



**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
-der FH Wiener Neustadt-

# Metall 3D-Druck am Bau

7. Baubildungstage, Lutzmannsburg

31/01/2020

Dr. Markus Hatzenbichler  
Gruppenleiter TEC Space – Advanced Manufacturing

# FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH



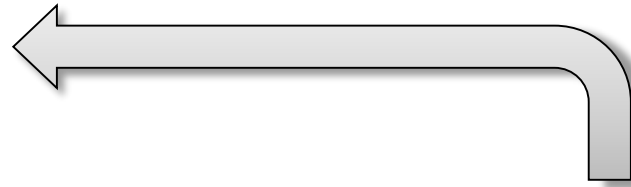
**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
-der FH Wiener Neustadt-

## Allgemeine Informationen

### Das Forschungsunternehmen der Fachhochschule Wiener Neustadt



Ausbildung  
(z.B. Studiengang Mechatronik mit Vertiefung  
"Additive Manufacturing")



Studenten und wiss. Mitarbeiter



# FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH

## Allgemeine Informationen

- Gründungsjahr: 1998
- Betriebsleistung: 3 Mio. EUR
- MitarbeiterInnen: 47
- Zertifiziert nach ISO 9001:2015

FOTEC

Forschungsunternehmen  
-der FH Wiener Neustadt-

## Geschäftsbereiche



### Engineering Technologies

Additive Manufacturing (3D Printing)  
3D CAx methods  
Simulation-based topology optimization  
Automated inspection systems  
Powder Injection Moulding (MIM, CIM)



### Innovative Software Systems

Software development  
Augmented and virtual reality (AR & VR)  
Smartphone APPs  
Parking & traffic  
Product design and development  
Web development / Platform as a Service



### Aerospace Engineering

Satellite propulsion systems  
Satellite potential control devices  
Hydrogen storage systems  
Energy conversion technologies  
Space qualification testing

# Einführung 3D-Druck

---

## Was versteht man unter 3D-Druck?

### *Subtraktive Fertigungsverfahren*

- Erzeugung der gewünschten Geometrie aus einem Halbzeug durch Abtragen definierter Bereiche (Drehen, Fräsen, etc.)

### *Formative Fertigungsverfahren*

- Formung eines gegebenen Volumens in die gewünschte Geometrie (Schmieden, Tiefziehen, etc.)

### *Additive Fertigungsverfahren*

- Erzeugung der gewünschten Geometrie durch Aneinanderfügen von Volumenelementen (Schichtbauprinzip)

Ursprünglich ausschließlich für den Prototypenbau konzipiert, ist es nun ein gleichwertiges Verfahren um Funktionsbauteile herzustellen.

# Einführung 3D-Druck



**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
-der FH Wiener Neustadt-

## Was versteht man unter 3D-Druck?

Schichtweiser Aufbau

Keine Werkzeuge für Fertigung  
notwendig

Hohe Komplexität ist möglich

Mit konventionellen  
Fertigungsverfahren nicht herstellbar

Neuer und innovativer Ansatz

Kürzere Produktentwicklungszyklen

## Geschichte

### 1981

Grundlagen für die additive Fertigung mittels lichtempfindlicher Kunststoffharze wurde von Hideo Kodama (Japan) entwickelt

### 1984

Charles W. Hull gründet 3D-Systems Corporation und patentiert sein auf Stereolithographie basierendes System

### 1988

Scott Crump entwickelt den Fused Deposition Modeling Prozess und gründet Stratasys

### 1995

Fraunhofer Institut (Deutschland) entwickelt den Selective Laser Melting Prozess für Metalle – Gründung von EOS

Erstes Patent  
für eine Fräse  
wurde 1860  
erteilt

# Einführung 3D-Druck

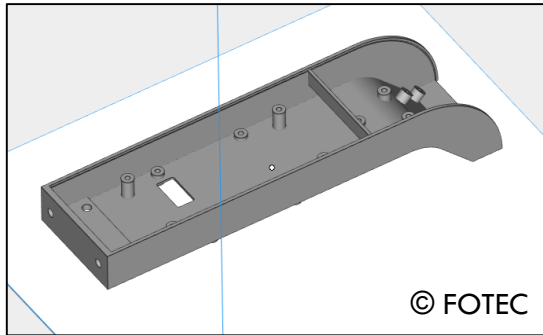
## Von der Idee bis zum Start des Druckjobs



### Option 1: CAD Software

### Option 2: 3D Scanner

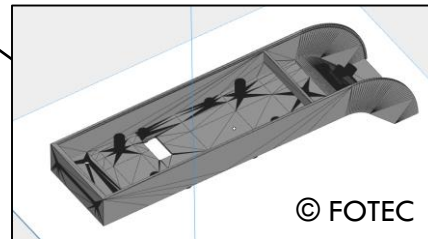
1



2

2.1

Konvertierung in STL  
Format (.stl) -  
Standardschnittstelle



2.2

Orientierung und  
Stützstrukturen im  
Bauraum

3

3.1

Erzeugen der Schnitt-  
darstellung



**3D-DRUCKER**

3.2

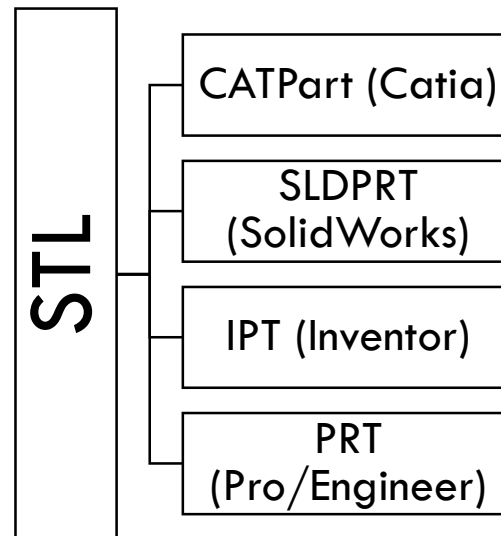
An den Drucker senden  
und Baujob starten



## Standard Triangulation/Tesselation Language (STL) Format

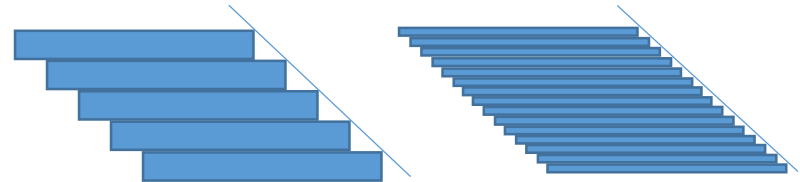
Das STL Format beschreibt die Oberfläche von 3D-Körpern mithilfe von Dreiecksfacetten. Jede Facette wird durch die drei Eckpunkte und die zugehörige Flächennormale beschrieben.

Gekrümmte Oberflächen werden durch die Dreiecke nur angenähert, für die Optimierung der Datenmenge wird das Netz lokal nach Bedarf verfeinert.



## Herausforderungen mit dem schichtweisen Aufbau

Der schichtweise Aufbau in der additiven Fertigung und der damit verbundene „Treppeneffekt“ muss bei der Wahl der Bauorientierung und der Schichtdicke berücksichtigt werden.



**Treppen- oder Stufeneffekt**

Die Variation der Schichtdicke innerhalb eines Baujobs mit möglich.

Verfahren	Schichtdicke
Laser Beam Metling – LBM	20-50 $\mu\text{m}$
Stereolithography – SLA	15-50 $\mu\text{m}$
Fused Deposition Modeling – FDM	200 $\mu\text{m}$
Laser Powder Depostion – LPD	0,1-0,5 cm

# Einführung 3D-Druck

## Drucktechnologien – METALL – Laser Beam Melting (LBM)

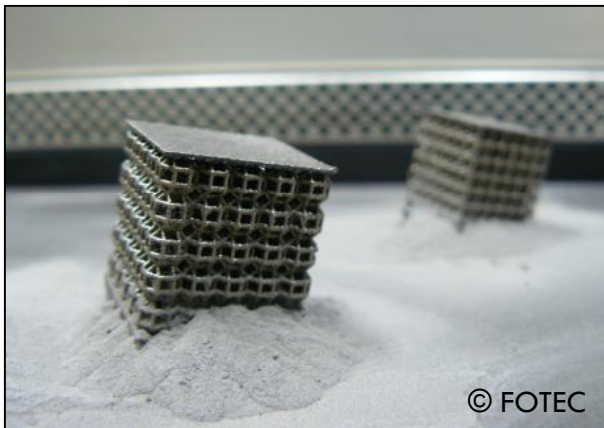
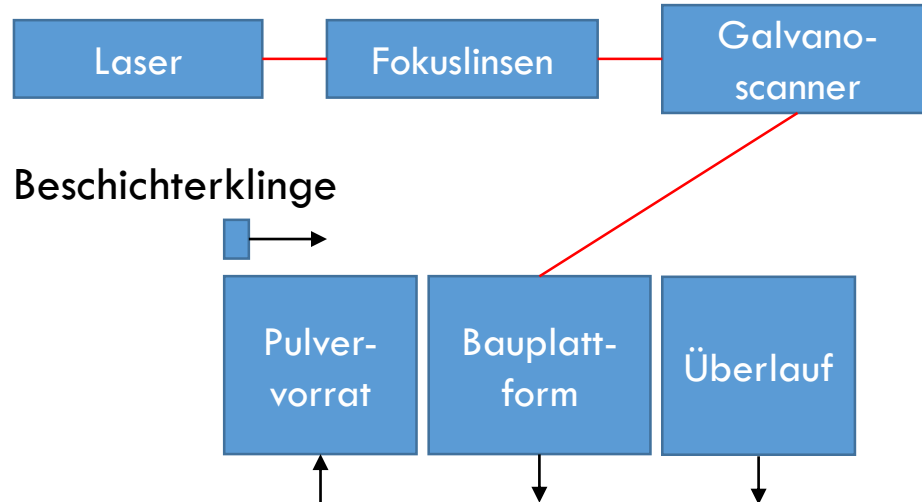
Pulver

Laser

Vorheizung 200°C

Inertgas (N<sub>2</sub> od. Ar)

Multi-Laser Upgrade



### Anlagenhersteller:

- EOS
- SLM Solution
- Concept Laser

# Einführung 3D-Druck

## Drucktechnologien – METALL – Laser Powder Deposition (LPD)

Pulver oder Draht

Laser oder Lichtbogen

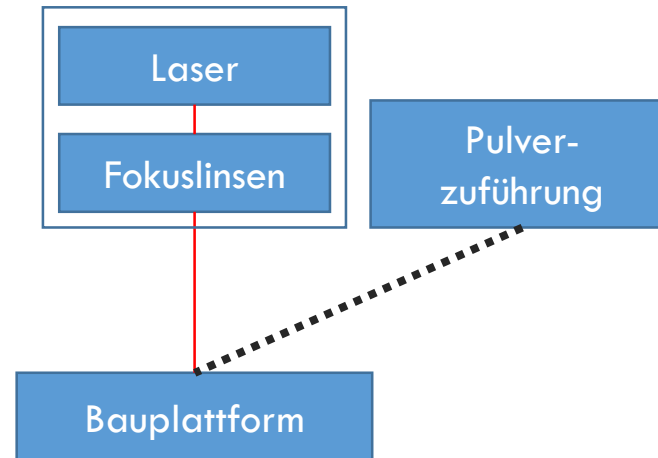
Vorheizung optional

Inertgas (N<sub>2</sub> od. Ar)

Kombi mit 5-Achsfräse

### Anlagenhersteller:

- Mazak
- DMG MORI



# Einführung 3D-Druck

## Drucktechnologien – METALL – Electron Beam Melting (EBM)

Pulver

Elektronenstrahl

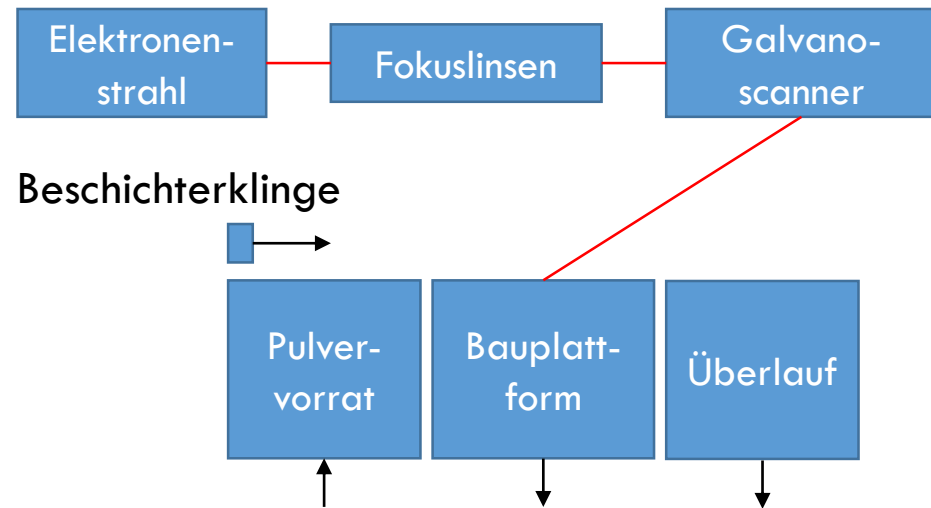
Vorheizung 750°C

Vakuum

Vergleichbar mit LBM

Anlagenhersteller:

Arcam EBM



# Einführung 3D-Druck

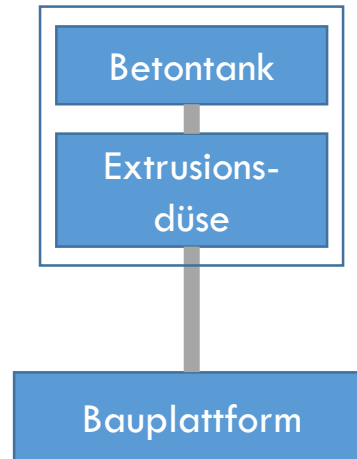
Drucktechnologien – BETON – Sonderform der Fused Deposition Modeling (FDM) Technologie

Schnellhärtender Beton

Extrusionsdüse

Montage auf Portal-  
oder Knickarmroboter

Vergleichbar mit FDM  
Technologie



Frei im Raum  
beweglicher  
Roboterarm

Anlagenhersteller:

BauMit  
Incremental3D  
xtreee  
Wasp

## Übersicht

- Mehrheitlich Extrusion von schnellhärtenden Betonmischungen
- Metall 3D-Druck bisher **kaum in Verwendung**
- Bereits 1993 wurde vom MIT ein **Patent zum Thema 3D-Druck** verschiedener Betonarten **angemeldet**
- In der Branche hat sich der 3D Druck bis dato hauptsächlich in der Herstellung von **anschaulichen Architekturmodellen** durchgesetzt
- Haus- und Wohnungsbau in China – **gedruckte Häuser werden angeboten**
- Europäische Firmen wie LafargeHolcim sind auf diesem Gebiet tätig
- Zeit von der Projektierung bis zur Herstellung kann um das **8 bis 12-fache reduziert** werden
- Contour Crafting Verfahren
- Problem stellt die Verbindung von Beton 3D-Druck mit Bewehrung, Installationen und Anschlüssen dar
- **Oberflächenstruktur** ist für Endzweck **oft nicht geeignet**

<b>Material</b>	<b>Chemische Zusammensetzung</b>
Aluminiumlegierung	AlSi10Mg, AlSi12, AlSi7Mg0.6, AlSi9Cu3;
Nickelbasislegierung	HX, IN625, IN718, IN939;
Titanlegierung	Ti6Al4V, Ti (reines Titan);
Kobaltlegierung	CoCr28Mo6
Werkzeug- und Edelstahl	316L, 15-5PH, 17-4PH, 1.2709, 1.2344, Invar36;
Kupferlegierung	CuSn10 (Bronze)

## Relevante Links (inkl. Materialdatenblätter):

<https://www.eos.info/werkstoffe-m>

<https://www.slm-solutions.com/de/produkte/zubehoer-verbrauchsmaterialien/slmr-metallpulver/>



# Erreichbare Eigenschaften im Metall 3D-Druck



Eigenschaft	Details
Max. Bauteilabmessungen	800x400x500 mm <sup>3</sup> (LBM) Ø350x380 mm <sup>3</sup> (EBM) < LBM (LPD) – abhängig vom Verfahrensweg des Roboterarms
Min. Detailgröße	ca. 0,350 mm
Festigkeitskennwerte	vergleichbar mit konventioneller Fertigung
Einsatz von Sonderlegierungen	möglich (Parameterstudie notwendig)
Pulverrecycling	zu 100% möglich (keine Auffrischung)
Oberflächenrauheit (as-built)	5-25 µm (Ra)
Kosten für Drucker (Richtwerte)	100.000 – 2 Mio. EUR abhängig von Technologie, Bauvolumen, Laseranzahl, etc.

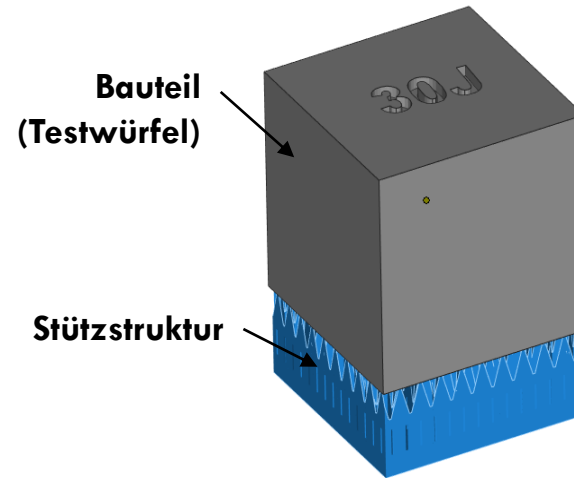
# Beispiel LBM Technologie für Metalle



**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
der FH Wiener Neustadt



**Metallpartikel werden zu soliden Bauteilen verbunden (Schweißprozess)**



**Überhang mit  $<45^\circ$  muss mit Stützstrukturen versehen werden**



**Stützstrukturen für Position, Wärmetransport und Vermeidung von Verzug**

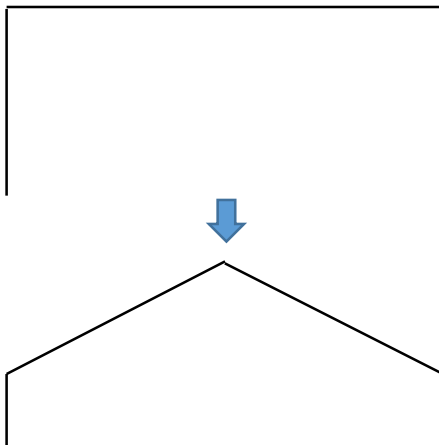
# Einige Design Richtlinien für 3D-Druck

## Stützstrukturen minimieren durch:

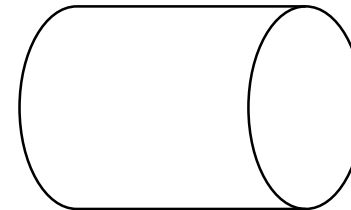
1. Bauorientierung
2. Re-Design



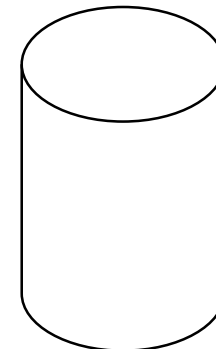
**Überhang mit  $<45^\circ$   
muss mit  
Stützstrukturen  
versehen werden**



**Überhänge durch Re-  
Design vermeiden (falls  
möglich)**



**Zylindrische Strukturen  
haben eine erhöhte  
Rauigkeit im oberen  
Drittel (stark  
überhängend)**



**Tipp: vertikal  
orientieren**

# Kostenvergleich additive zu konventioneller Fertigung

Welche Kosten werden berücksichtigt und somit verglichen?

## Wartungskosten:

- Dichtungen
- Schmierung
- Filter

## Betriebskosten:

- Energie
- Miete
- Lebensdauer

## Kosten für SAP-Aufwand und Lagerhaltung:

- Einzelteile
- Halbzeuge
- Ersatzteile

## Transportkosten:

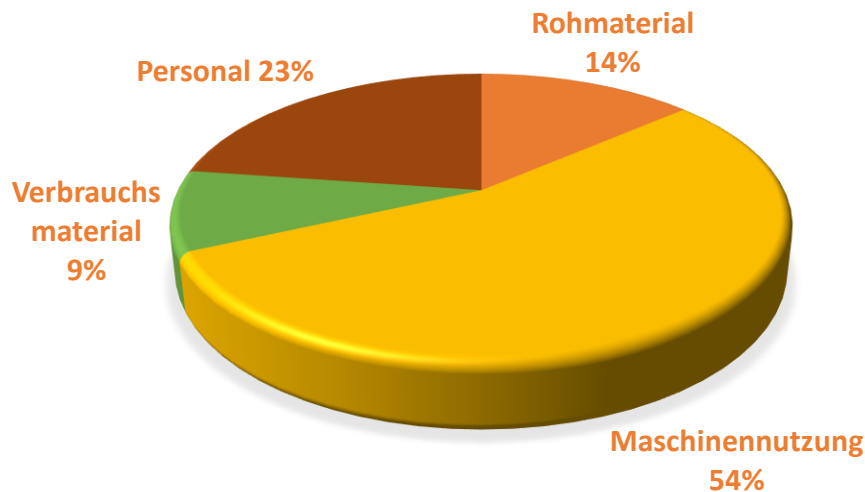
- Zoll
- Versand

Herstellungskosten

Montagekosten

# Kostenvergleich additive zu konventioneller Fertigung

- Fräs- oder Drehteile **ohne Designänderung oder Funktionsintegration** können additiv **nicht wirtschaftlich** gefertigt werden
- Additive Fertigung ist **kein Ersatz** für konventionelle Fertigung, sondern eine zusätzliche Möglichkeit komplexe Strukturen zu realisieren (Hybrid-Ansatz)



**Kostenanteile – Additive Fertigung**



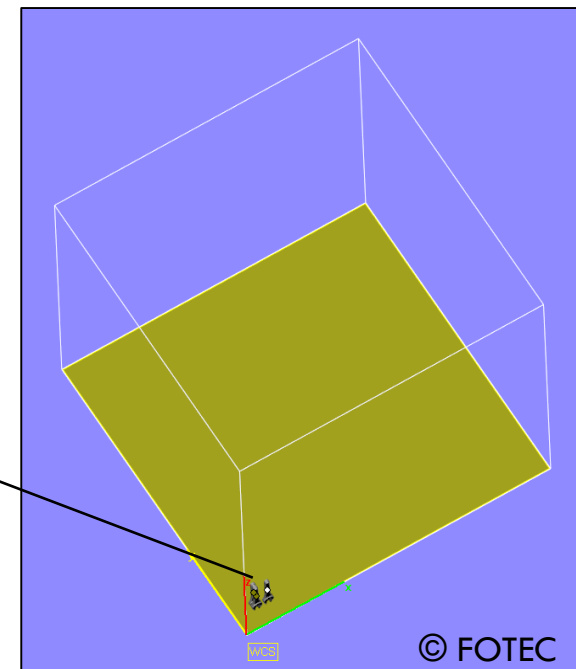
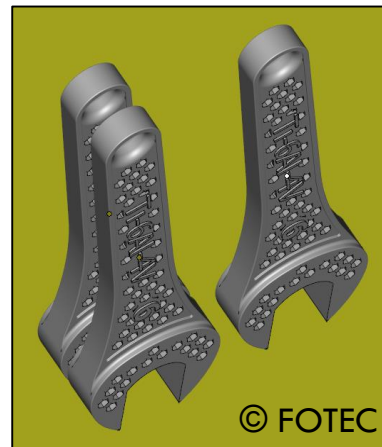
**Hybrid Bauteil**  
(Kombination aus additiver und subtraktiver Fertigung)

# Kostenvergleich additive zu konventioneller Fertigung

- **Materialkosten** ergeben sich aus dem Bauteilvolumen plus 20 % für Stützstrukturen und Abfall
- **Personal** wird für das Auf- und Abrüsten der Anlage (Bedarf ist abhängig vom Baujob) und die Datenaufbereitung
- **Verbrauchsmaterial** (Filter, Schutzgas, etc.) anteilig
- **Maschinenkosten** ergeben sich aus der Bauzeit und dem Maschinenstundensatz

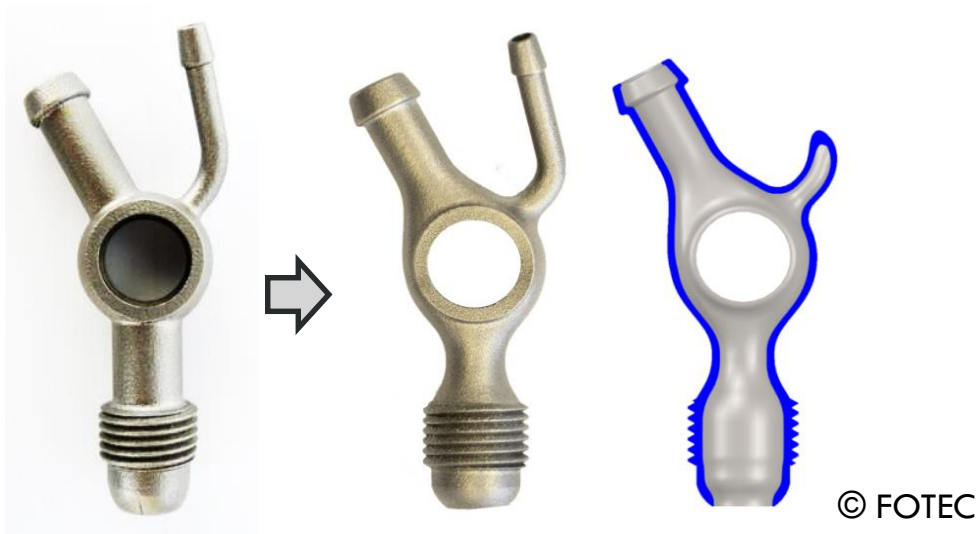
- Bestimmte Abläufe im Bauprozess sind unabhängig von der Anzahl der Bauteile wie z.B. das Aufbringen einer neuen Pulverschicht oder das Herstellen der Prozessbedingungen
- Auslastung senkt die Kosten pro Bauteil

**Max. Auslastung ergibt einen Preis von unter 10 EUR pro Gabelschlüssel**



# Beispiele – Metall 3D-Druck

- Komponente aus dem Treibstoffleitungssystem
- Monolithisch aufgebaut (Baugruppe aus 5 Einzelteilen)
- Gewicht- und Strömungsoptimierung



# Beispiele – Metall 3D-Druck

---



**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
-der FH Wiener Neustadt-

- Topologieoptimierung einer Antennenhalterung
- Reduziertes Gewicht und erhöhte Steifigkeit
- Maschinelle Bearbeitung der Funktionsflächen
- Keine Flug Hardware



# Beispiele – Metall 3D-Druck

---



**FOTEC**  
Forschungsunternehmen  
der FH Wiener Neustadt

- 3D-gedruckte Titan-Komponenten für das Service Panel der Trinkwasserversorgung
- Erste erfolgreiche Zulassung von 3D-Druck Metallbauteilen für die Luftfahrt
- Kosten- und Gewichtsersparnis durch monolithisches Design

# Konkrete Beispiele aus der Bauwirtschaft

## Umdasch Ventures Group

- 30% Anteile an Contour Crafting Corp. (USA) seit 2017
- US-amerikanischer Partner ist Pionier auf dem Gebiet der transportablen 3D-Druck Plattformen für Rohbauten von Häusern
- Laut Herstellerangaben beträgt die Druckzeit von 200m<sup>2</sup> Fläche zwischen 24 und 48 Stunden

## Incremental 3d

- Speziell entwickelter Beton für rasche Aushärtung
- Robotergestützte Extrusion
- Komplexe Objekte ohne Schalung

# Konkrete Beispiele aus der Bauwirtschaft

## Wasp Inc.

- 12m hoher Delta-Roboter für die Herstellung von Betonwänden und anderen Strukturen

## xtreee

- 4 m hohe bionische Säule an einer französischen Schule realisiert
- Druckzeit von 15,5 Std.

## Ausstellungspavillon in Dubai

- Insgesamt ca. 100 m<sup>2</sup> wurden 3D-gedruckt
- Ideen für innovative Raumkonzepte als Modell mit Kunststoff 3D-Druck hergestellt
- Umsetzung und Skalierung für Beton Druck möglich

# Konstruktive Möglichkeiten mit 3D-Druck

Softwaregestützte Optimierung der Bauteilgeometrie

**Komplexe und konventionell nur schwer herstellbare Geometrien** sind ein Hauptanwendungsgebiet des 3D-Drucks. Durch Softwaretools wie bspw. Inspire von SolidThinking kann die Topologie eines Bauteils hinsichtlich **Gewicht und/oder Steifigkeit** optimiert werden. Dabei werden **Materialkennwerte und Lastfälle** sowie ein **erlaubtes Volumen** berücksichtigt.

- Definition des erlaubten Volumens
- Eingabe der Materialkennwerte
- Beschreibung der Lastfälle
- Entscheidung in welche Richtung optimiert werden soll (max. Steifigkeit / min. Gewicht oder eine Kombination daraus)



# Konstruktive Möglichkeiten mit 3D-Druck

## Softwaregestützte Optimierung der Bauteilgeometrie - Monolith

- Monolithische Bauweise beschreibt die Reduktion einer Baugruppe (bestehend aus mind. zwei Einzelteilen) auf einen einzigen Volumenkörper
- Erhebliche Kostenersparnis im Bereich Lagerhaltung und Montage sowie bei Wartung von Schnittstellen und etwaigen Dichtungen
- Schnittstellen bedeuten manchmal auch eine mögliche Fehlerquelle (Undichtheit, Signalstörung, etc.)
- Monolithische Bauweise ist aufgrund der Komplexität meist konventionell nicht mehr herstellbar

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

## **Dr. Markus Hatzenbichler**

Gruppenleiter 'TEC Space – Advanced Manufacturing'

Viktor Kaplan-Strasse 2 | 2700 Wiener Neustadt | Austria

+43 26 22 90 333 202

[hatzenbichler@fotec.at](mailto:hatzenbichler@fotec.at)

[www.fotec.at](http://www.fotec.at)

