

# Maschine druckt alles, von Metall bis Keramik

*Das Forschungszentrum Naddcon eröffnet durch die Implementierung einer digitalen Prozesskette unter Einbezug der NX-Konstruktionssoftware von Siemens in ein offenes 3D-Maschinenkonzept von AIM 3D eine neue Möglichkeit im 3D-Druck. Sie bildet das Druckverfahren als durchgängige digitale Prozesskette von der Konstruktion bis zur Fertigung und dem Post-Processing ab – die logische Konsequenz einer digital-additiven Fertigungsstrategie.*

Aufgabenstellung der Kooperation mit AIM3D war die Einbettung eines klassischen, industriellen Konstruktionstools, in diesem Falle des Siemens NX-Pakets. Im NX-Tool finden sich umfangreiche CAD-, CAM- und CAE-Lösungen, wie sie für Fertigungen von Bauteilen in der konventionellen Zerspanungstechnik eingesetzt werden. Naddcon integrierte eine Anlage vom Typ ExAM 255 von AIM 3D in das NX-Umfeld, um die 3D-CEM-Anlage als digitale 3D-Bearbeitungsanlage zu erschliessen. Diese Einbettung von NX in das offene Maschinenkonzept der 3D-Multimaterialdrucker von AIM 3D ist nur eine Option von vielen. Es ergibt sich, wie das Beispiel NX-Tool zeigt, eine alternative Möglichkeit der 3D-Druck-Maschinenbedienung und zur G-Code-Erzeugung.

Die Brücke zwischen der Maschinen-Firmware von AIM3D und der CAD/CAM-Umgebung von Siemens NX bindet den 3D-Drucker als CAM-Bearbeitungsmaschine ein. NX bietet mit CAD-, CAM- und CAE-Ansätzen dem Konstrukteur ein umfassendes Tool zur Konstruktion und iterativen Optimierung von additiven Bauteilen. Bezogen auf ein gewünschtes Anforderungsprofil können die 3D-Bauteile hinsichtlich Bionik, Freiformflächen, selektiven Dichten – mittels variabler Füllstrategien – und Gewichtseinsparungen – etwa durch Gitterstrukturen – optimiert werden. Auch können Fasern für den Kraftfluss optimiert abgelegt werden, was die Steifigkeit oder Elastizität und die mechanische Belastbarkeit definiert.

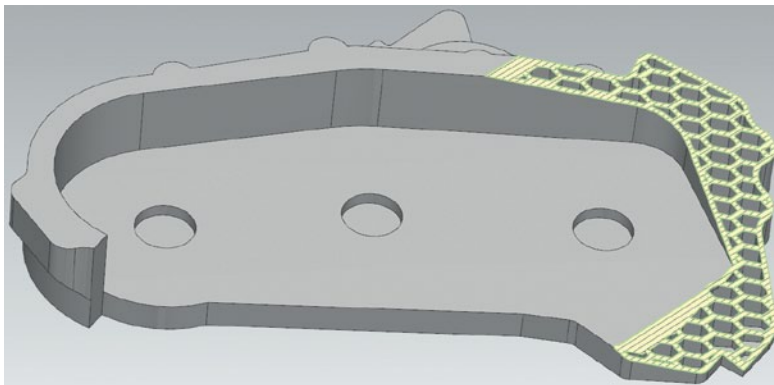
Zudem sind ein Datenbanksystem und leistungsfähige Simulationsmodelle hinterlegt. Dies bedeutet, dass von der Konstruktion bis in die Fertigung der 3D-Druckprozess besser beherrschbar ist, Bauteile optimiert designt werden können und gleichzeitig eine sehr hohe Reproduzierbarkeit erreicht werden kann. Generell kann man sagen, dass NX eine exakte Maschinensimulation ermöglicht. Dies bedeutet



**Sebastian Kallenberg, Projektingenieur bei Naddcon, bei der Steuerung der 3D-CEM-Anlage ExAM 255 von AIM 3D. (Bild: AIM 3D Rostock)**

konkret: Verfahrensgeschwindigkeiten, Extruderleistung und Temperaturen können in Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie punktgenau gesteuert werden.

Ein Stichwort der Freiformflächenbearbeitung lautet Multi-Axis Deposition. Ursprünglich für das Laserauftragsschweißen entwickelt, wurde das Tool auf FDM/FFF (Schmelzschtichtung) erweitert. Im Schmelzschticht-Verfahren werden Bahnen auf eine Fläche aufgetragen. Das Aufbringen der Bahnen erfolgt durch thermische Verflüssigung eines Polymers und kontinuierliches Extrudieren mittels einer Düse sowie einer anschließenden Erhärtung durch Abkühlung an der gewünschten Position der Arbeitsebene. Der Aufbau eines Körpers erfolgt, indem wiederholt jeweils zeilenweise eine Arbeitsebene abgefahren und dann die Arbeitsebene «stapelnd» nach oben verschoben wird,



**Das optimierte Musterbauteil aus PA 6 GF 30 in der Darstellung des NX-Programms mit gewichtsoptimierter Gitterstruktur. (Bild: Naddcon)**

sodass eine Form schichtweise entsteht. NX ermöglicht die Erzeugung der Werkzeugbahnen entlang von gewölbten Flächen. Echte 3D-Bahnen, die Ebenen unabhängig erzeugen, werden so generiert. Bei der Anwendung dieser Technologie im Prozess kann der AM-typische Treppenstufeneffekt vermieden werden. Das Ergebnis ist eine echte 3D-Kontur eines Volumenkörpers.

Sebastian Kallenberg von Naddcon entwarf dazu die Arbeitsschritte anhand eines standardisierten Bauteils aus PA 6 GF 30, welches mittels NX in eine optimierte Konstruktion überführt werden sollte. Am Anfang stand der Aufbau eines Kinematik-Modells des 3D-Druckers durch Integration des CAD-Modells der ExAM 255 in NX sowie die Definition der Kinematik-Achsen und Festlegung des Maschinennullpunktes. Das Kinematik-Modell ermöglicht die Maschinensimulation der Werkzeugbahnen vor der eigentlichen Fertigung. Dem folgte die Werkzeugbahngenerierung für den Extruder der AM-Anlage. Dabei werden Verfahrenswege,

basierend auf Bearbeitungsoperationen und der Bauteilgeometrie, erzeugt. Dritter Schritt war die Maschinensimulation der ExAM 255, das heisst, die Simulation der Werkzeugbahn mit den zugehörigen Achsbewegungen des Maschinenmodells. Materialauftrag und Maschinenkollisionen können hier ebenfalls simuliert werden.

Kernpunkt bildet hier die Programmierung eines Postprozessors zur Übersetzung der NX-Werkzeugbahnen in einen numerischen G-Code, den der 3D-Drucker interpretieren kann. Ein G-Code besteht aus Wegbedingungen (G-Wort) und Zusatzfunktionen (M-Wort), denen jeweils eine Bewegung oder Aktion zugeordnet wird. Die Kombination dieser Befehle ermöglicht es dem

3D-Drucker zu verstehen, welchem Muster er folgen muss, um das Bauteil zu fertigen. Bei einem G-Code handelt es sich um eine Sprache zur Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, welche beim 3D-Druck meist von der Slicer-Software bei der Umwandlung des Entwurfs zur STL-Datei automatisch erzeugt wird. Die Postprozessor-Programmierung ermöglicht maschinenspezifische Justierung zur verbesserten Prozesskontrolle. Bei der Nutzung von NX erübrigt sich ein STL-Format, da im Prozess auf Volumenkörper zurückgegriffen wird, die innerhalb von NX erzeugt werden oder aus einem CAD-System als Volumenkörper importiert werden.

Die Programmierung wurde an einem Musterbauteil aus PA 6 GF 30, auf der ExAM 255 ausgetestet. Zunächst erfolgte die Werkzeugbahn-Generierung. Dann folgten auf der Anlage Tests zur Identifizierung optimaler Prozessparameter und von möglichen Fehlern im Post-Prozessor. Das Musterbauteil konnte mit NX zahlreichen Optimierungen unterworfen werden. Der Konstrukteur kann Dichten variieren, Gitterstrukturen integrieren, Schrumpfung kontrollieren, Versteifungen vornehmen oder Bohrungen verlegen, um das gesamte Bauteil optimal zu designen und es prozessfähig im 3D-Drucker aufzubauen.

Sebastian Kallenberg sagt dazu: «Unser digitaler NX-Ansatz soll die CEM-Maschinenteknik aus der Perspektive der Konstruktions- und Fertigungsvorbereitung besser erschliessen. Hier liegen erhebliche Potenziale für Freiformflächen, das heisst echte 3D-Konturen, aber auch bionische Konstruktionsstrategien.»

Letzlich eröffnet das CEM-Verfahren mit einem 3D-Multimaterialdrucker ein breites Anwendungsspektrum von der Kleinserie mittels AM bis zu mittleren Serien von bis zu 100 000 Teilen/Jahr und der Ergänzung des Metallpulverspritzgiessens (MIM) oder des Spritzgiessens (SGT) durch vorlaufende Prototypen-Fertigung. Time-to-Market heisst das Zauberwort. (msc) ■

**Naddcon**  
DE-96215 Lichtenfels, Tel. +49 9571 929 970  
info@Naddcon.com  
**AIM 3D GmbH**  
DE-18069 Rostock, Tel. +49 381 36 76 609-0  
kontakt@aim3d.de

## Composite Extrusion Modeling (CEM-Verfahren)

Besonderheiten des CEM-Verfahrens: Dieses kombiniert den etablierten Metallspritzgiessprozess (MIM) mit den Verfahrenstechniken der additiven Fertigung (AM). Dabei orientiert sich CEM in den Grundzügen sowohl am Fused Deposition Modeling (FDM) als auch am Metallspritzgiessprozess (MIM) und verknüpft beide Ansätze zu einer additiven 3D-Fertigungsstrategie. Die Besonderheiten des CEM-Verfahrens ermöglichen einen Multimaterial-3D-Drucker für die Werkstoffklassen Polymere, Metalle und Keramiken. Zudem eröffnen sich auch Verfahrenskombinationen mit hybriden Bauteilen und Materialkombinationen (Mehrkomponententechnik). Der besondere Charme des CEM-Verfahrens neben den AM-typischen Geometriefreiheiten ist die Verwendung von zertifizierten Spritzgiessgranulaten ohne Filamente. Im Vergleich zu Filament-Druckern können die Aufbaugeschwindigkeit um den Faktor 2 bis 20 beschleunigt und die Materialkosten um den Faktor 25 gesenkt werden, und die Eigenspannungen im Bauteil reduzieren sich. Alle drei Effekte schlagen sich in deutlich günstigeren Stückkosten der 3D-Bauteile nieder.