhängige Materialcharakterisierung erarbeiten und die abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten mit einem Auslegungsalgorithmus beschreiben.

Norbert Schramm erläutert die Vorgehensweise: „In die temperaturabhängige Versagensanalyse einbezogen haben wir kohlenstofffaserverstärktes Polyamid 6, glasfaserverstärktes Polyamid 6 sowie mit kohlenstofffaserverstärktes Polyphthalamid. Die Untersuchung der Belastungsgrenzen erfolgte anhand von Materialproben mithilfe von Zug-, Druck- und Schubbelastungen – auch in Kombination – in einem für Automobilanwendungen typischen Temperaturbereich von  $-30\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$ .

Immer mit von der Partie: der hochpräzise Messsensor ARAMIS von GOM, der speziell für die 3D-Bewegungs- und Verformungsanalyse konzipiert wurde. Mit bis zu 2.000 Bildern pro Sekunde erfasst das Stereokamerasystem während des Versuchs das Verhalten sowohl einzelner Punkte also auch ganzer Flächen und liefert Informationen zu 3D-Verschiebungen, -Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie Oberflächendehnungen.

Dass das Messsystem sowohl flächenhafte als auch punktuelle Analysemöglichkeiten bietet, findet Norbert Schramm besonders praktisch. „Lokale Werte allein, wie sie z. B. Dehnungsmessstreifen liefern, sind im Fall von anisotropen Materialien mit richtungsabhängigen mechanischen Eigenschaften nicht ausreichend. Wenn man in den Belastungstests sowohl die faserdominanten mechanischen Eigenschaften des Verbunds in Faserrichtung als auch die matrixdominanten Eigenschaften quer zur Faser überprüfen möchte, braucht man vollflächige Objektinformationen. Diese, gespickt mit Aussagen zu speziellen Punkten, bieten uns ein umfassendes Bild über den Zustand des Materials, auch zu unvorhergesehenen Effekten. ARAMIS ermittelt ein dichtes Netz aus leicht interpretierbaren Daten, die Aufschluss über Schadensbilder und deren Quelle ergeben.“



Abb. 2: Norbert Schramm (rechts im Bild) präsentiert einen vom MERGE-Team entwickelten Seitenaufprallträger in Leichtbauweise. Die angespritzte Rippenstruktur erhöht dessen Steifigkeit (© GOM GmbH)

Das Ergebnis dieser Tests war eindeutig: Die matrixdominanten Eigenschaften quer zur Faser zeigen insbesondere beim kohlenstoff- sowie glasfaserverstärkten Polyamid 6 eine signifikante Temperatureinflussung, die zwingend bei der Bauteilauslegung berücksichtigt werden muss. Hier reduzierte sich bspw. die Schubsteifigkeit und -festigkeit im hohen Temperaturbereich um bis zu 70 Prozent.

### Flexibles Messfeld, jede Geometrie, beliebiger Einsatzort

Doch nicht nur zur Bestimmung von Materialkennwerten wird ARAMIS benötigt. Die Chemnitzer holen den mobilen Verformungs- und Bewegungssensor auch zum Prüfstand, wenn es an die Strukturtests der gestalteten Leichtbaukomponenten geht. Hier kommt den Wissenschaftlern das flexible Messfeld des Systems zugute: „Mit ARAMIS können wir Objekte jeder Größe und Geometrie testen. Analysiert haben wir u. a. Seitenaufprallträger, Instrumententafelträger, ein Snowboard und natürlich auch den besagten Dachspiegel für den BMW der 7er-Serie“, erklärt Norbert Schramm. Des Öfteren geht das tragbare System auch auf Reisen. Dann übernimmt es Messungen direkt in der Produktionsumgebung der Auftraggeber. „Wir werden gerufen, wenn produzierte Leichtbaukomponenten Mängel aufweisen und sich die Fehlerquelle nicht ausmachen lässt“, so Schramm. Anstatt die Nadel im Heuhaufen zu suchen, nehmen die Chemnitzer mit ARAMIS eine zielgerichtete Maschinenanalyse vor.



Abb. 3: Der Dachspiegel im Belastungstest. Das Messsystem ARAMIS überwacht den Versuch und liefert sowohl flächenhafte als auch punktuelle Messdaten (© TU Chemnitz)

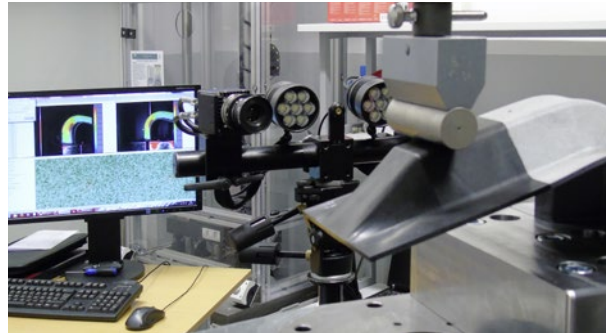


Abb. 4: Der 3D-Bewegungs- und Verformungssensor ARAMIS überprüft das Bauteilverhalten (© TU Chemnitz)

Schramm erinnert sich an einen konkreten Fall: „Wir waren bei einem Spritzgießer, der mit Filmnähten am Bauteil zu kämpfen hatte. Es stand die Vermutung im Raum, dass die Führung des Lastrahmens schuld daran sei. Doch die ARAMIS Messung ergab, dass das Werkzeug während des Spritzgießens in sich verkippte.“

### Deformationsmessung mit ARGUS

Wieder einen Schritt zurück: Bevor die Chemnitzer aktiv in die Gestaltung eines Leichtbauteils einsteigen, nehmen sie die am Prüfstand analysierten Materialien noch einmal virtuell unter die Lupe. Anhand einer Draupiersimulation, die die komplexen Wechselwirkungen aus Materialkennwerten, Objektgeometrien und Herstellverfahren berücksichtigt, lässt sich voraussagen, wie sich der Umformprozess auf die Faserorientierung auswirken wird. Sie bestimmt alle für den Bauteilkonstrukteur elementaren Prozessparameter wie die Dickenverteilung und Faserorientierung.

Die Verifikation dieser Simulation erfolgt in vielen Fällen mithilfe von Praxistests. Auch hierbei hilft die optische 3D-Messtechnik – in diesem Fall das Messsystem ARGUS von GOM, das die Formänderung bei Umformprozessen flächenhaft dokumentiert und das Scheren des Werkstoffs aufzeigt. „Wir bekleben die flächigen Materialplatten vor der Umformung mit Messpunkten, dann erfolgt die Umformung und anschließend vergleichen wir die räumliche Lage der Punkte vor und nach dem Umformen.“ Alle Ergebnisse liegen in einem fein aufgelösten Netz vor, das durch die Bestimmung der 3D-Koordinaten zustande kommt und die Oberfläche des gemessenen Bauteils darstellt.

### 3D-Form- und Maßanalyse mit ATOS

Ein weiteres Puzzleteil im Leichtbauprozess ist die 3D-Form- und Maßanalyse der gefertigten Komponenten und Werkzeuge. Zur Überprüfung der Produktionsqualität setzt die TU Chemnitz auf den optischen 3D-Scanner ATOS von GOM, der im Gegensatz zu punktuell messenden taktilen Systemen eine präzise vollflächige Objektdigitalisierung ermöglicht. Dank moderner Optoelektronik, präziser Bildverarbeitung und mathematischer Algorithmen entsteht mit dem ATOS Scanner ein hochgenaues Abbild des Prüflings. Wie groß das Messobjekt ist, spielt dabei keine Rolle. „Mit ATOS scannen wir Proben aus dem Mikrospritzguss genauso wie komplette Fahrzeuge“, bemerkt Schramm. Ebenso weit gefasst ist die Fragestellung, die mithilfe der ATOS Vermessung geklärt wird: „In einem Fall geht es darum das Schwinden von Bauteilen, das im thermoplastischen Abkühlprozess zwangsläufig eintritt, gegen die Simulation abzugleichen. Dann beschäftigen wir uns wieder mit dem Verschleiß

von Werkzeugen: Beide Werkzeughälften werden gescannt, mit den CAD-Daten verglichen und so die Abnutzung sichtbar gemacht“, so Schramm. Hilfreich sei dabei die einfach verständliche Darstellung der Messergebnisse im Reporting. Die Abweichungen zwischen dem digitalisierten Objekt und dem CAD-Modell werden in Falschfarben dargestellt – somit ist auf den ersten Blick ersichtlich, an welcher Stelle es klemmt.

Auch der besagte Technologiedemonstrator des Dachspriegels für die BMW 7er-Serie wurde im Rahmen der Erstbemusterung mit dem ATOS Scanner digitalisiert. Zum vergleichbaren Stahlbauteil des Vorgängermodells konnten die Chemnitzer Wissenschaftler schlussendlich eine deutliche Gewichtsreduzierung von 45 Prozent realisieren. Weitere wegweisende Projekte, die konventionelle Bauteile auf Diät setzen, sind in Arbeit. „Die optische 3D-Messtechnik von GOM wird dabei auch weiterhin eine Schlüsselfunktion einnehmen“, meint Norbert Schramm abschließend. „Nur so können wir verlässliche Vorhersagen zum Materialverhalten treffen, den Herstellprozess besser kontrollieren und Bauteile hochgenau prüfen.“

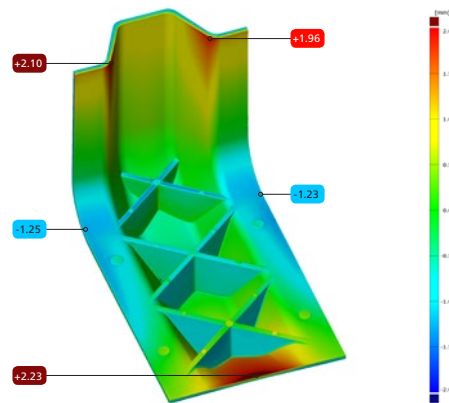


Abb. 5: Soll gegen Ist: Der optische 3D-Scanner ATOS digitalisiert das Demobauteil „Chemnitzer Haken“, ein U-Profil mit Rippenstruktur. Die Software stellt die Abweichungen u. a. in Falschfarben dar (© TU Chemnitz)

## **TU Chemnitz**

Der Bundesexzellenzcluster „Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen“ (MERGE) an der Technischen Universität Chemnitz ist der deutschlandweit erste und einzige Cluster dieser Art auf dem Gebiet der Leichtbauforschung. Rund 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus sechs interagierenden Fachdisziplinen forschen seit 2012 an der Entwicklung energie- und ressourceneffizienter Herstellungsprozesse zur Gewichtsreduktion von Bauteilen und der Optimierung von Wertschöpfungsketten. Ihr Ziel ist es, heute noch getrennte Fertigungsprozesse und bereits bestehende Basistechnologien zur Verarbeitung unterschiedlicher Werkstoffgruppen wie Textilien, Kunststoffe und Metalle zusammenzuführen sowie gleichzeitig Bauteile und Halbzeuge mit Sensorik und Aktorik auszustatten. Mehrkomponentenbauteile können dadurch in Großserie kostengünstiger sowie energie- und ressourceneffizienter als bislang produziert werden. In MERGE sind sowohl Großunternehmen als auch zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen eingebunden, die komplementär die Wertschöpfungskette „Vom Werkstoff zur Leichtbaustruktur“ abbilden.

## **GOM GmbH**

GOM entwickelt, produziert und vertreibt Software, Maschinen und Anlagen für die 3D-Koordinatenmesstechnik und das 3D-Testing auf Basis neuester Forschungsergebnisse und innovativer Technologien. Mit über 60 Standorten und mehr als 1.000 Messtechnik-Spezialisten garantiert GOM eine fundierte Beratung sowie weltweiten Support und Service. Mehr als 17.000 Systeminstallationen optimieren die Produktqualität und Abläufe der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrtindustrie und der Konsumgüterindustrie.