



**KNAPP**

[knapp.com](http://knapp.com)

## KNAPP automatisiert Palettentransport bei Fronius

Die innovativen Open Shuttle Fork befördern flexibel, platzsparend und automatisiert Paletten und Sonderladungsträger.

**INDUSTRIEMAGAZIN  
ZUM THEMA**

Reklamationen  
in der Fertigung

**34**

MIT MB-SPECIAL  
ADHÄSION SOWIE  
MOTEK/BONDEXPO- UND  
FAKUMA-VORSCHAU

**DOSSIER:  
MESS-, STEUER- UND  
REGELTECHNIK**

KI beschleunigt die  
automatisierte Analyse

**62**

**DOSSIER:  
TRANSPORTIEREN,  
LAGERN, LOGISTIK**

Beschleunigung der  
Lagerautomatisierung

**72**



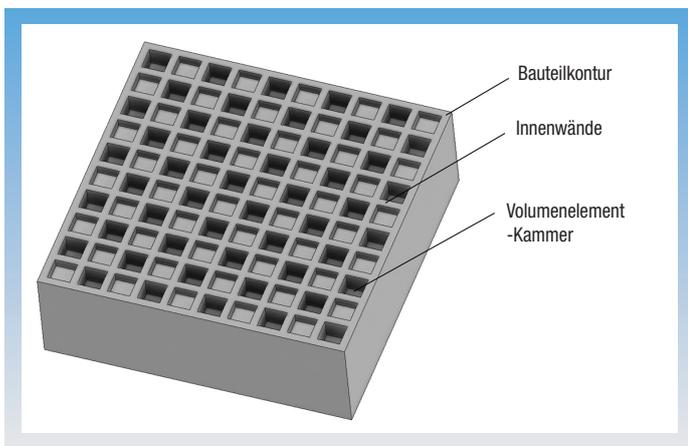
**SWISS  
LOGISTICS**  
— by ASFL SVBL —

Logistik bewegt die Welt -  
Bewegen Sie sich mit uns!



# Inhomogene Festigkeiten überwinden

Jedes 3D-Druckverfahren steht im Wettbewerb zu klassischen Fertigungsverfahren, wie Giessen oder Fräsen, unter den Aspekten mechanische Eigenschaften, Zeitfaktoren und Wirtschaftlichkeit. Zudem auch im Wettbewerb zu alternativen 3D-Druck-Technologien. Die technologische Herausforderung: Schichtbasierte 3D-Aufbauprozesse von Polymeren weisen derzeit oft inhomogene Fertigkeitswerte auf.



Volumenelemente: Bei der Voxelfill-Strategie werden Voxel-Hohlräume (Bauteilkontur und Innenwände) gedruckt und dann mit Material selektiv gefüllt.

In der additiven Fertigung von Polymeren, weisen Bauteile durch den schichtbasierten Aufbauprozess inhomogene Festigkeitswerte auf. Dies äussert sich vor allem durch Nachteile bei den Zug- und Biegefestigkeiten, sowie einem sehr spröden Verhalten entlang der Z-Achse. Demgegenüber reichen die erzielbaren Festigkeiten entlang der X- und Y-Achsen mancher Verfahren schon an die Festigkeiten der klassischen Spritzgiessverfahren heran. AIM3D stellte dies bereits mit der Verarbeitung von fasergefüllten Bauteilen auf Basis des Werkstoffs PA6 GF30 unter Beweis. Um eine breite Anwendbarkeit 3D-gedruckter Bauteile zu ermöglichen, muss das Phänomen inhomogener Festigkeiten grundsätzlich gelöst werden. Unter Einsatz der 3D-Extrusionstechnologie des CEM-Verfahrens entwickelte AIM3D eine Voxelfill-Strategie, die diese Einschränkungen überwindet und die Wirtschaftlichkeit des CEM-Verfahrens steigert. Voxelfill ist zudem anwendbar bei

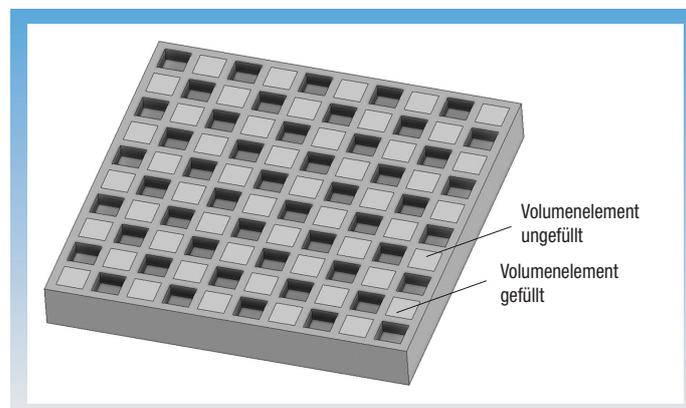
Multimaterialbauteilen und eignet sich grundsätzlich für die Werkstoffgruppen Kunststoff, Metall und Keramik zum Aufbau von 3D-Bauteilen.

## Das zweistufige Voxelfill-Verfahren im Überblick

Beim Voxelfill-Ansatz werden Bauteile nicht mehr ausschliesslich schichtweise (also 2,5-dimen-

sional) aufgebaut, sondern durch Einsatz von sogenannten Voxel als Volumenbereiche schichtübergreifend gefüllt. Dazu wird zunächst, wie gewohnt, die Bauteilkontur als Basisstruktur über eine oder mehrere Bahnen des extrudierten Materials erzeugt. Im Inneren des Bauteils entsteht ein Gittermuster, das die Grenzen der zu füllenden Volumenelemente ähnlich zu Kavitäten definiert. Diese Struktur der zu füllenden Voxel gleicht den Waben in einem Bienenstock. Die Voxelfill-Strategie besteht nun aus zwei Verfahrensstufen:

1. Generierung einer Gitterstruktur: Die CEM-Anlage wiederholt diesen Aufbau bis zu einer definierten Höhe der Volumenelemente, bis dann an dieser Stelle die Füllung der zuvor erzeugten Hohlräume (Voxel) durch Einspritzen des thermoplastischen Materials durch den Extruder erfolgt.
2. Füllphase der Voxel: Nun kommt der zweite, noch wichtigere Bestandteil dieser 3D-Druckstrategie zum Einsatz: Bei der Füllung der Volumenbereiche werden nicht alle Voxel in einer Ebene gefüllt. Dies hätte erneut eine Schwachstelle in Z-Richtung in genau der «Naht»-

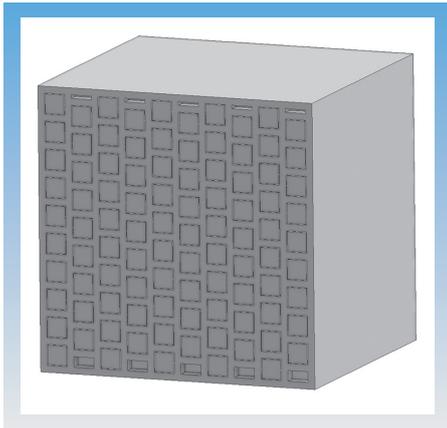


Selective Füllung der Volumenelemente: Bei der Füllung der Volumenbereiche werden nicht alle Voxel in einer Ebene gefüllt, da dies eine Schwachstelle in Z-Richtung in genau der «Naht»-Ebene zur Folge hätte: Durch das Versetzen der Volumenelemente in halber Höhe der Voxel wird eine Art «Ziegelverbund» im Bauteil erzeugt, die Bruchlinie wird also zwingenderweise versetzt.

Ebene zur Folge. Durch Versetzen der Volumenelemente in halber Höhe der Voxel wird eine Art «Ziegelverbund» im Bauteil erzeugt. Die Bruchlinie wird also zwingenderweise versetzt. Dies bewirkt eine enorme Festigkeitserhöhung und verbessert ebenso die Elastizität der Bauteile in Z-Richtung. Nebenbei reduzieren die eingebrachten Volumenelemente die Druckzeit für vollgefüllte Bauteile enorm und steigern damit ganz entscheidend die Wirtschaftlichkeit des CEM-Verfahrens.

## Ausblick auf die Potenziale von Voxelfill

Variationen der Voxelfill-Strategie mittels CEM-Verfahren ermöglichen den Einsatz von unterschiedlichen Materialien: Hybride Multimaterial-Lösungen mit unterschiedlichen Voxel-Füllmaterialien und Baumaterialien für die Kontur/Struktur der Innenwände werden möglich. Auf diese Weise können die Materialeigenschaften «customized» werden. Bauteilgewicht, Dämpfungseigenschaften, Schwerpunktmanipulationen oder Elastizitäten können, abgestimmt auf die Anwendung, definiert werden. Durch gezieltes selektives Füllen nur bestimmter Volumenräumen (selektive Dichten), auf Basis von FE-Simulationen, könnten die Bauteileigenschaften gezielt beeinflusst werden. So ist es mit Voxelfill möglich, nur die Bereiche eines Bauteils zu füllen, die für den Kraftfluss zwingend erforderlich sind. Im Ergebnis sind diese Bauteile von aussen rein optisch «klassische» Bauteile, auch mit allen Vorteilen für die Nachbearbeitung. Gleichzeitig erfolgt der 3D-Druck aber material- und gewichtsreduziert bis hin zum Leichtbau. Speziell beim Einsatz von faserverstärkten Werkstoffen ergibt sich durch den Einsatz von Voxelfill, eine zusätzliche Option die Fasern im Bauteil gezielt auszurichten, um die mechanischen Eigenschaften zu steigern. In der Ebene ermöglicht das CEM-Verfahren bereits sehr gute Möglichkeiten, die Orientierung der Fasern zu steuern. Dies betrifft bei der Voxelfill-Strategie die Kontur und die Innenwände des Bauteils. Durch das Einspritzen des Mate-

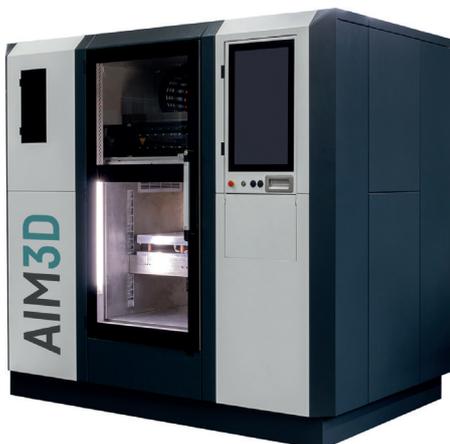


Verbundsteigerung: Durch Versetzen der Volumenelemente in halber Höhe der Voxel wird eine Art «Ziegelverbund» im Bauteil erzeugt, die Bruchlinie wird also zwingenderweise versetzt.

rials in die Volumenkammern (Befüllung der Voxel) erhält das 3D-Bauteil ebenfalls Fasern, die in der Z-Achse ausgerichtet sind und verbessert dadurch zusätzlich noch einmal die mechanischen Eigenschaften. Clemens Lieberwirth, CTO bei AIM3D: «Das Voxel-Fill-Verfahren eignet sich natürlich besonders für den 3D-Druck von Kunststoffen und fasergefüllten Kunststoffen, ist aber auch für den 3D-Druck von Metall- und Keramikbauteilen im CEM-Verfahren geeignet. Generell ergeben sich Vorteile durch die höhere Baugeschwindigkeit und die schichtübergreifende Füllung.»

#### Markteinführung ExAM 510

Zur letztjährigen K und Formnext startete der Verkauf des neuen ExAM 510-Granulatdruckers von AIM3D. Diese grosse CEM-Anlage brachte die Rostocker in 1,5 Jahren Entwicklungszeit bis in die Beta-Phase. Beta-Phasen-Anwender sind unter anderem ZF Friedrichshafen, Schäffler und die TU Clausthal. Die neue ExAM 510 steht für grössere Bauräume, höhere Präzision und beschleunigte Aufbaugeschwindigkeiten. Der ExAM 510-Drucker ist ein Multimaterialdrucker für die additive Fertigung, der bis zu drei Werkstoffe parallel aufbauen kann. Das erweiterte Baufeld von 510x510x400 mm<sup>3</sup> erschliesst nun eine Viel-



Die 3D-CEM-Anlage ExAM 510 von AIM3D: Höhere Aufbaugeschwindigkeiten und verbesserte Bauteilgüte.

#### Voxel-Fill-Verfahren

Ein Voxel ist ein Raumelement, also das dreidimensionale Pendant zu einem Pixel. In der Computergrafik wird ein Voxel als Würfel dargestellt. Per Definition kann ein Voxel aber auch ein abgeschlossenes Volumenelement, als Würfel, Tetraeder, Dreieck, Quader, Honigwabe usw. sein. In Bezug auf das 3D-Drucken mit der CEM-Technologie ermöglicht die Voxel-Fill-Strategie höherer Zug- und Biegefestigkeiten, vermeidet damit inhomogene Festigkeitswerte, und zudem definierte Elastizitäten des Bauteils. Das Voxel-Fill-Verfahren wurde von AIM3D zum Patent angemeldet.

zahl von Anwendungen. Der Bauraum ist mit bis zu 200 °C temperierbar, um die Spannungen im Bauteil zu reduzieren und Hochleistungswerkstoffe zu verarbeiten. Die deutlich gesteigerte Baurate beziehungsweise Aufbaugeschwindigkeit liegt, natürlich in Abhängigkeit vom Werkstoff, bei bis zu 250 cm<sup>3</sup>/h (bei Verwendung einer 0,4 mm Düse). Diese Extruder-Klasse ermöglicht eine bis zu Faktor 10 höhere Austragsrate als marktgängige Filament-Extruder. Der besondere Charme des ExAM 510 erschliesst sich auf der Werkstoffseite. Die Anlage stattete AIM3D mit einer auf Hochtemperaturkunststoffe spezialisierten beheizbaren Prozesskammer aus. Dies ermöglicht es auch, Hochtemperaturkunststoffe wie PEEK, PEI, PSU, PPS, mit und ohne Faserfüllung, zu verarbeiten.

## MESSE - FORUM - AWARDVERLEIHUNG



07.-09. November 2023

HALLE 550  
ZÜRICH-OERLIKON

DER NEUE TREFFPUNKT  
DES WERKPLATZ  
SCHWEIZ!

VORTRAGSREIHE:  
Praxisorientierte Vorträge  
im Forum

SMM AWARD 2023:  
Prämierung der  
innovativsten  
Fertigungstechnologien

swiss-production-forum.ch

Fakuma, Friedrichshafen  
Halle A7, Stand 7123



#### INFOS | KONTAKT

AIM3D GmbH  
Industriestrasse 12  
D-18069 Rostock

T +49 (0)381 3676 609-0  
www.aim3d.de  
kontakt@aim3d.de

