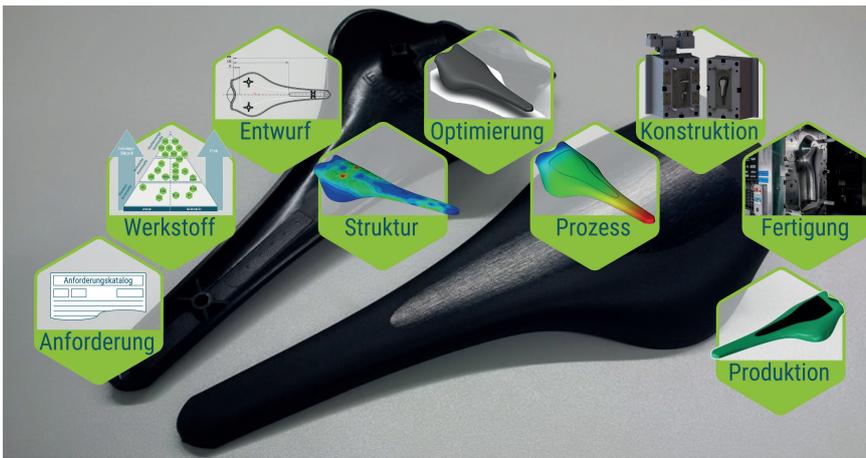


# Anwenderfreundlicher Datenaustausch im Digital Engineering

## Teil 6 der Serie: Wie eine webbasierte Schnittstelle das Datenhandling erleichtert

Das Digital Engineering umfasst die komplette Entwicklungskette eines Bauteils von der Qualitätsanforderung über die Konstruktion von Bauteil und Werkzeug bis hin zur Prozesssimulation und -auslegung. Die Vielzahl an Softwareanwendungen bedingt häufig ein Handling mit Informationen unterschiedlicher Datenformate. Nicht selten gehen hierbei Informationen verloren, weshalb im PIC 4.0 an Methoden zur Realisierung durchgängiger Simulationsketten geforscht wird.



Stadien des Produktentstehungsprozesses, hier am Beispiel eines mit verschiedenen Tapes belastungsgerecht ausgelegten Fahrradsattels © IKV

Die Eigenschaften eines zu entwickelnden Produkts werden im Digital Engineering unter Berücksichtigung des Fertigungsverfahrens durch eine digitale, aber physikalisch adäquate Repräsentation simuliert und digital optimiert. Die durchgängige Nutzung digitaler Methoden und entsprechender Software (CAx) steigert die Planungsqualität entlang des gesamten Produktentstehungs- und Produktionsprozesses [1].

Aufgrund der komplexen Planungs- und Berechnungsmethoden in den jeweiligen Stadien der Produktentstehung (**Titelbild**) werden häufig viele Softwareanwendungen eingesetzt. Einerseits sind die Anwendungen auf die Simulation im jeweiligen Stadium spezialisiert und verarbeiten gezielt bereitgestellte Informationen. Andererseits sind auch die Anwender häufig speziell im Umgang mit diesen Programmen und ihrer Auswertung ge-

schult. Das Datenhandling über unterschiedliche Formate und Planungsstadien hinweg – im Fall von Iterationsschleifen auch über Domänengrenzen hinweg – ist hingegen oft herausfordernd.

### Informationsverlust durch Software-Kombination

Ein Anwendungsfall ist die Verknüpfung einer strömungsmechanischen Simulation (Computational Fluid Dynamics, CFD) mit der Struktursimulation (**Bild 1**). Auf das Spritzgießen spezialisierte Simulationsprogramme erzeugen auf Basis von STEP-Dateien (\*.stp, \*.step), Stereolithografie-Dateien (\*.stl) oder einer Vielzahl weiterer Geometriedaten in eigenen und allgemein etablierten Formaten ein für den Simulationsfall passendes Berechnungsnetz (Mesh). Sie ermitteln die voraussichtliche Temperatur- und Druckverteilung,

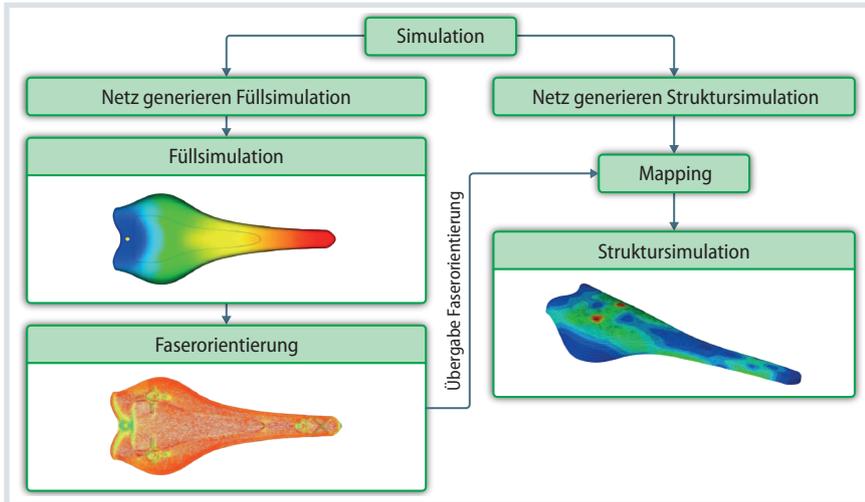
geben ein Füllbild einschließlich der zu erwartenden Fehlermerkmale (z.B. Binde- nähte) wieder und berechnen Eigenschaften wie Schwindung, Verzug, Faserorientierung und Eigenspannungen.

Das Mesh der Struktursimulation dagegen kann in Form und Granularität der Elemente abweichend erzeugt werden. Um Vergleiche anstellen zu können, muss ein Mapping der Netze aufeinander erfolgen, bei dem z.B. die Knoten und Kanten des starren Berechnungsnetzes einer Füllsimulation den zur Berücksichtigung einer mechanischen Belastung flexibleren Netzen einer Struktursimulation zugeordnet werden. Ein Informationsverlust entsteht dann, wenn zwischen Knoten des einen und eines anderen Netzes z.B. aufgrund abweichender Feinheit interpoliert werden muss.

Selbst beim Mapping zwischen ausgewählten Programmen und Formaten mithilfe kommerziell verfügbarer Schnittstellenprogramme gehen Informationen über die Feinheit des Ausgangsnetzes nach der Interpolation oder nach Rundung von Kantenlängen im Ausgabernetz häufig verloren. Hier ist es notwendig, das Ausgangsnetz ebenso nachzuhalten wie grundlegende Mesh-Informationen wie etwa die Größe, Ordnung und Form der Elemente sowie den Aufbau eines Netzes im jeweiligen Entwicklungsstadium.

### Entwicklung von Bediener-Schnittstellen zum Datenhandling

Im Plastics Innovation Center 4.0 (PIC 4.0) steht neben der Verknüpfung von Maschinen und Anlagen im Produktionsum-



**Bild 1.** Verknüpfung von CFD- und Struktursimulation zur idealen Bauteilauslegung [2]

Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

feld auch der nahtlose Datentransfer zwischen Anwendungen im Digital Engineering im Fokus. Dies umfasst sowohl erweiterte Datenstandards als auch Möglichkeiten, verschiedene Simulationsmodelle inklusive der entsprechenden Berechnungsnetze bedienerfreundlich zu übertragen und nachzuhalten. Eine Lösung für anwenderfreundliches Datenhandling stellt eine neuentwickelte webbasierte Benutzerschnittstelle dar. Sie greift auf eine Datenbank mit verfügbaren Simulationsdateien zu und gibt Einblick, wie sich Berechnungsnetze im Produktentstehungsprozess verändern. Zusätzlich unterstützt sie Simulations- und Produktionsprozesse, indem sie Versuchspläne und automatisierbare Optimierungsroutinen direkt aus der Anwendung heraus erzeugt.

Für die zielgerichtete Entwicklung der Benutzerschnittstelle wird ein Anwendungsfall betrachtet, in dem ein Bauteil für optische Anwendungen gemäß definierten Anforderungen ausgelegt werden soll [3]. Dies betrifft die Materialauswahl und die Bauteilgeometrie ebenso wie den Herstellprozess. Die hohen Anforderungen an das thermooptische Design einer Linse erfordern oftmals einen aufwendigen und mit vielen Iterationen verbundenen Entwicklungsprozess. Selbst wenn die ersten Bauteile bereits produziert wurden, muss die Werkzeuggeometrie oft noch digital vermessen und entsprechend angepasst werden. Neben der Prozesssimulation in Anwendungen wie Moldex3D, Sigmasoft, Cadmould oder Moldflow steht die Struktursimulation mithilfe von Ansys, Abaqus oder Zemax zur

Auslegung der optischen Eigenschaften hier im Fokus.

**Vom Hochladen der Geometriedaten zum Export eines Einstelldatensatzes**

Die im JavaScript-Webframework Vue.js entwickelte webbasierte Benutzerschnittstelle (**Bild 2**) vereinfacht das Aufsetzen einer Spritzgießsimulation in einer ausgewählten Anwendung. Darüber hinaus unterstützt sie die Optimierung der Einstellparameter durch die automatisierte Auswertung simulierter Versuchspläne (Design of Experiments, DoE). Die Webanwendung führt den Bediener vom initialen Hochladen mehrerer Geometriedateien für Bauteil, Anguss und Kühl- ➤

**Die Autoren**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann**

ist seit 2011 Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen.

**Pascal Bibow, M.Sc. RWTH** beschäftigt sich am IKV seit September 2016 mit intelligenten Produktionssystemen und ist seit Januar 2020 Geschäftsführer des Plastics Innovation Center 4.0; [pascal.bibow@ikv.rwth-aachen.de](mailto:pascal.bibow@ikv.rwth-aachen.de)

**Ben Liu, M.Sc. RWTH** beschäftigt sich am IKV seit April 2019 mit Fragestellungen des automatisierten Datenaustauschs und der Auswertung von Anwendungen des Digital Engineering im Spritzgießen.



**STATE OF THE ART**

**Neues Modell**  
MIL307 mit Drehteller für 2K- und 3K Werkzeuge  
mit einer Tischgröße von 3.500 x 2.500 mm



Plant Via delle Industrie, 10  
26010 Izano (CR) - Italia  
[info@millutensil.com](mailto:info@millutensil.com)  
[millutensil.com](http://millutensil.com)

Office Corso Buenos Aires, 92  
20124 Milano - Italia  
Tel. +39 02 29404390  
Fax +39 02 2046677



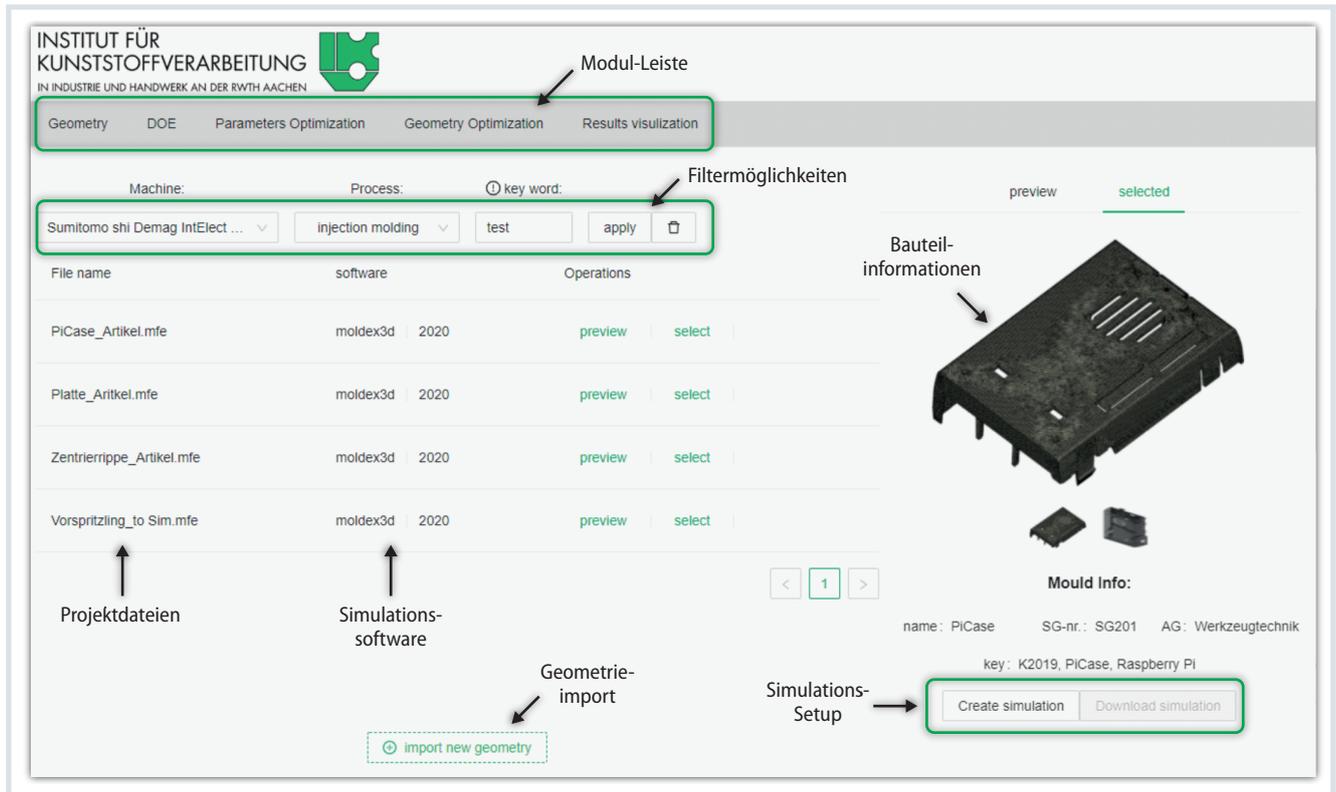
**Neues SiemensTablet**  
mit der exklusiven MyMILLApp® Software  
nicht nur um die Formen zu identifizieren,  
sondern auch um fortschrittliche  
Tuschierberichte nach Industry 4.0 zu erstellen.



**27. Fakuma 2020**

**13.-17. OKTOBER**  
**FRIEDRICHSHAFEN**

Halle: A6 Stand: A6-6104



**Bild 2.** Mithilfe des webbasierten User-Interface wird das Aufsetzen einer Simulation unabhängig von der Zielanwendung erleichtert. Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

### Dank

Die Errichtung des Plastics Innovation Center 4.0 wird gefördert durch Mittel des Landes NRW und aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE).

### Die Serie geht weiter

Im folgenden Beitrag berichten die Autoren über digitale Schatten im Aufbau und Test der initialen PIC-4.0-Testbeds, deren Speicherung und Verarbeitung mithilfe intelligenter Agenten. Er erscheint in Heft 12/21. Teil 5 erschien in der Juni-Ausgabe.

➤ [www.ikv-aachen.de/forschung/efre-pic-40/](http://www.ikv-aachen.de/forschung/efre-pic-40/)

## Service

### Literatur & Digitalversion

➤ Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

kanallayout durch den gesamten Entwicklungsprozess bis hin zum Export eines Einstelldatensatzes einer gewünschten Zielmaschine (Modul-Leiste).

In der Projektvorschau werden verfügbare Modelle und Zielanwendungen angezeigt, sodass der Datensatz direkt über die Benutzerschnittstelle bezogen werden kann (Simulations-Setup □ Download simulation). Ist ein entsprechender Datensatz für die angefragte Simulations-Software noch nicht verfügbar, kann er über die Anwendung erstellt werden (Simulations-Setup □ Create simulation). Einige grundlegende Informationen zu den verfügbaren Datensätzen werden direkt im Vorschau-Bereich (Bauteilinformationen) angezeigt.

Um ein neues Simulationsprojekt aufzusetzen, werden zunächst über den Geometrie-Import entsprechende Dateien in die Benutzerschnittstelle hochgeladen und für die Zielanwendung in einem Simulationsprojekt zusammengesetzt. Hierzu werden die einzelnen Geometriedaten zu Bauteil, Kühlkanallayout oder Sensorpositionen in einer für die Zielanwendung passenden Projektdatei kombiniert. Nachdem die ausgelesenen Stammdaten zum Simulationsprojekt ebenso wie die Mesh-Informationen übernom-

men oder manuell angepasst wurden, werden die Projekt- und Geometriedaten in der Objekt-Datenbank MinIO der MinIO Inc. (Palo Alto, USA) abgelegt. Im Anschluss stehen sie zur Weiterverarbeitung der Parameter- und Strukturoptimierung im Geometrie-Modul der Webanwendung zur Verfügung.

### Optimierung mit Qualitätsmodellen und neuronalen Netzen

Sobald die Geometriedaten verfügbar sind, kann über das DoE-Modul ein Versuchsplan erstellt werden, um die Einflüsse relevanter Parametervariationen durch Simulation zu ermitteln und zu analysieren. Hierzu generiert die Benutzerschnittstelle einen Versuchsplan im Hintergrund auf Basis der gewünschten Faktorkombination und löst gleichzeitig Simulationsaufträge für die jeweiligen Versuchspunkte aus. Diese werden über die Anwendung direkt an das ausgewählte Simulationsprogramm gesendet, sodass der Versuchspunkt unabhängig von der Zielanwendung in der Benutzerschnittstelle aufgesetzt und gestartet werden kann.

Das entsprechende Modul ermöglicht es nun, die Einstellparameter zu optimieren und den maschinenseitigen Ein-

stellensatz auf Basis der simulierten Versuchspläne zu generieren. Geplant ist hierzu einerseits die Optimierung auf Basis von Qualitäts- und Prozessmodellen aus der statistischen Analyse sowie andererseits die datengestützte Optimierung, z.B. mithilfe neuronaler Netze.

Im Modul zur Geometrie-Optimierung erfolgt die automatisierbare Iteration der Prozess- und Struktursimulation bis zum simulierten Ideal der Bauteilgeometrie. Jede Iteration umfasst dabei sowohl das notwendige Mapping der Berechnungsnetze aufeinander als auch das Hinterlegen der Netze mit den relevanten Netzinformationen. Dadurch wird gewährleistet, dass Änderungen des Berechnungsnetzes sich durch das Mapping nachverfolgen lassen und zu jedem Zeitpunkt der Iteration gesprungen werden kann. Die finale Geometrie sowie die empfohlenen Prozesseinstellungen werden abschließend im Modul angezeigt.

### **Datenstandards ergänzen individuelle Workarounds**

Die webbasierte Benutzerschnittstelle ist bereits an die Simulationsumgebung Moldex3D angebunden. Simulationsprojekte können somit auch außerhalb der eigentlichen Simulationsanwendung erzeugt und initiiert werden. Aufgrund des modularen Charakters der Benutzerschnittstelle können die implementierten Methoden zudem individuell weiterentwickelt und wiederverwendet werden. So kann das DoE-Modul auch als Service genutzt werden, um einen Versuchsplan zu erzeugen, der anschließend nicht nur Parameterkombinationen für eine Spritzgießsimulation bietet, sondern ebenfalls direkt als Auftrag an die Spritzgießmaschine geschickt werden kann.

In Ergänzung zur Benutzerschnittstelle, würde ein einheitlicher Datenstandard die Anwenderfreundlichkeit fördern und einen Datenaustausch bei ausbleibendem oder minimalem Informationsverlust ermöglichen. Das in dem 2020 abgeschlossenen Forschungsprojekt „Virtual Material Modelling in Manufacturing“ entwickelte Datenformat VMAP geht bereits in

diese Richtung [4, 5]. In einem europaweiten Konsortium aus Industrievertretern entlang der Wertschöpfungskette – vom Verarbeiter über den Simulationsdienstleister bis zum Maschinenhersteller – wurde ein Datenstandard entwickelt, der den konsistenten Informationsaustausch zwischen Anwendungen im Digital Engineering erleichtern soll.

Bei der Weiterentwicklung der vorgestellten Benutzerschnittstelle konzentriert sich das PIC 4.0 daher auf das Einsatz- und Erweiterungspotenzial um das Datenformat VMAP, sodass durch die Integration dieses poten-

ziellen Standards die Funktionalität weiterhin gesteigert werden kann. Informationen über das Berechnungsnetz könnten so automatisiert ausgelesen werden, ohne dass die Benutzerschnittstelle jedes anbieterspezifische Datenformat kennen und konvertieren können muss. Gleichzeitig erweitert ein einheitliches Datenformat die Möglichkeiten, den Datenaustausch z.B. auch mit realen und hochfrequenten Prozessdaten aus der Produktion zum Qualitätsabgleich zu automatisieren. ■

**TURNKEY SYSTEMS**

**COMPEO – Herzstück kundenspezifischer Compoundierlösungen**

**Join us**  
Fakuma, Friedrichshafen  
12. – 16. Oktober 2021  
Halle A7 – Stand A7-7206

### **Engineering und Verfahrenstechnik aus einer Hand**

BUSS – das ist Compoundiertechnologie auf höchstem Niveau. Und langjährige Kompetenz in Planung, Engineering und Implementierung schlüsselfertiger Compoundieranlagen. Im Zentrum: Das COMPEO Compoundier-System. Mit seiner verfahrenstechnischen Flexibilität sorgt COMPEO als Herzstück einer Gesamtanlage für maximale Leistung, Effizienz und Produktqualität.

[www.busscorp.com](http://www.busscorp.com)



**BUSS**

excellence in compounding