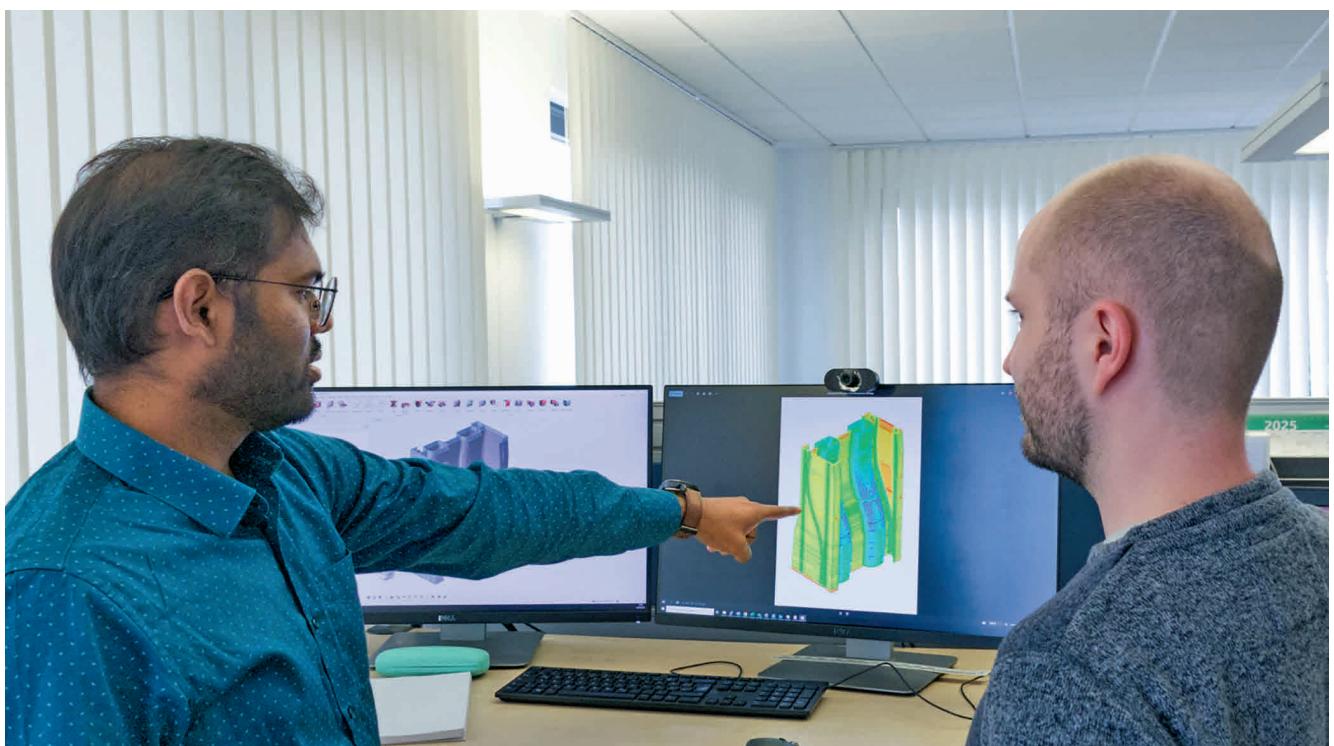


M.TEC entwickelt eigene Simulationsmethode für die plastifizierende additive Fertigung

Digitale Präzision statt „Trial and Error“

Die additive Fertigung thermoplastischer Kunststoffbauteile bietet Potenzial für funktionale Kunststoffbauteile – stößt aber an Grenzen. M.TEC Engineering hat eine Simulationsmethode entwickelt, die den 3D-Druck mit polymeren Werkstoffen zu einem planbaren Engineering-Prozess transformiert. Virtuelle Vorhersagen ermöglichen eine prozess- und funktionssichere Bauteilauslegung schon vor dem Druck.



M.TEC-Ingenieure analysieren Simulationen für funktionssichere AM-Bauteile. © M.TEC

Bei der plastifizierenden additiven Fertigung werden Thermoplaste in Form eines Filaments oder Granulats durch Einbringung von Wärme- und Scherenergie in einen schmelzförmigen Zustand überführt. Die Schmelze wird durch eine Düse extrudiert. Durch Relativbewegung zum bereits abgelegten Schmelzstrang entsteht schichtweise und urformend ein Bauteil. Verfahren, die auf diesem Grundprinzip basieren, wie das Fused Layer Modeling (FLM) oder Pellet Extrusion Modeling (PEM), bieten aufgrund ihrer hohen Geometriefreiheit großes Potenzial für die Herstellung funktionaler thermoplastischer Strukturauteile.

Die additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM) eröffnet zahlreiche Designoptionen, die klassischen Fertigungsverfahren verwehrt sind, und ist ideal für Klein- und Mittelserien. Doch Praxisprobleme wie die Beherrschung der Verbindungsfestigkeit zwischen den Schichten sowie von Verzug und Maßhaltigkeit erschweren den industriellen Einsatz. Traditionelle „Trial and Error“-Ansätze sind zeit- und kostenintensiv, besonders bei Großbauteilen, wie sie im sogenannten LSAM-Verfahren (Large Scale Additive Manufacturing) hergestellt werden.

Ohne präzise Vorhersagbarkeit bleiben Projekte unwirtschaftlich. Für die Serienproduktion ist ein prädiktiver Engineering-Ansatz entscheidend, der Bauteile virtuell validiert. M.TEC Engineering bietet hierfür eine Simulationsmethode, die kritische Geometriebereiche frühzeitig prognostiziert, optimiert und Prozesse absichert.

Simulation als Enabler – Bauteile virtuell absichern

Die neue Methode von M.TEC konzentriert sich auf die präzise Bauteilauslegung mit einer Simulationsmethode, die mehrere Phasen beinhaltet:

- **Strukturmechanische Analyse:** Festigkeit, Steifigkeit und Spannungsverteilungen werden nicht nur lokal, sondern geometriebezogen berechnet.
- **Verzugsprognose:** Formabweichungen und Verzug, die durch thermische Einflüsse und das komplexe viskoelastische Materialverhalten von Thermoplasten entstehen, werden zuverlässig vorhergesagt. Dies umfasst sowohl die Formstabilität während des Druckvorgangs als auch den



Bild 1. Mit dieser großformatigen Automobil-Mittelkonsole wurde die neue Simulationsmethode validiert. © M.TEC

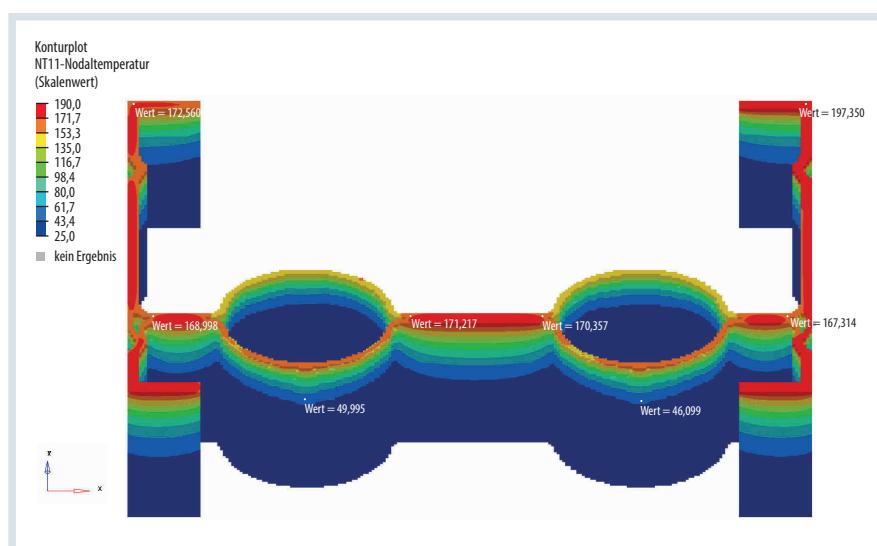


Bild 2. Die mittels FEM-Simulation ermittelte Temperaturverteilung während der Fertigung bei einer Bauteilhöhe von 99 mm zeigt eine große Übereinstimmung mit der durch eine Thermografiekamera ermittelten Temperaturverteilung während des Druckvorgangs (siehe Bild 4). © M.TEC

finalen Bauteilverzug nach dem Abkühlen. Durch den Abgleich mit realen Thermographie-Daten wird die Verlässlichkeit der Vorhersagen zusätzlich abgesichert.

- Systematische Datenintegration: Maschinenparameter, reale Materialkennwerte und anisotrope Eigenschaften additiv gefertigter Kunststoffteile werden systematisch in die Simulationsmodelle integriert.

Diese ganzheitliche Betrachtung gewährleistet eine realitätsnahe Abbildung des gesamten Fertigungsprozesses. Das Ergebnis: Bauteile werden nicht mehr gedruckt, um zu sehen, ob sie funktionieren – sie werden gedruckt, weil die Simulation vorher gezeigt hat, dass es funktioniert.

Vom Modell zum geprüften Bauteil – sicher, zeitsparend, wirtschaftlich

M.TEC Engineering verfügt am eigenen Standort in Herzogenrath über eine hochleistungsfähige Großformat-Fertigungsanlage. Damit kann die Simulation nicht nur theoretisch abgesichert, sondern unmittelbar in der Praxis überprüft werden. Der durchgängige Ansatz macht das Unternehmen zu einem Partner, der Engineering und Fertigung aus einer Hand bietet und Anwendern ressourceneffiziente und zuverlässige Lösungen liefert, die die wirtschaftliche Basis verbessern.

Für Anwender bedeutet das weniger Risiko, denn: Durch die Vorabsimulation können kritische Schwachstellen bereits im virtuellen Modell identifiziert und gezielt eliminiert werden. Dies führt zu robusten, funktional abgesicherten Kunststoffbauteilen, die unter realen Einsatzbedingungen die Qualitätsanforderungen industrieller Serienanwendungen zuverlässig erfüllen. Das Risiko kostspieliger Nacharbeit oder Bauteilausfälle wird erheblich reduziert.

Zudem ersetzt die simulationsgestützte Auslegung aufwendige physische Iterationen. Optimierungen erfolgen virtuell, frühzeitig und mit hoher Aussagekraft. Dies verkürzt die Entwicklungszeiten und somit die Time-to-Market insgesamt, insbesondere bei komplexen Projekten mit engen Zeitvorgaben.

Auch Last-Minute-Änderungen in der Konstruktion lassen sich durch die digitale Absicherung effizient beherrschen.

Die von M.TEC entwickelte Simulationsmethode wurde anhand einer großformatigen Automobil-Mittelkonsole (**Bild 1**) validiert. Zur Herstellung des Bauteils wird ein Compound mit Faserverstärkung als Granulat eingesetzt. Das Bauteil hat eine

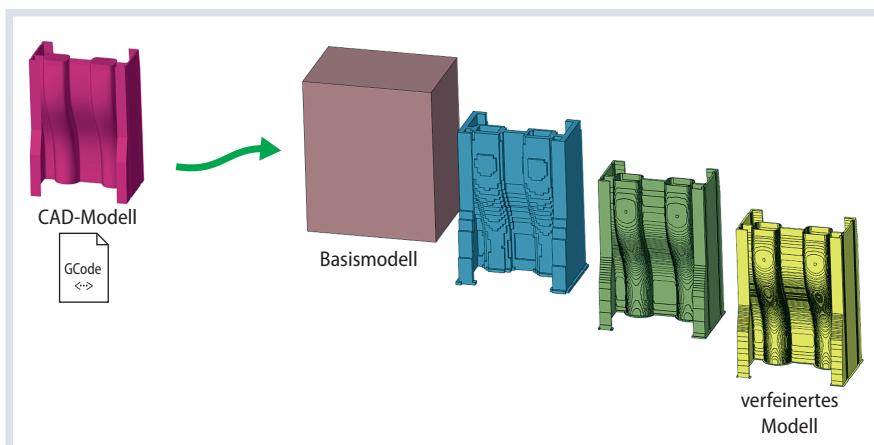


Bild 3. Das Simulationsmodell basiert direkt auf dem G-Code und berücksichtigt Geometrie, Prozessparameter sowie temperaturabhängige Materialkennwerte. © M.TEC

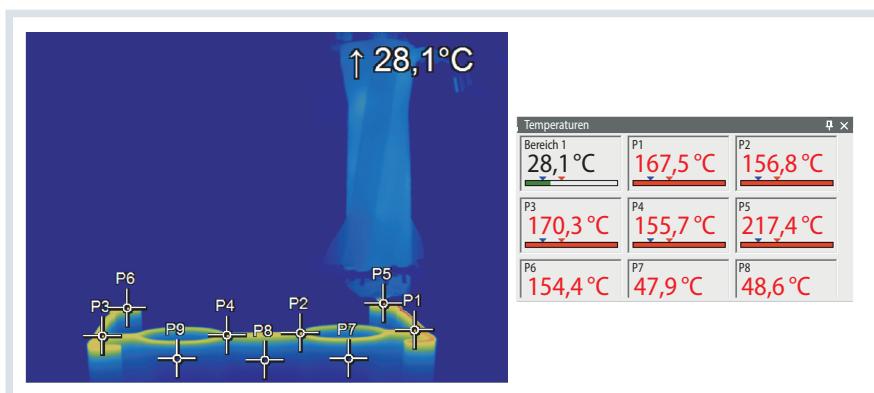


Bild 4. Ergebnisse der Thermographiemessung mit einer Wärmebildkamera während des Druckvorgangs. Die Temperaturen wurden an den einzelnen Markierungen (ebenfalls bei Z = 99 mm) ausgewertet, um einen repräsentativen Vergleich mit den Simulationsergebnissen herstellen zu können. © M.TEC

Abmessung von 385 x 237 x 550 mm und vereinte hohe geometrische Komplexität sowie strenge Anforderungen an Maßhaltigkeit und Funktionssicherheit – eine typische Herausforderung für das LSAM-Verfahren.

Mittelkonsole als Entwicklungsbeispiel – validiert im Großformat

Im Fokus stand die Simulation der zeitabhängigen Temperaturverteilung während des Fertigungsprozesses (**Bild 2**). Sie bildet die Grundlage für die Vorhersage von Formstabilität, Verzug und Schichthaftung. Kritische Szenarien wie Wärmestau mit Formkollaps oder unzureichende Fügetemperatur mit mangelhafter Schichtanbindung konnten so bereits im Vorfeld identifiziert werden. Das Simulationsmodell basiert direkt auf dem G-Code, einer maschinenspezifischen Bahndeskription zur Steuerung der Druckkopfbewegungen, und berücksichtigt Geometrie, Prozessparameter sowie temperaturabhängige Materialkennwerte (**Bild 3**). Eingesetzt wurde unter anderem ein PA11 mit 40% Carbonfaserverstärkung (Typ: Akromid Next U28 ICF 40 1 schwarz; Hersteller: Akro-Plastic GmbH). Zur Validierung wurde die Mittelkonsole auf einer PEM-Anlage (Typ: SpaceA-S-2000-500; Hersteller: Yizumi Germany GmbH) gefertigt.

Thermographische Messungen (**Bild 4**) bestätigten die simulierte Temperaturverteilung mit hoher Genauigkeit. Abweichungen ließen sich auf Modellabstraktionen zurückführen. Auch weitere Kundenprojekte zeigten eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität – insbesondere bei der Identifikation kritischer Bereiche für die Strukturfestigkeit.

Fazit: AM wird zum planbaren digitalen Engineering-Prozess

Mit dieser Methode wird die additive Fertigung vom unsicheren „Trial and Error“-Verfahren zum planbaren, simulationsgestützten Engineering-Prozess – validiert im großformatigen Maßstab. Langfristig verfolgt M.TEC die Vision einer vollständig digitalisierten Prozesskette, in der Konstruktion, Simulation, Fertigung und Qualitätssicherung nahtlos verknüpft sind. Das Ziel ist, mit der Simulationsmethodik und der eigens entwickelten KI-gestützten Optimierung M.Opt im Spannungsfeld zwischen Bauteilgeometrie, Material, Verfahren, Prozessparametern und Wirtschaftlichkeit das Optimum ohne aufwendige Versuche vorhersagen zu können.

Damit wird die additive Fertigung nicht nur für die schnelle Entwicklung von Prototypen und Kleinserien, sondern auch für technische Funktionsbauteile in

regulierten Branchen wie Automobilbau, Medizintechnik, Möbelindustrie oder Maschinenbau zur planbaren industriellen Realität. ■

Info

Text

Dipl.-Ing. Wolfgang Pelzer ist Geschäftsführer der M.TEC Engineering GmbH, Herzogenrath; w.pelzer@mtec-engineering.de

Dipl.-Ing Ulf Seefeldt ist Business Development Manager bei M.TEC Engineering; u.seefeldt@mtec-engineering.de

Service

Den zusammen mit den Partnern dieses Projekts Akro-Plastic GmbH, Niederzissen, und Yizumi Germany GmbH, Alsdorf, erstellten Beitrag „Auf direktem Weg zum Serienprozess“ finden Sie in derselben Ausgabe direkt im Anschluss und im Online-Archiv.

Die drei Unternehmen stellen die Ergebnisse ihrer Zusammenarbeit und mehr über die innovative Engineering-Methode auf der Messe

Formnext (18. bis 21.11.2025 in Frankfurt) vor.

Akro-Plastic (wie M.TEC Teil der Feddersen Gruppe):

Halle 12.1, Stand A123

Yizumi Germany:

Halle 12.1, Stand B131