

3D Druck für den Weltraum



Michael Happel

Worum es heute nicht geht



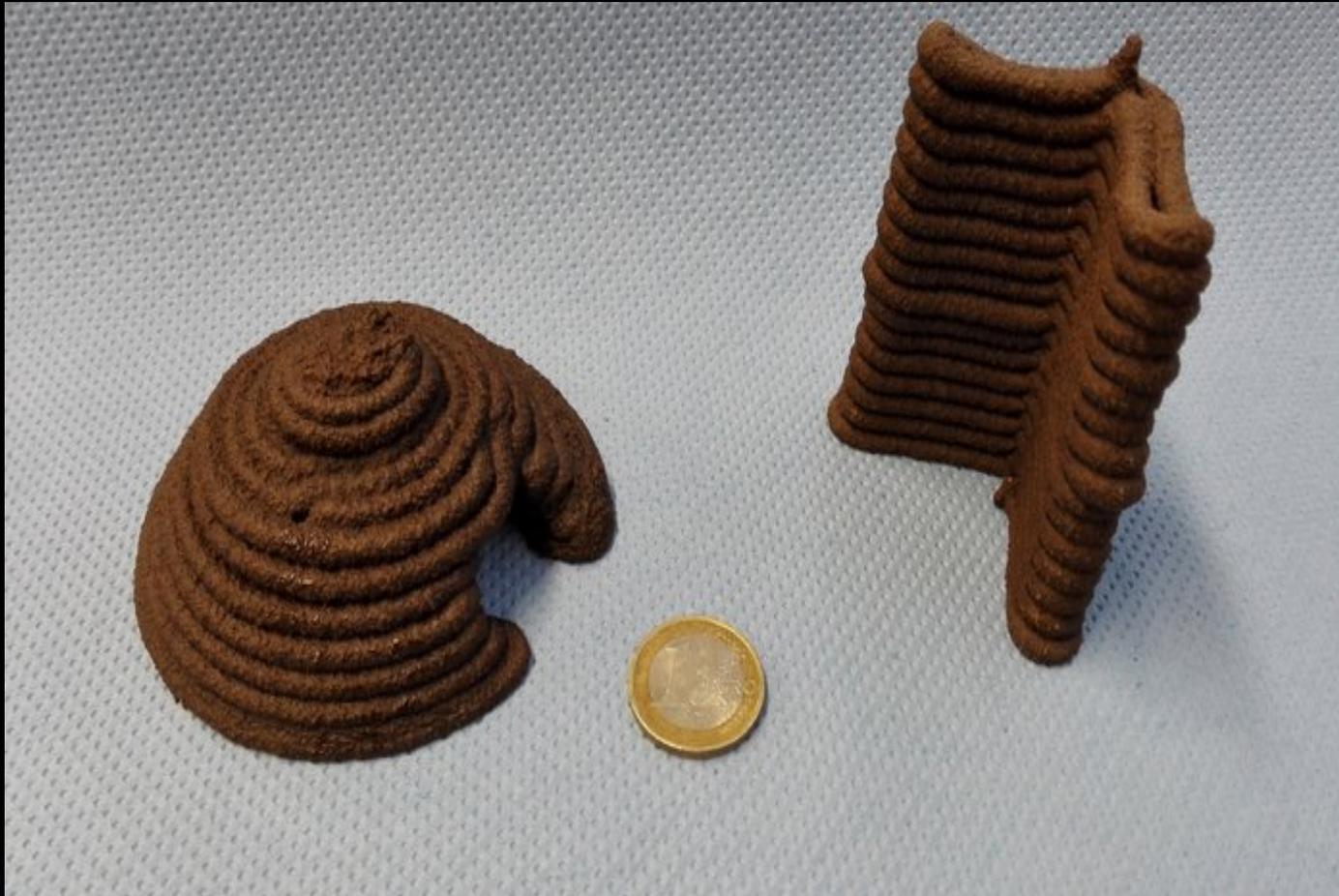
Worum es heute nicht geht



Worum es heute nicht geht



Worum es heute nicht geht



Space is hard!

Space is hard! Aber warum
eigentlich?

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)
- Kosmische Strahlung

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)
- Kosmische Strahlung
- Mikrometeoriten und Weltraummüll

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)
- Kosmische Strahlung
- Mikrometeoriten und Weltraummüll
- Atomarer Sauerstoff (radikale)

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)
- Kosmische Strahlung
- Mikrometeoriten und Weltraummüll
- Atomarer Sauerstoff (radikale)
- Temperaturschwankungen

Space is hard! Aber warum eigentlich?

- Vakuum
- Sonnenstrahlung (Ultraviolett, Röntgen)
- Geladene Partikel (Elektronen, Protonen)
- Kosmische Strahlung
- Mikrometeoriten und Weltraummüll
- Atomarer Sauerstoff (radikale)
- Temperaturschwankungen



MISSE 2 Polymers Experiment



Pre-flight



Post-flight

Starten müssen wir das Zeug auch noch!



Fertigungsverfahren

Fertigungsverfahren

- Subtraktive Fertigung
Fräsen, Drehen, Bohren, Schleifen, etc.

Fertigungsverfahren

- Subtraktive Fertigung
Fräsen, Drehen, Bohren, Schleifen, etc.
- Formative Fertigung
Gießen, Schmieden, Laminieren, Tiefziehen,
etc.

Fertigungsverfahren

- Subtraktive Fertigung
Fräsen, Drehen, Bohren, Schleifen, etc.
- Formative Fertigung
Gießen, Schmieden, Laminieren, Tiefziehen, etc.
- Additive Fertigung
3D-Druck, Generative Fertigung, etc.

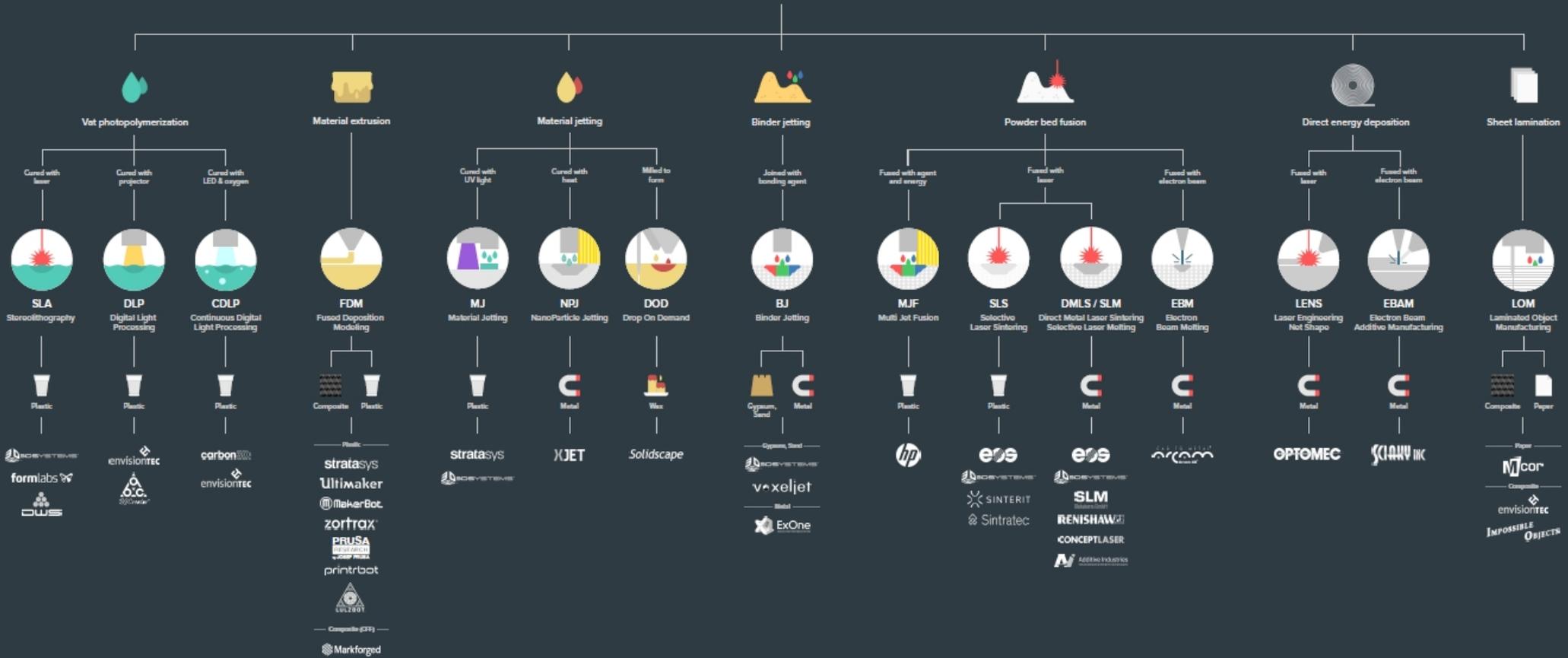
Fertigungsverfahren

- Subtraktive Fertigung
Fräsen, Drehen, Bohren, Schleifen, etc.
- Formative Fertigung
Gießen, Schmieden, Laminieren, Tiefziehen, etc.
- Additive Fertigung
3D-Druck, Generative Fertigung, etc.

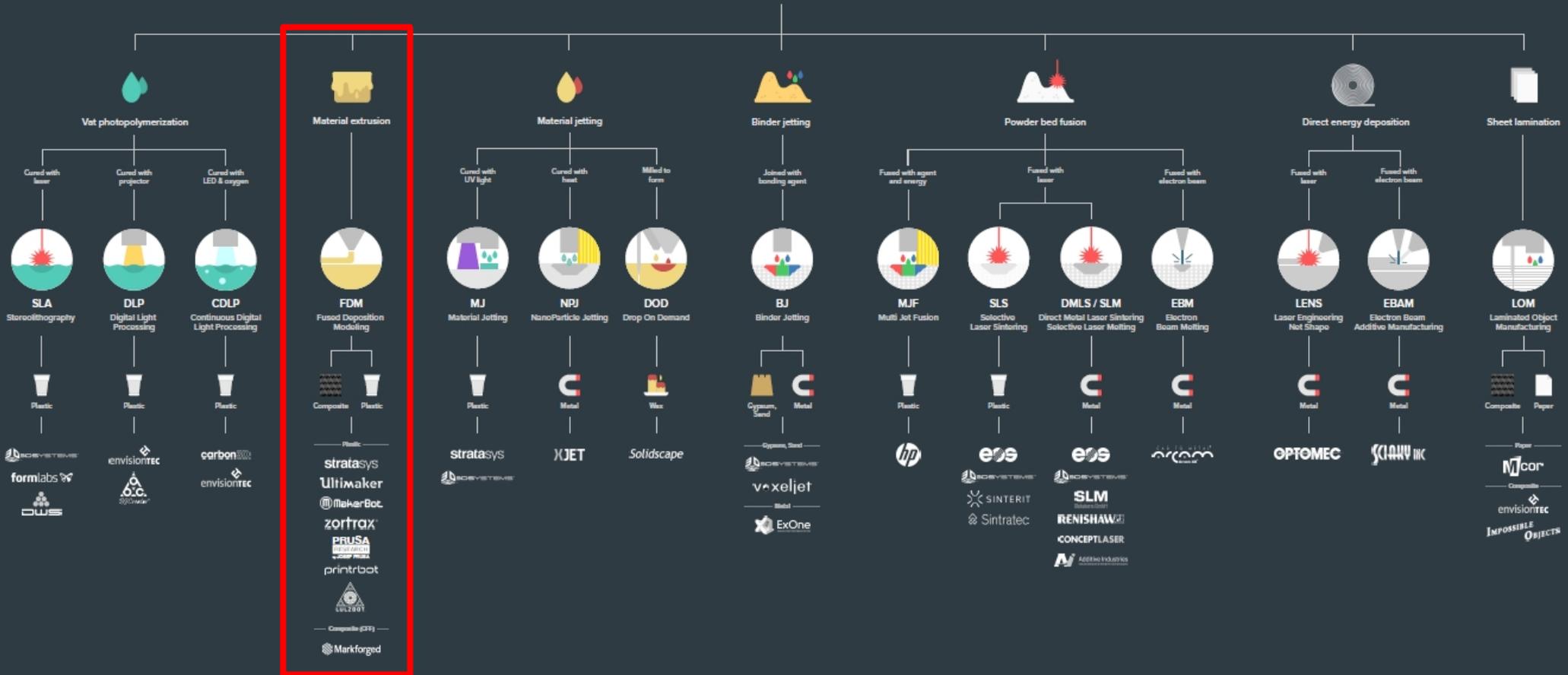
3D Druck

- Direkte Modellerstellung aus 3D-Daten

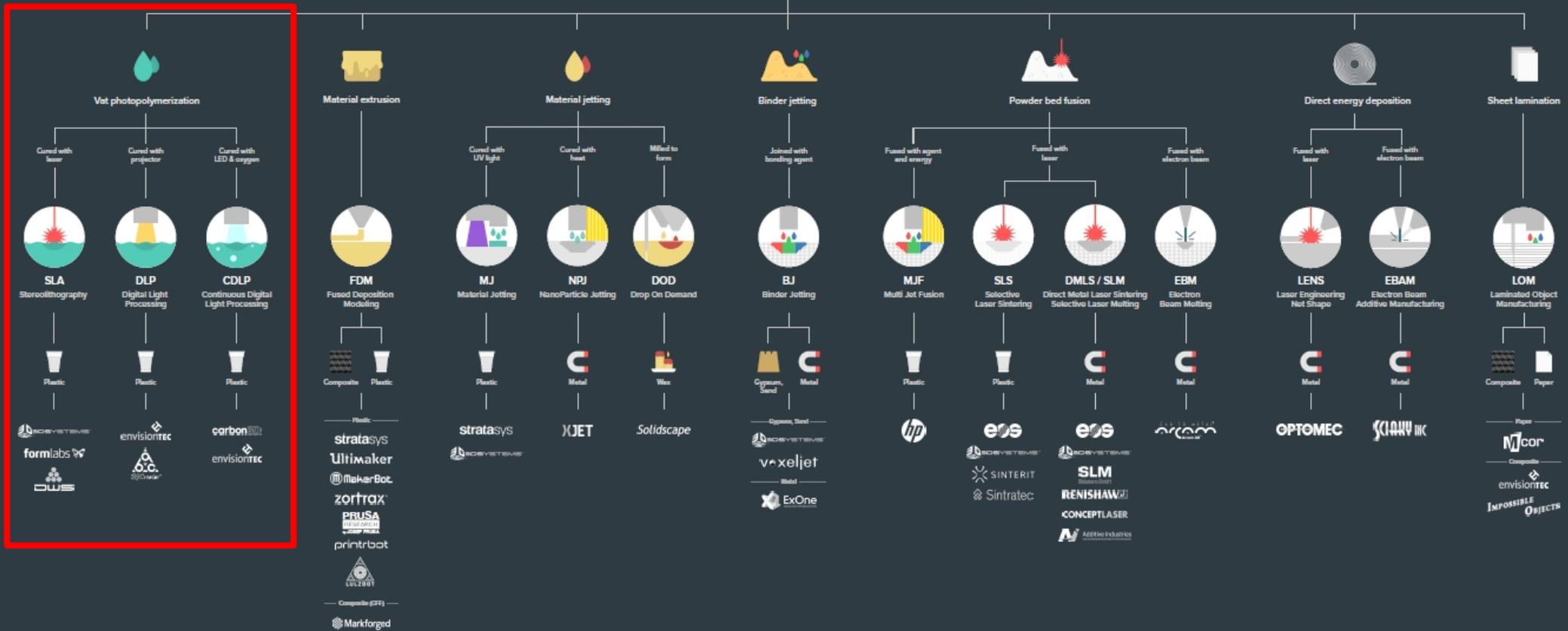
ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



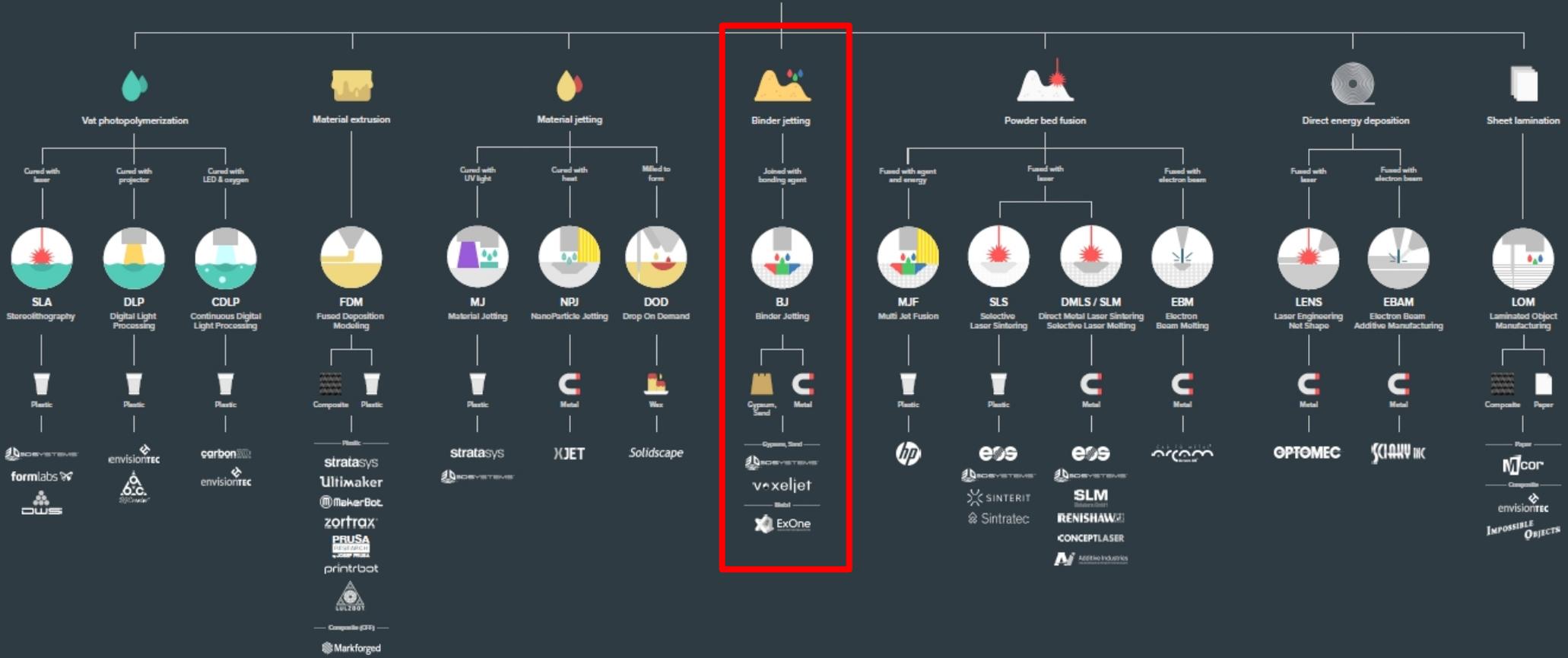
ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



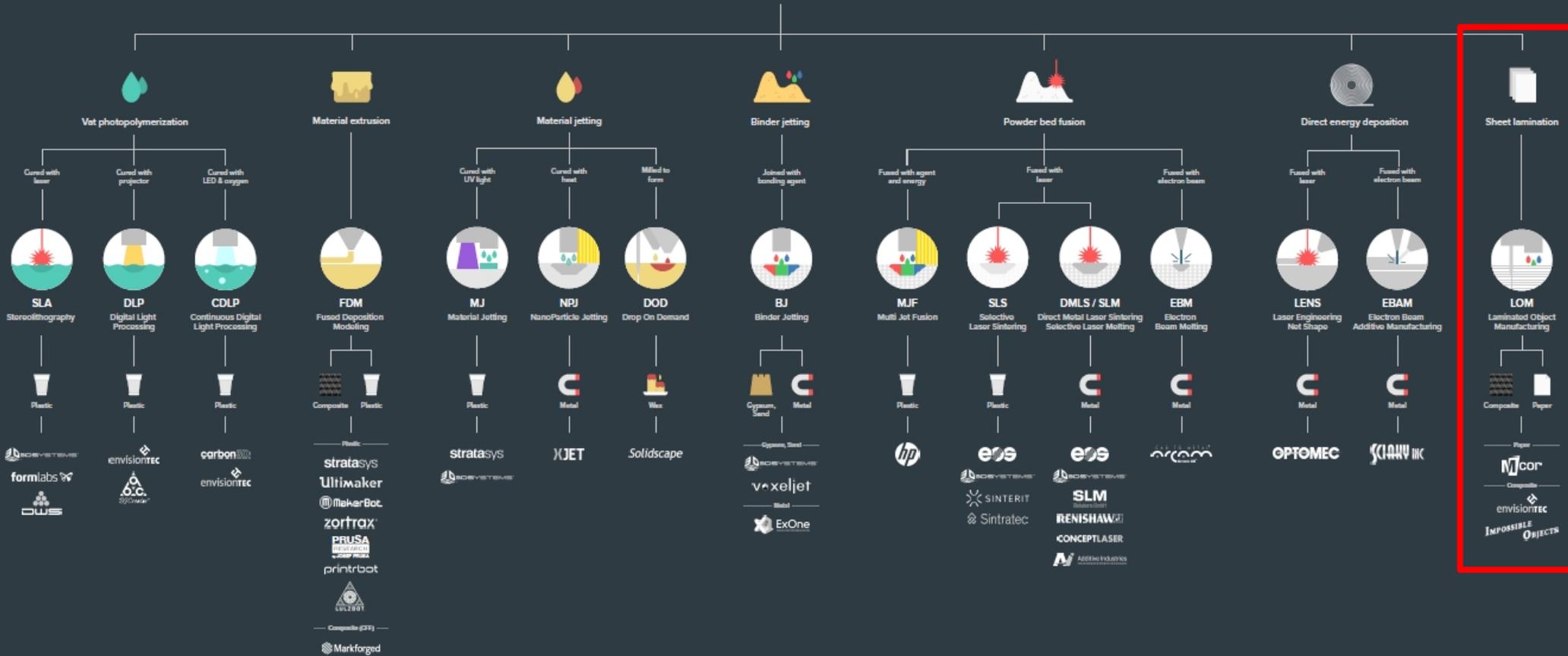
ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



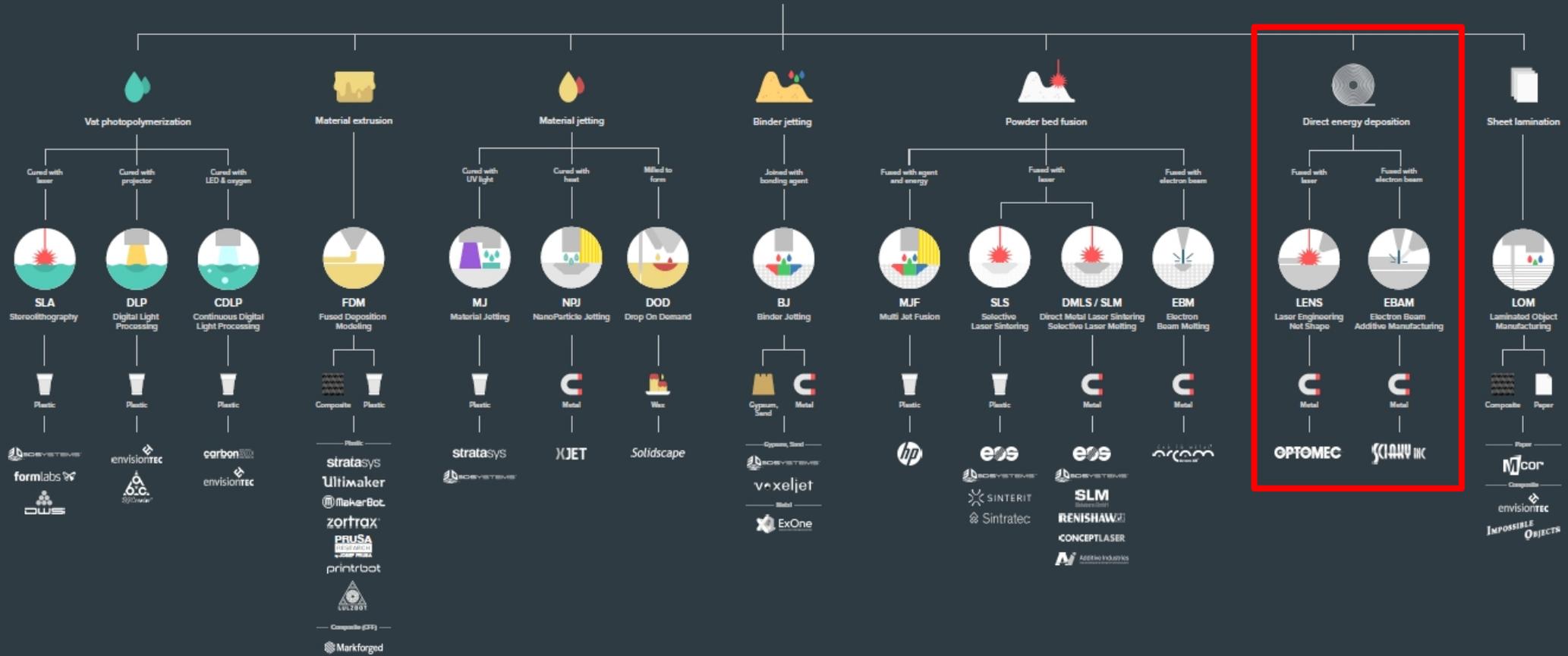
ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



3D Druck mit Metall

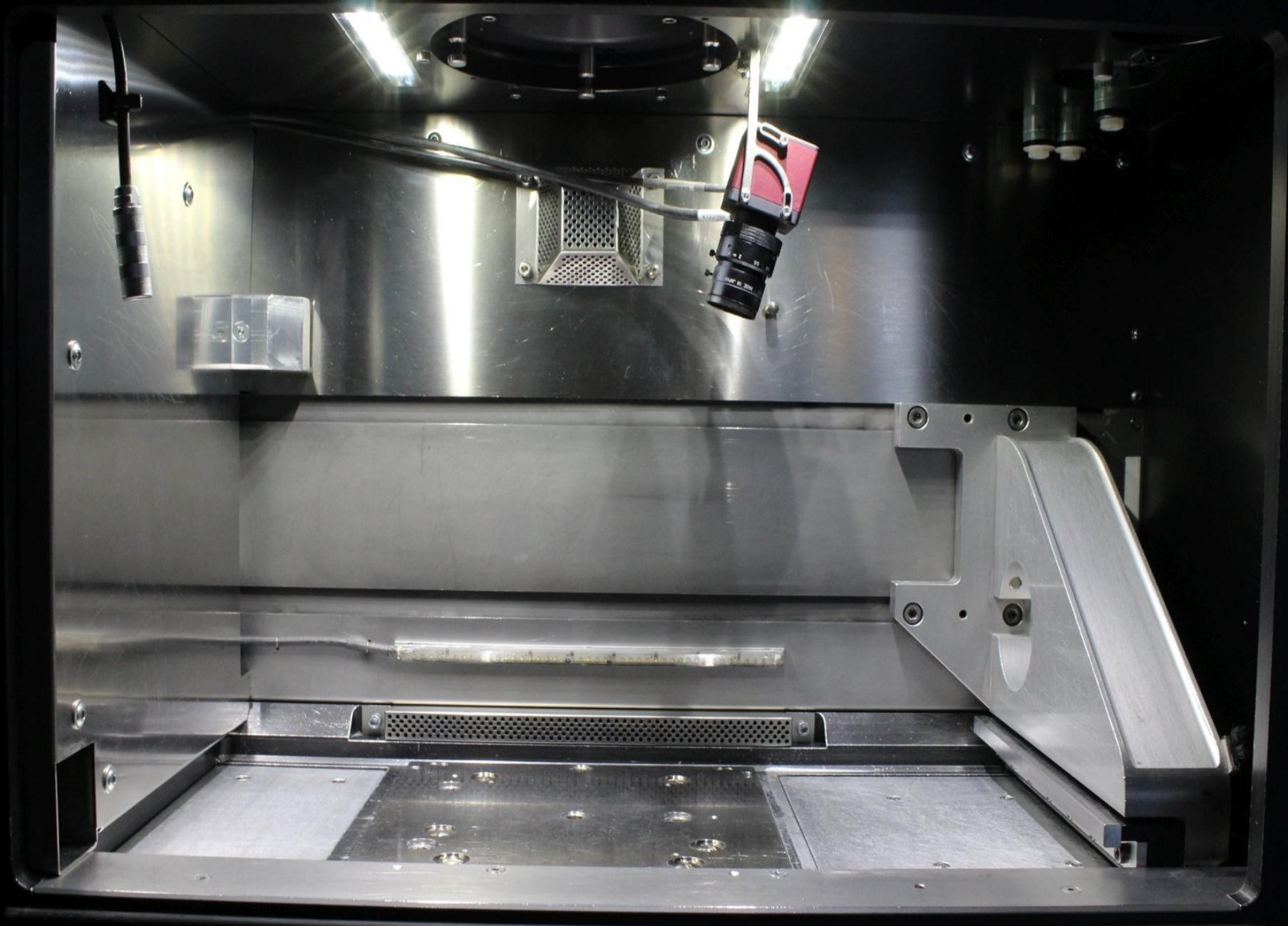
- Dünne Schicht aus Metallpulver (20 – 90 μm) wird von Laser (200W - 1kW) aufgeschmolzen

3D Druck mit Metall

- Dünne Schicht aus Metallpulver (20 – 90 μ m) wird von Laser (200W - 1kW) aufgeschmolzen
- Stützstrukturen für Wärmeableitung und Stabilität (Eigenspannungen, Beschichten) notwendig

3D Druck mit Metall

- Dünne Schicht aus Metallpulver (20 – 90 μ m) wird von Laser (200W - 1kW) aufgeschmolzen
- Stützstrukturen für Wärmeableitung und Stabilität (Eigenspannungen, Beschichten) notwendig
- Nachbearbeitung an Funktionsflächen notwendig







EOS

EOS M 400

EOS M 400

EOS

3D Druck mit Metall



Herausforderungen

Herausforderungen



micah elizabeth scott | @scanlime...

@scanlime

Folgen



3d printing is a subtractive manufacturing process whereby failed prints are removed from the machine until the desired shape remains

 Tweet übersetzen

03:31 - 28. Sep. 2018

Herausforderungen

- „neuer“ Herstellprozess, viele unbekannte Einflussfaktoren

Herausforderungen

- „neuer“ Herstellprozess, viele unbekannte Einflussfaktoren
- Kontrolle der gesamten Prozesskette notwendig

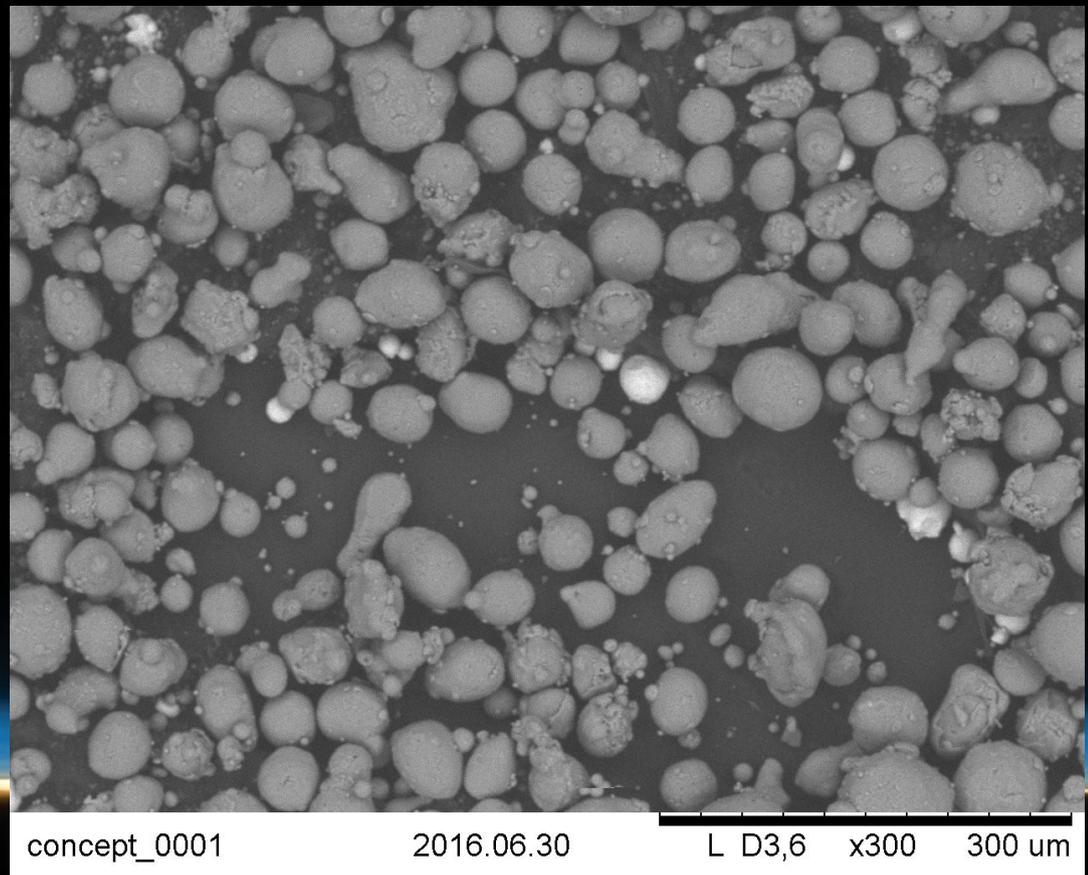
Prozesskette - Pulver

Prozesskette - Pulver

- Chemische Zusammensetzung

Prozesskette - Pulver

- Chemische Zusammensetzung
- Partikelform und -größenverteilung



Prozesskette - Pulver

- Chemische Zusammensetzung
- Partikelform und -größenverteilung
- Feuchtigkeit

Prozesskette - Bauprozess

Prozesskette - Bauprozess

- Geprüfte Prozessparameter

Prozesskette - Bauprozess

- Geprüfte Prozessparameter



Prozesskette - Bauprozess

- Geprüfte Prozessparameter
- Zertifiziertes Personal für manuelle Prozessschritte

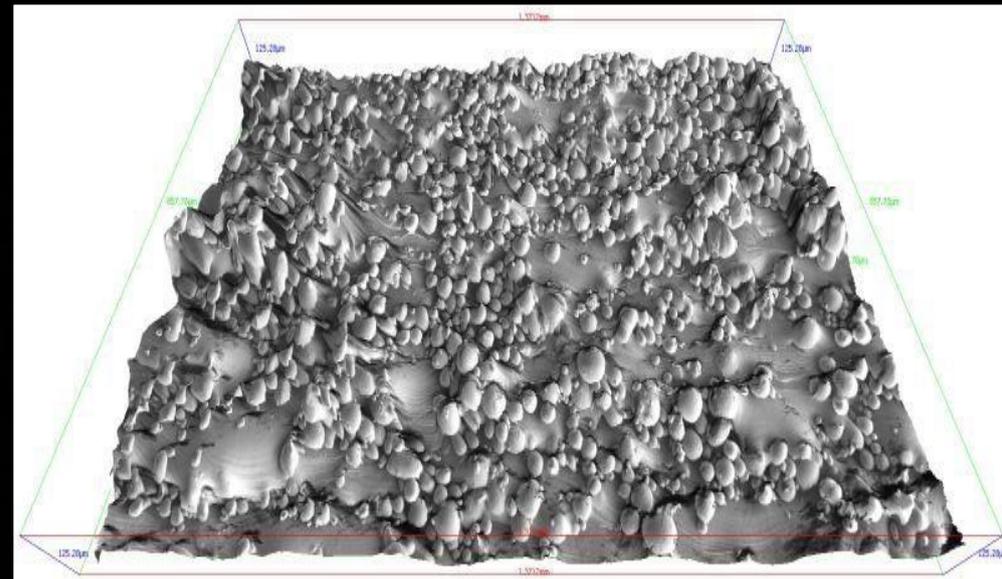
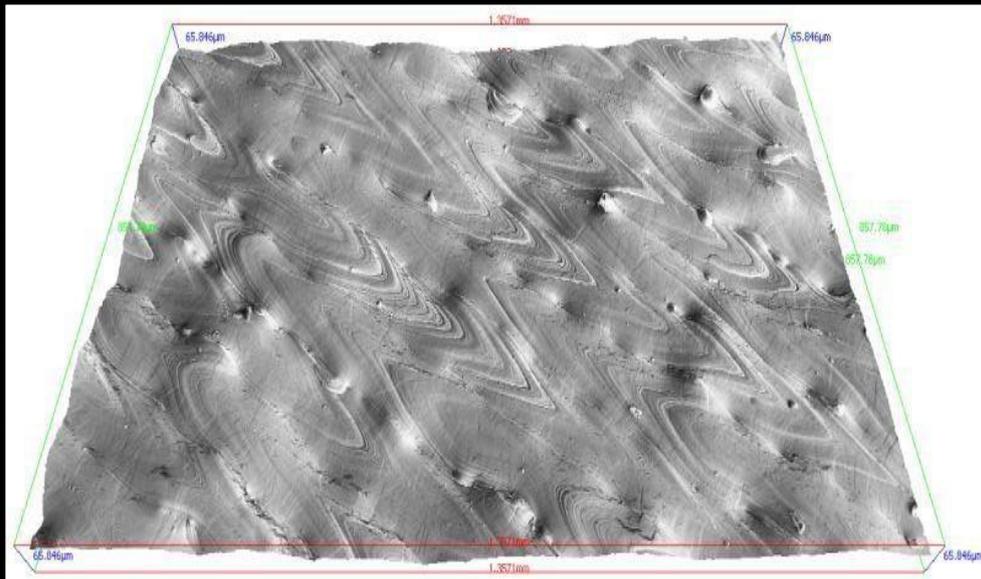
Prozesskette - Bauprozess

- Geprüfte Prozessparameter
- Zertifiziertes Personal für manuelle Prozessschritte
- Monitoring des Bauprozesses

Prozesskette - Nachbearbeitung

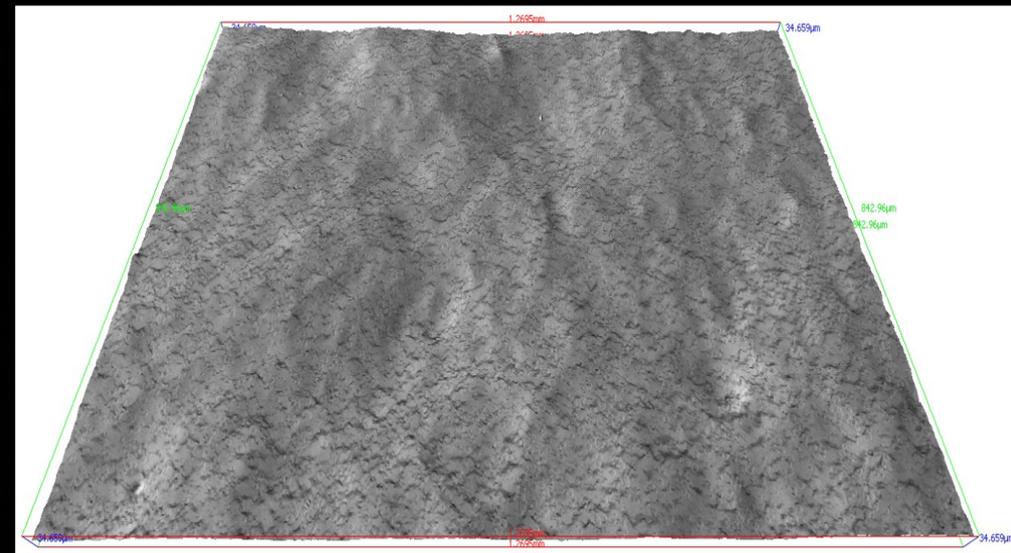
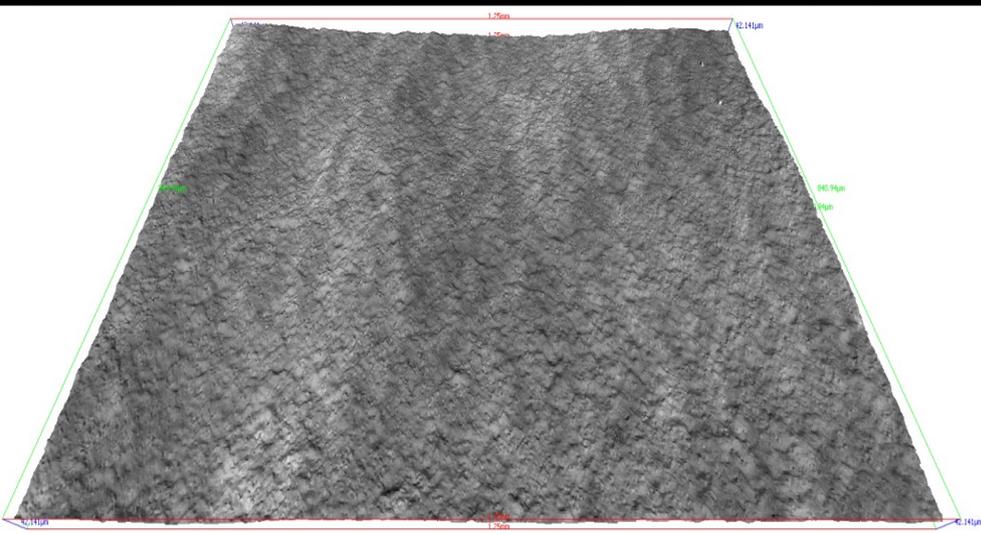
Prozesskette - Nachbearbeitung

- Oberfläche glätten



Prozesskette - Nachbearbeitung

- Oberfläche glätten



Prozesskette - Nachbearbeitung

- Oberfläche glätten
- Zerspanende Nachbearbeitung für Funktionsflächen

Prozesskette - Kontrolle

Prozesskette - Kontrolle

- Geometrische Kontrolle

Prozesskette - Kontrolle

- Geometrische Kontrolle
- Defekte im Bauteil: CT-Untersuchung, Belastungstests

Prozesskette - Kontrolle

- Geometrische Kontrolle
- Defekte im Bauteil: CT-Untersuchung, Belastungstests
- Cleanliness – Sauberkeit, Fremdpartikel

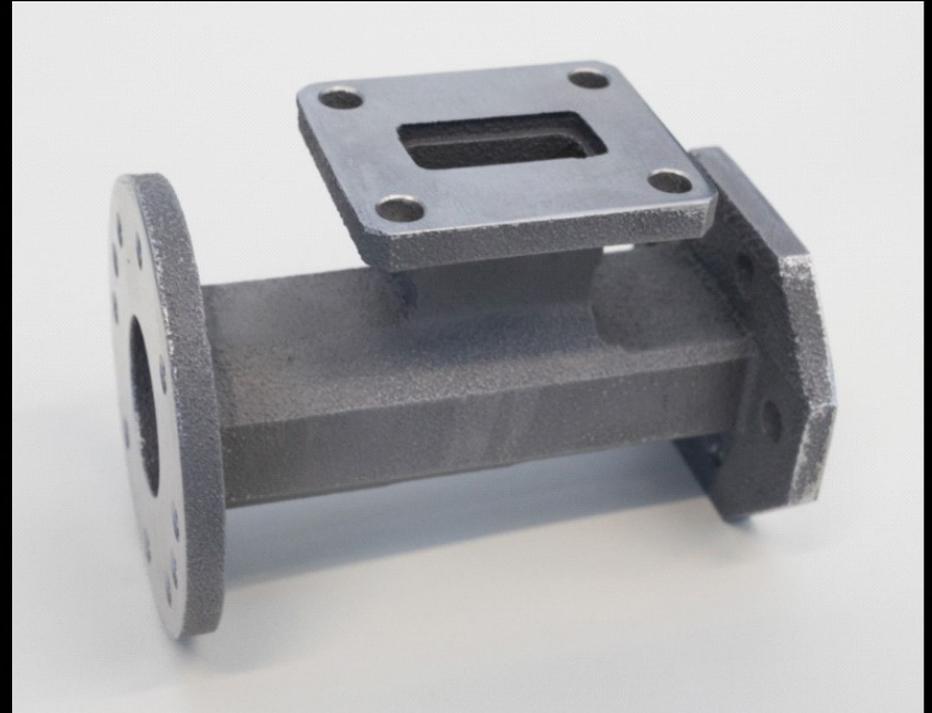
Anwendungen

Anwendungen - RF-Bauteile

Waveguide in einem
Stück aus AlSi10Mg

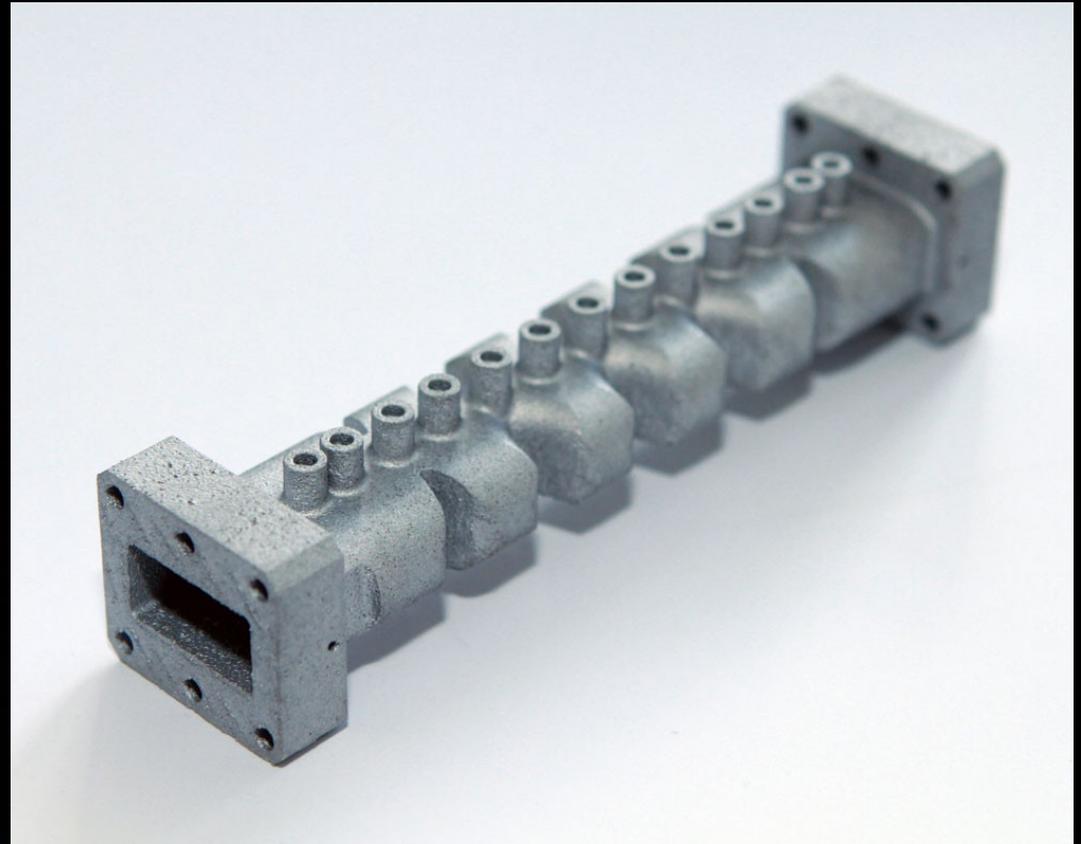
Abmessungen:
56 x 34 x 34 mm³ (LxBxH)

Gewicht: 55 g



Anwendungen - RF-Bauteile

RF-Filter mit
Tuning-Möglichkeit
aus Aluminium



Anwendungen - Strukturbauteile

NEOSAT motor bracket aus AlSi10Mg

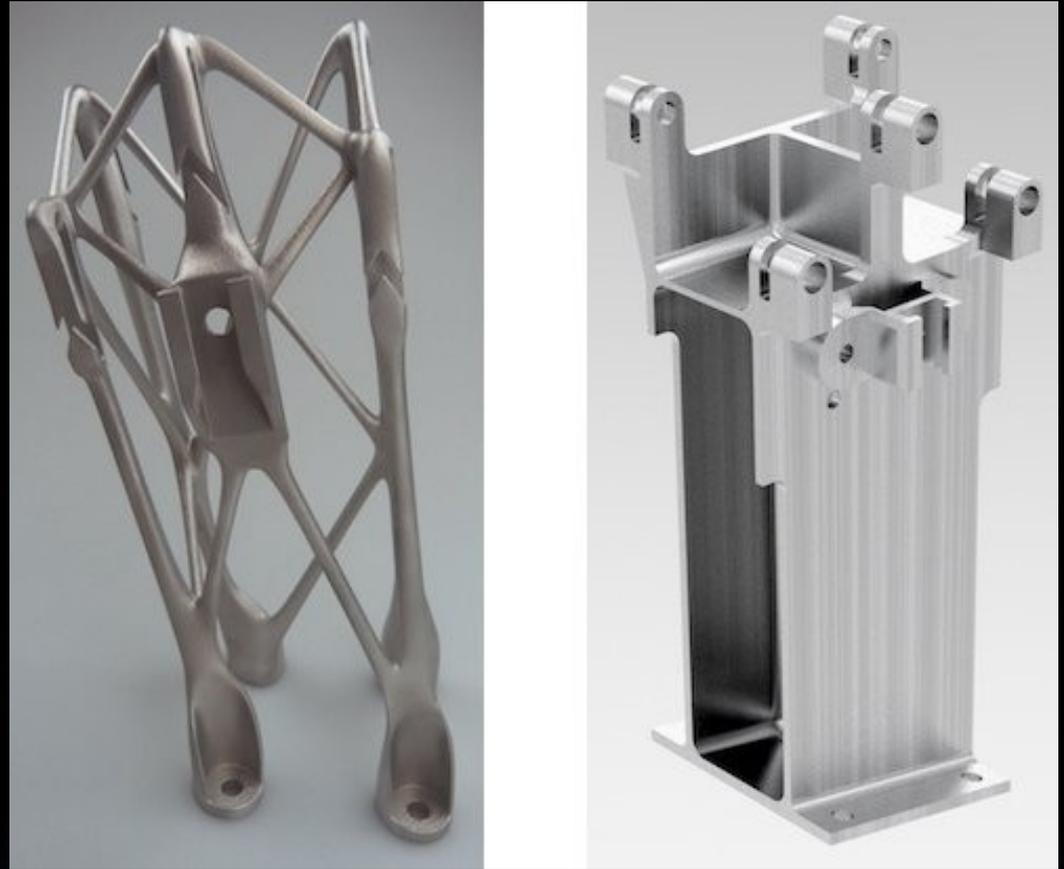
Abmessungen:
170 x 140 x 190 mm³ (LxBxH)

Gewicht: 515 g



Anwendungen - Strukturbauteile

RUAG Space
„Satellite bracket“



Anwendungen - Strukturbauteile

RUAG Space
Beresheet

Landing engine mount
aus Aluminium



Anwendungen

Treibstoffbalg aus Ti6Al4V

Abmessungen: 35 x 50 mm
(Außendurchmesser x Länge)

Wandstärke: 510 μm

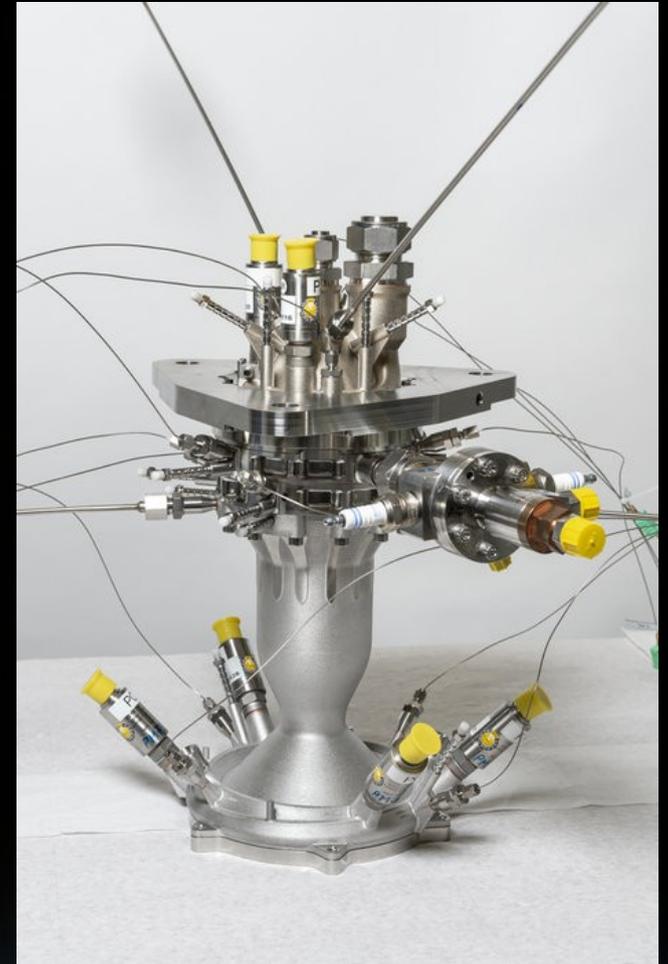


Anwendungen - Triebwerke

Wer hat das größte, gedruckte Triebwerk...



Anwendungen - Triebwerke



Fragen?

Referenzen

- [1] <https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/10/Lightning> (Hintergrundbild)
- [2] <http://blogs.esa.int/alexander-gerst/2014/06/13/new-horizons/> (Hintergrundbild)
- [3] https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/explorer/Investigation.html?id=1039
- [4] <https://sservi.nasa.gov/articles/building-a-lunar-base-with-3d-printing/>
- [5] https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2017/03/3D_printed_Mars_simulant
- [6] https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/misse-9_polymers_180319.pdf
- [7] https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/08/Wind-mapping_satellite_heads_for_orbit3
- [8] <https://www.fachwissen-technik.de/verfahren/fertigungsverfahren.html>
- [9] <https://www.3dhubs.com/get/am-technologies/>



Referenzen

- [10] <http://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/AdditiveManufacturingTerminology.pdf>
- [11] <https://artes.esa.int/news/tesat-pioneers-3d-printing-rf-components>
- [12] <https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/oerlikon-processes-standards-3d-printed-ruag-space/>
- [13] <https://www.metal-am.com/ruag-space-sends-first-additively-manufactured-part-to-the-moon/>
- [14] <https://twitter.com/relativityspace/status/971068107748925441>
- [15] <https://twitter.com/launcher/status/1105166207966236672>
- [16] http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2019/02/Thrust_Chamber_demonstrator2
- [17] <https://www.spacex.com/news/2014/07/31/spacex-launches-3d-printed-part-space-creates-printed-engine-chamber-crewed>

