

# MASCHINENLERNEN ALS NEUES WERKZEUG

Techniken des Maschinenlernens unterstützen Prozessauslegung und Gestaltung von Faserverbundbauteilen

**Physikalisch begründete, aber rechenintensive Simulationen der Faserverbundherstellung ermöglichen es, das Materialverhalten im Prozess realitätsnah vorherzusagen. Moderne Maschinenlern-Algorithmen können dieses Verhalten aus Datensätzen erlernen. Ihre Einsatzmöglichkeiten zur schnelleren Vorab-Bewertung verschiedener Prozess- und Bauteilvarianten untersuchen Ingenieure am KIT-FAST, dem Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).**

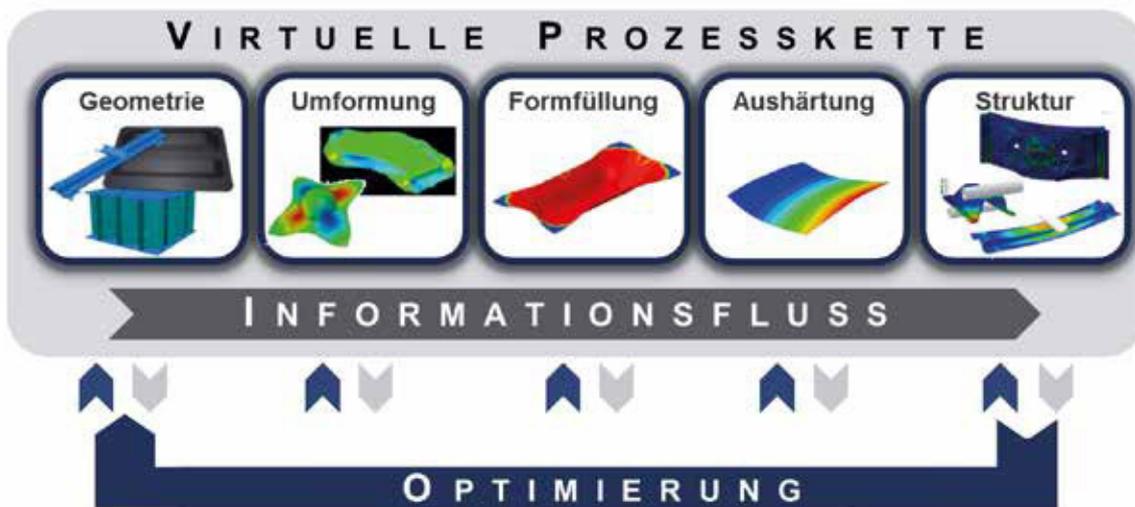


Abb. 1: Schematische Darstellung der virtuellen Prozesskette

Im Fertigungsprozess verhalten sich textilbasierte Faserverbundkunststoffe (FVK) komplex. Ihre herausfordernde Handhabung und die mehrschrittige Prozesskette erfordern leistungsfähige Anlagentechnik sowie eine sorgfältige Abstimmung zugehöriger Prozessparameter. Damit stehen den exzellenten gewichtsspezifischen Eigenschaften der FVK insgesamt erhöhte Entwicklungsaufwände, Stückkosten (Taktzeit, Material) und Investitionen gegenüber.

ren (Abb. 1). Das ist allerdings sehr rechenintensiv, besonders bei iterativen Optimierungsrechnungen.

Um die Rechenzeit zu verkürzen, untersuchen Wissenschaftler derzeit, inwiefern Techniken des Maschinenlernens (ML), z. B. künstliche neuronale Netze, den Optimierungsprozess unterstützen und beschleunigen können. In der Umformsimulation beispielsweise ‚lernt‘ ein ML-Algorithmus den Zusammenhang zwischen Prozesspa-

rametern und Umformergebnis. Das darauf basierende ML-Modell dient dem Optimierer dann als Orientierung während der Parametersuche (Abb. 2). Im Gegensatz zu klassischen Regressionsmodellen sind heutige Modelle in der Lage, nicht nur vorausgewählte Merkmale, sondern das gesamte Umformergebnis einer Drapiersimulation nachzubilden. Dies beschleunigt einerseits den Optimierungsprozess, andererseits ermöglicht es dem Prozessingenieur eine ganzheitliche Interpretation.

## Beschleunigung der virtuellen Prozessauslegung

Leistungsfähige numerische Simulationsmethoden, etwa FEM-Umformsimulationen für textile Halbzeuge, erlauben es, das physikalische Materialverhalten im Prozess realitätsnah abzubilden. Jüngste Entwicklungen ermöglichen sogar, Prozesseffekte in spätere Simulationen zu übertragen und so die gesamte Prozesskette virtuell nachzuvollziehen und zu optimie-

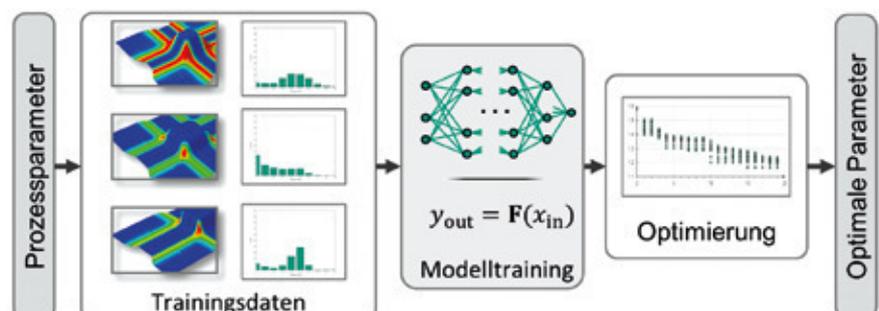


Abb. 2: Ablaufdiagramm zur Prozessoptimierung unterstützt durch Maschinenlernen (ML)

## Maschinelles Lernen in der Bauteilgestaltung

Neben der Prozessführung beeinflusst auch die Gestalt eines Bauteils dessen Herstellbarkeit. In der Textillumformung beispielsweise sind scharfe Kofferecken auch bei einer optimierten Prozessführung fehleranfällig und erfordern häufig eine lokale Bauteil-Neugestaltung. Die erforderlichen Iterationsschleifen aus Neugestaltung und Simulation sind schwer automatisierbar und damit zeitintensiv.

Hier sind ML-Algorithmen aussichtsreiche Ansätze zum ‚Abkürzen‘: Aus FE-Umformsimulationen von Beispiel-Geometrien ‚lernen‘ sie den Zusammenhang zwischen Geometrie und Umformergebnis und können dann auf unbekannte Geometrien schließen (Abb. 3).

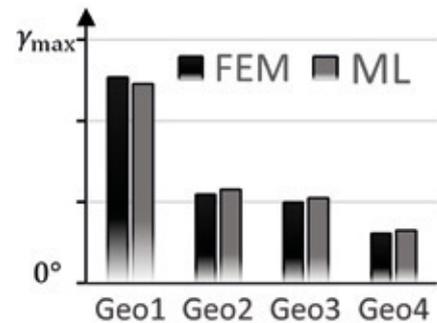
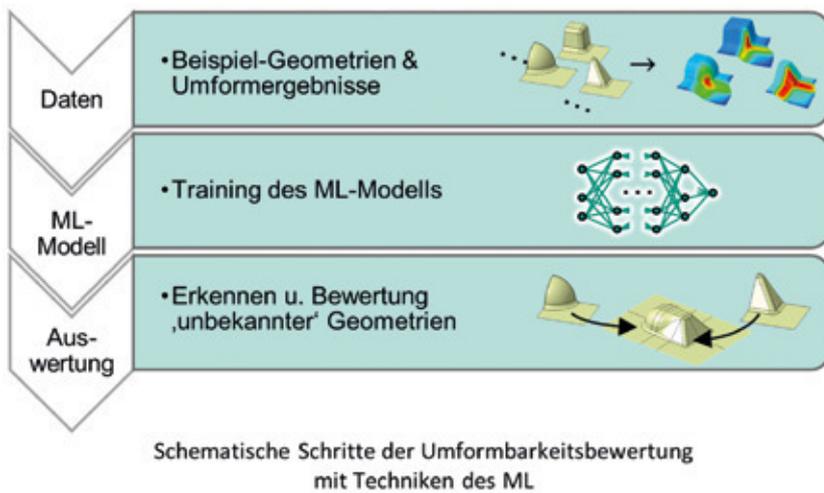
## Virtueller Prozessexperte als Ziel

Mit leistungsfähigen ML-Algorithmen und zunehmend umfangreicheren Datensätzen rückt das Ziel eines virtuellen Prozessexperten näher: Wissenschaftler des KIT-FAST arbeiten daran, leistungsfähige moderne Prozesssimulationen mit schnellen ML-Algorithmen zu verbinden. Hier zeichnet sich bereits ein künftiges Entwicklungswerkzeug ab, das schon früh der Bauteilentwicklung eine gute Näherung an das physikalische Verhalten im Prozess erlauben könnte.

**Dipl.-Ing. Clemens Zimmerling,**  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
 Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST),  
 +49 (0) 721 / 508-454 09,  
 clemens.zimmerling@kit.edu,  
 www.kit.edu

Die präsentierten Ergebnisse entstanden im Projekt „Forschungsbrücke KIT – Uni Stuttgart“, gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern am KIT-FAST unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Frank Henning und Dr.-Ing. Luise Kärger sowie mit den Projektpartnern am IFB Stuttgart unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Middendorf.

Abb. 3: Bewertung der Umformbarkeit einer Geometrie mithilfe von Maschinenlern-Techniken



Vorhergesagte Scherwinkel  $\gamma$  nach FEM und nach ML für verschiedene Kofferecken

## Repository KITopen

Dies ist ein Postprint/begutachtetes Manuskript.

Empfohlene Zitierung:

Zimmerling, C.  
Techniken des Maschinenlernens unterstützen Prozessauslegung und Gestaltung von Faserverbundbauteilen.  
2019. Carbon-Composites-Magazin  
[doi:10.5445/IR/1000099342](https://doi.org/10.5445/IR/1000099342)

Zitierung der Originalveröffentlichung:

Zimmerling, C.  
Techniken des Maschinenlernens unterstützen Prozessauslegung und Gestaltung von Faserverbundbauteilen.  
2019. Carbon-Composites-Magazin, (1), 19–20

Lizenzinformationen: [KITopen-Lizenz](#)