

3D-Druck – Kritischer Blick auf den aktuellen Stand und mögliche Nutzung in der Bauwirtschaft

Teil 1 - Webinar

21/04/2020

Dr. Markus Hatzenbichler
Gruppenleiter TEC Space – Advanced Manufacturing

Inhalte des Webinars (90 min, 21.04.2020):

- Einführung in den 3D-Druck
- Aktueller Status in der Bauwirtschaft inklusive Anwendungsbeispiele

Inhalte des Workshops (1-tägig, Termin wird noch bekannt gegeben):

Praxisnahe Betrachtung der gesamten Prozesskette

- CAD Design, FEM Simulation und Datenaufbereitung für den 3D-Druck
- Rüsten und Starten einer 3D-Metalldruck Anlage
- Nachbearbeitungsprozesse
- Kostenanalyse
- Gegenüberstellung von Eigen- und Fremdfertigung im 3D-Druck

Nähere Informationen finden Sie unter: www.dih-ost.at
www.ecoplus.at

FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH



FOTEC
Forschungsunternehmen
-der FH Wiener Neustadt-

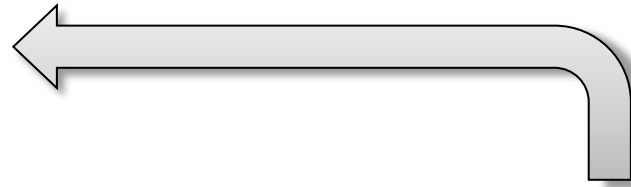
Allgemeine Informationen

Das Forschungsunternehmen der Fachhochschule Wiener Neustadt



**FACHHOCHSCHULE
WIENER NEUSTADT**
Austrian Network for Higher Education

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



Studenten und wiss. Mitarbeiter



FOTEC
Network-Partner FH Wiener Neustadt

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-

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

Einführung 3D-Druck



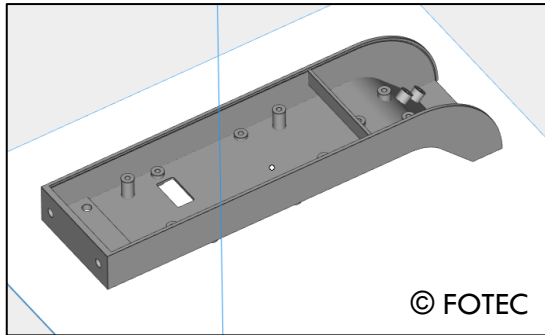
FOTEC
Forschungsunternehmen
-der FH Wiener Neustadt-

Von der Idee bis zum Start des Druckjobs

Option 1: CAD Software

Option 2: 3D Scanner

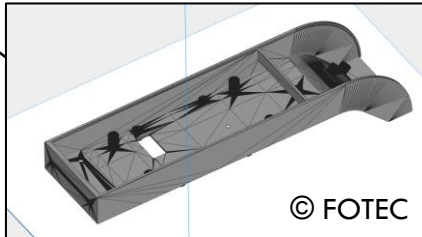
1



2.1

**Konvertierung in STL
Format (.stl) -
Standardschnittstelle**

2



2.2

**Orientierung und
Stützstrukturen im
Bauraum**

3.1

**Erzeugen der Schnitt-
darstellung**

3



3D-DRUCKER

3.2

**An den Drucker senden
und Baujob starten**

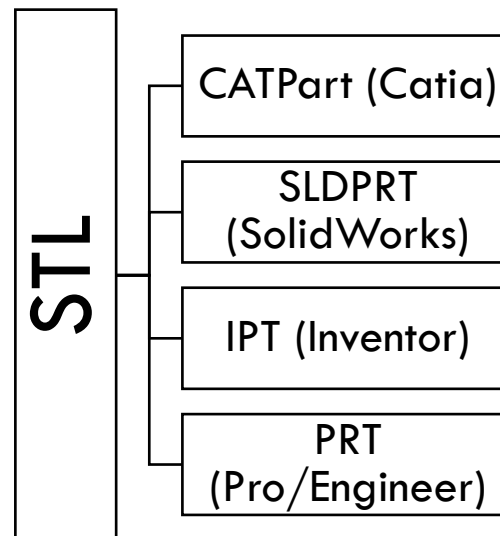
Einführung 3D-Druck



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.

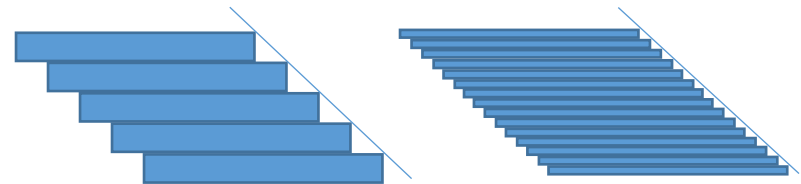


Einführung 3D-Druck



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
LBM	20-50 μm
SLA	15-50 μm
FDM	200 μm
LPD	0,1-0,5 cm
Beton Extrusion	> 1 cm

Einführung 3D-Druck

Drucktechnologien – METALL – Laser Beam Melting (LBM)

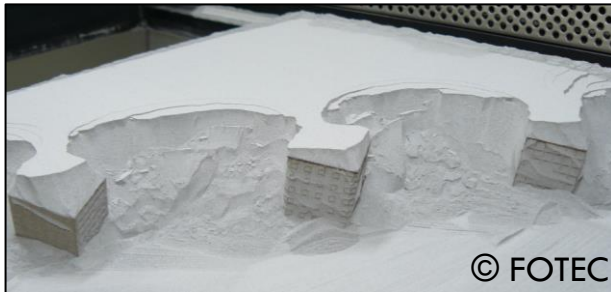
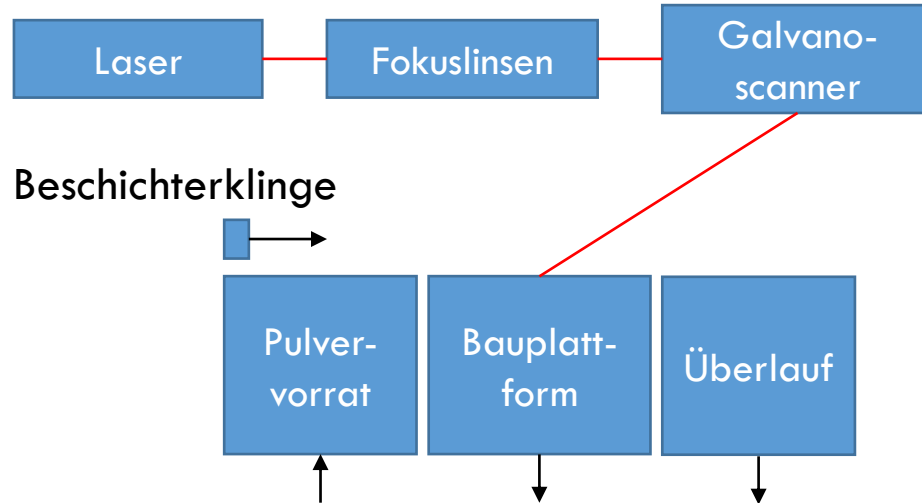
Pulver

Laser

Vorheizung 200°C

Inertgas (N₂ 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

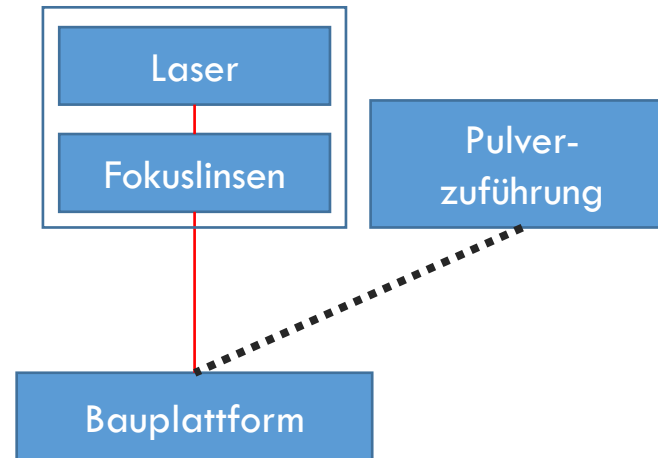
Vorheizung optional

Inertgas (N₂ od. Ar)

Kombi mit 5-Achsfräse

Anlagenhersteller:

- Mazak
- DMG MORI



Einführung 3D-Druck

Drucktechnologien – METALL – Electron Beam Melting (EBM)

Pulver

Elektronenstrahl

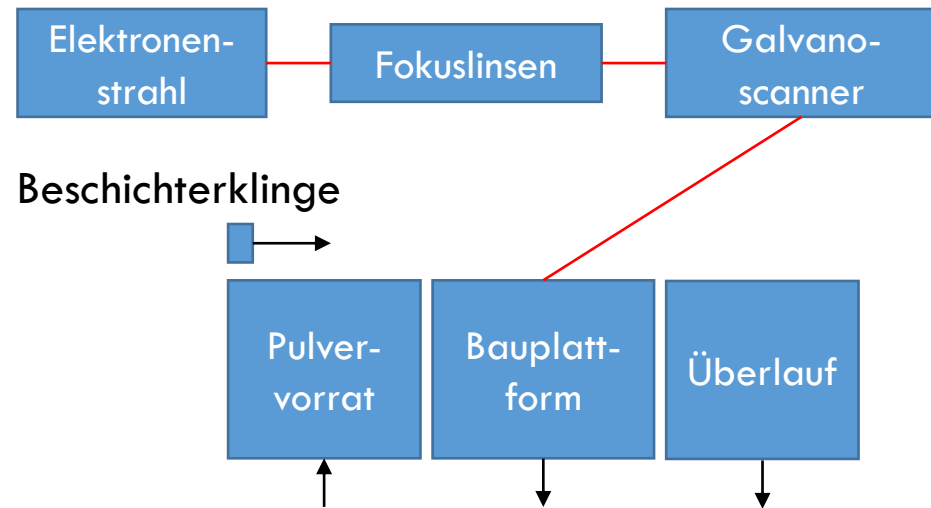
Vorheizung 750°C

Vakuum

Vergleichbar mit LBM

Anlagenhersteller:

Arcam EBM



Einführung 3D-Druck

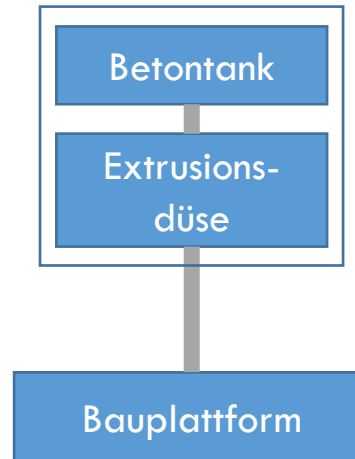
Drucktechnologien – BETON – Sonderform der Fused Deposition Modeling (FDM) Technologie

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**

Material	Chemische Zusammensetzung
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

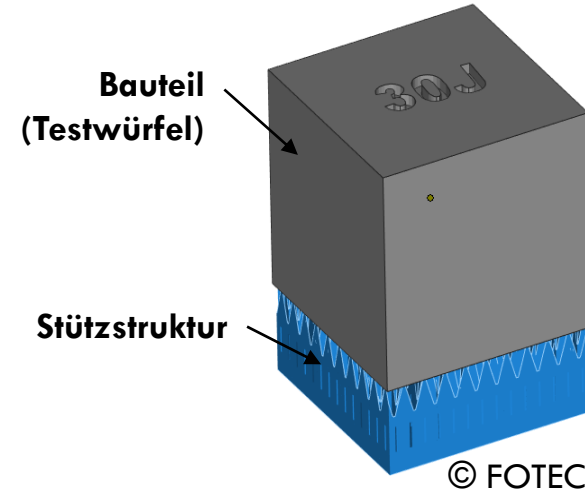


Eigenschaft	Details
Max. Bauteilabmessungen	800x400x500 mm ³ (LBM) Ø350x380 mm ³ (EBM) < LBM (LPD) – abhängig vom Verfahrensweg des Roboterarms
Min. Detailgröße	ca. 0,350 mm
Festigkeitskennwerte	vergleichbar mit konventioneller Fertigung
Einsatz von Sonderlegierungen	möglich (Parameterstudie notwendig)
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



Metallpartikel werden zu soliden Bauteilen verbunden (Schweißprozess)

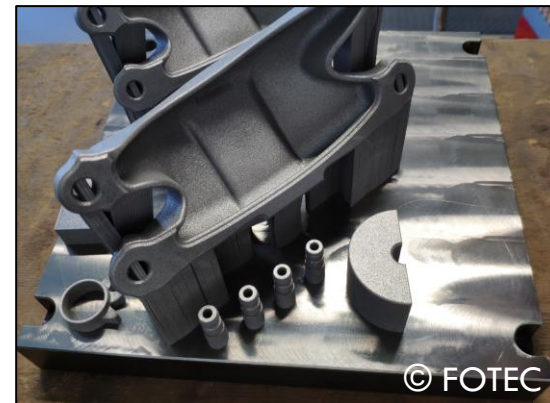


© FOTEC



© FOTEC

Beispielvideo LBM Technologie



© FOTEC

Stützstrukturen für Position, Wärmetransport und Vermeidung von Verzug

Einige Design Richtlinien für 3D-Druck



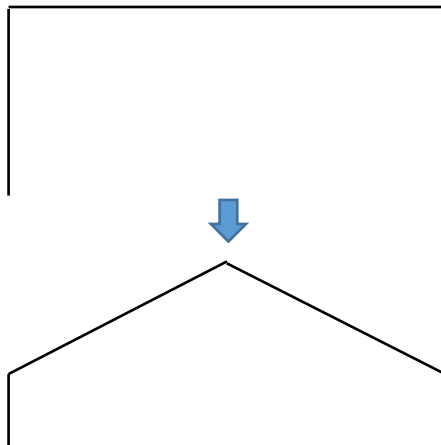
FOTEC
Forschungsunternehmen
-der FH Wiener Neustadt-

Stützstrukturen minimieren durch:

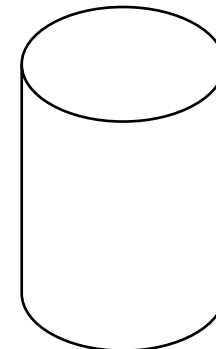
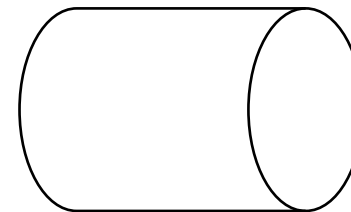
1. Bauorientierung
2. Re-Design



**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:

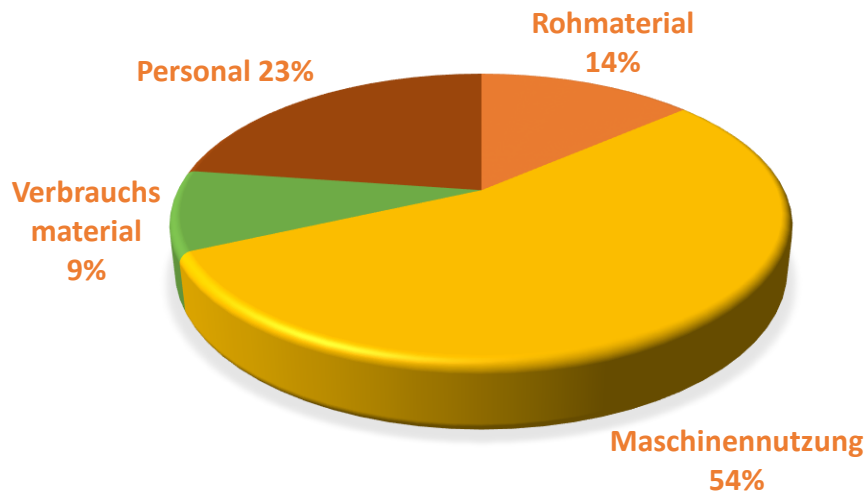
- Zoll
- Versand

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



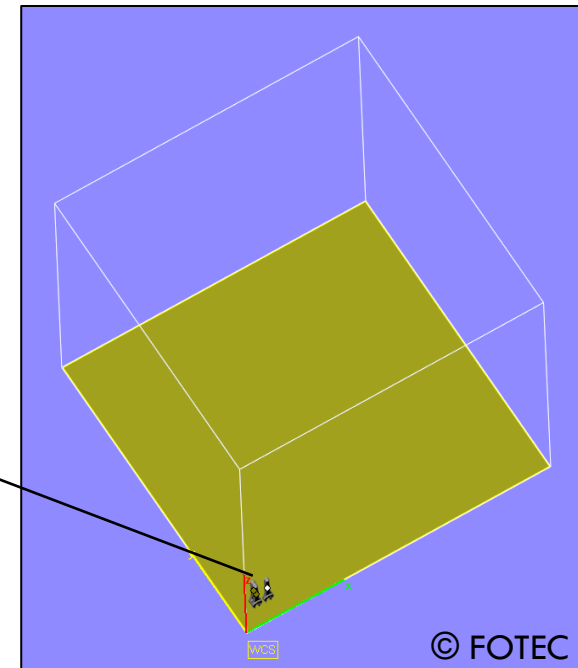
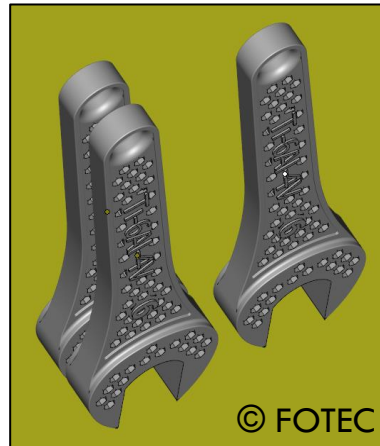
Hybrid Bauteil
(Kombination aus additiver und subtraktiver Fertigung)

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

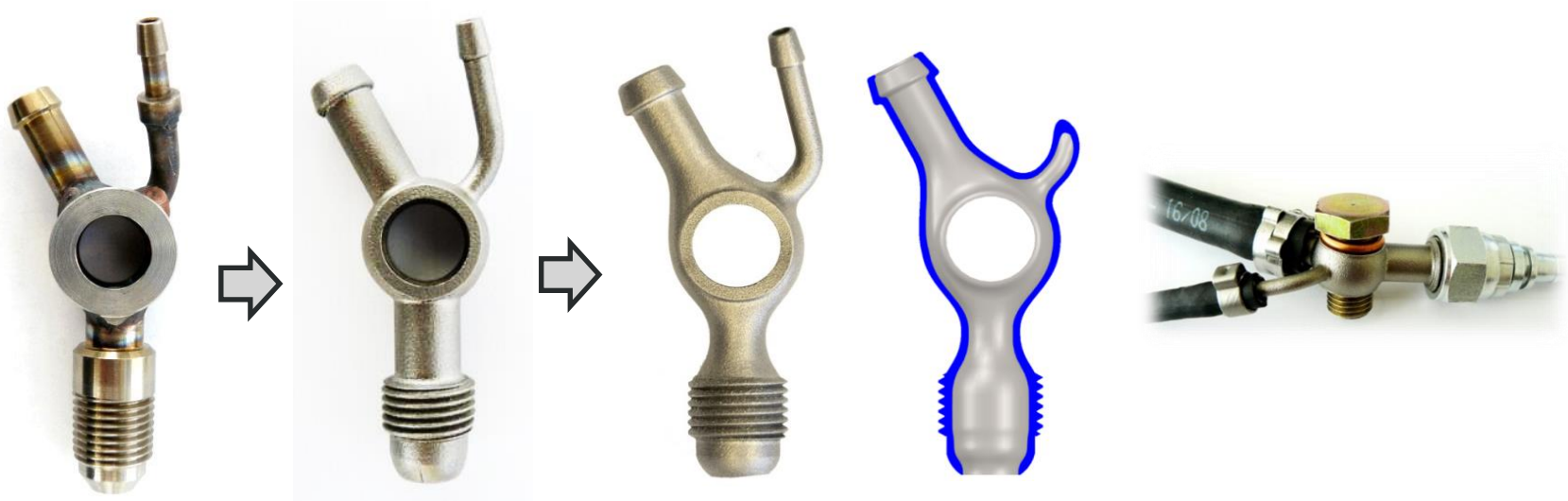
- Bestimmte Abläufe im Bauprozess sind unabhängig von der Anzahl der Bauteile wie z.B. das Aufbringen einer neuen Pulverschicht oder das Herstellen der Prozessbedingungen
- Auslastung senkt die Kosten pro Bauteil

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



Beispiel – Metall 3D-Druck

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



Quelle: FOTEC / AustroEngine/Kurri

Konkrete Beispiele aus der Bauwirtschaft

Umdasch Group Ventures:

- 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 200m² Fläche zwischen 24 und 48 Stunden

Incremental3d:

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

WASP CSP s.r.l.:

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

Konkrete Beispiele aus der Bauwirtschaft

XtreeE:

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

Ausstellungspavillon in Dubai:

- Insgesamt ca. 100 m² wurden 3D-gedruckt
- Ideen für innovative Raumkonzepte als Modell mit Kunststoff 3D-Druck hergestellt
- Umsetzung und Skalierung für Beton Druck möglich

BAM Infra:

- Projekt der BAM Infra (Niederlande)
- Betonsegmente mittels 3D-Druck hergestellt und verbunden
- Praxistest erfolgreich

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)

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

www.fotec.at

