



Trends und Entwicklungen in der additiven Fertigung mit Kunststoffen

Forum Produktion 2019

28. Mai 2019

Dr.-Ing. Katrin Wudy

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Drummer

Lehrstuhl für Kunststofftechnik

Universität Erlangen-Nürnberg

Am Weichselgarten 9

91058 Erlangen

Digitale
Transformation

Industrie 4.0

Smart
Factory

Digitale Fertigung

- Cloud Computing
- Big Data
- Internet of Things
- Künstliche
Intelligenz

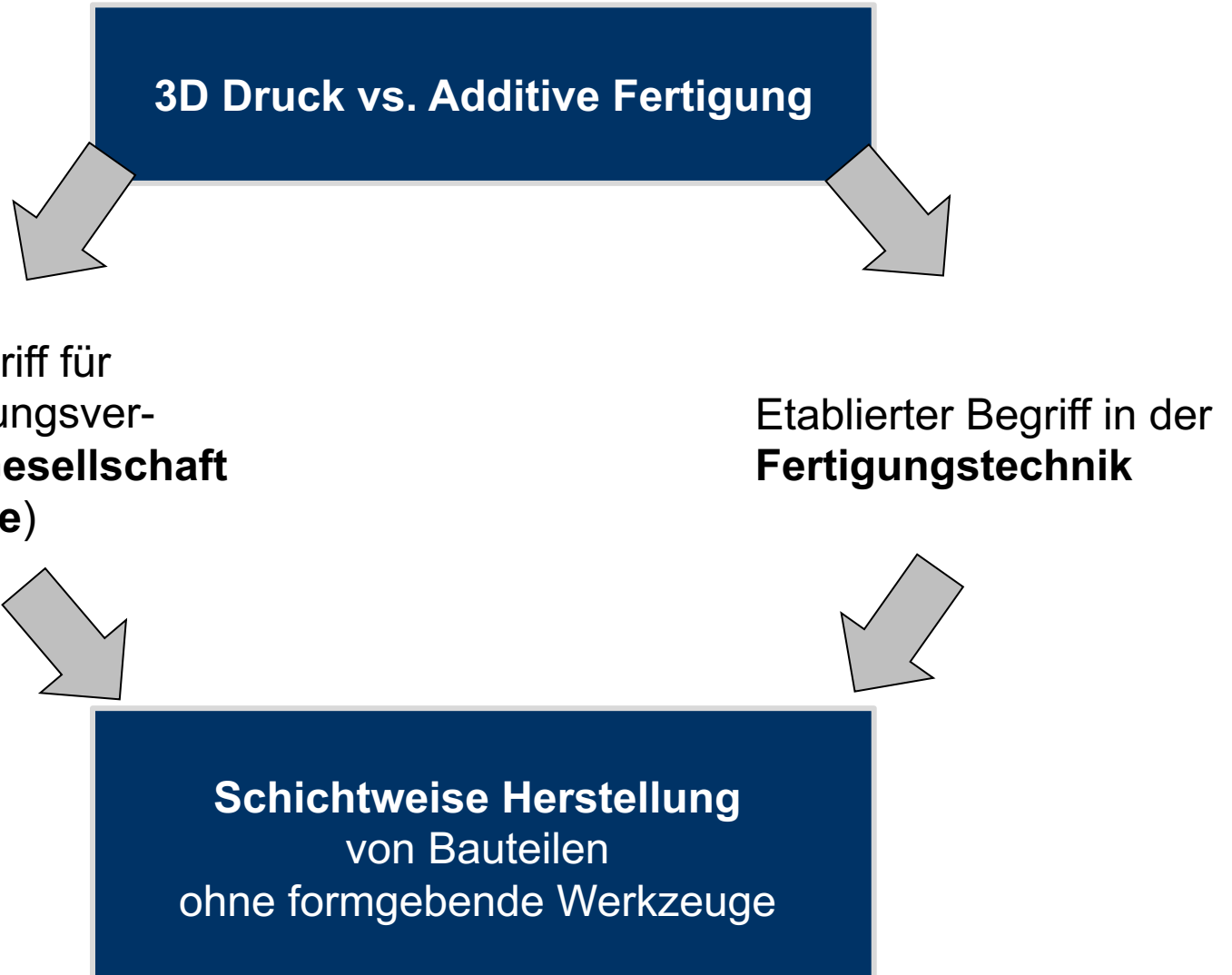
Digitalisierung

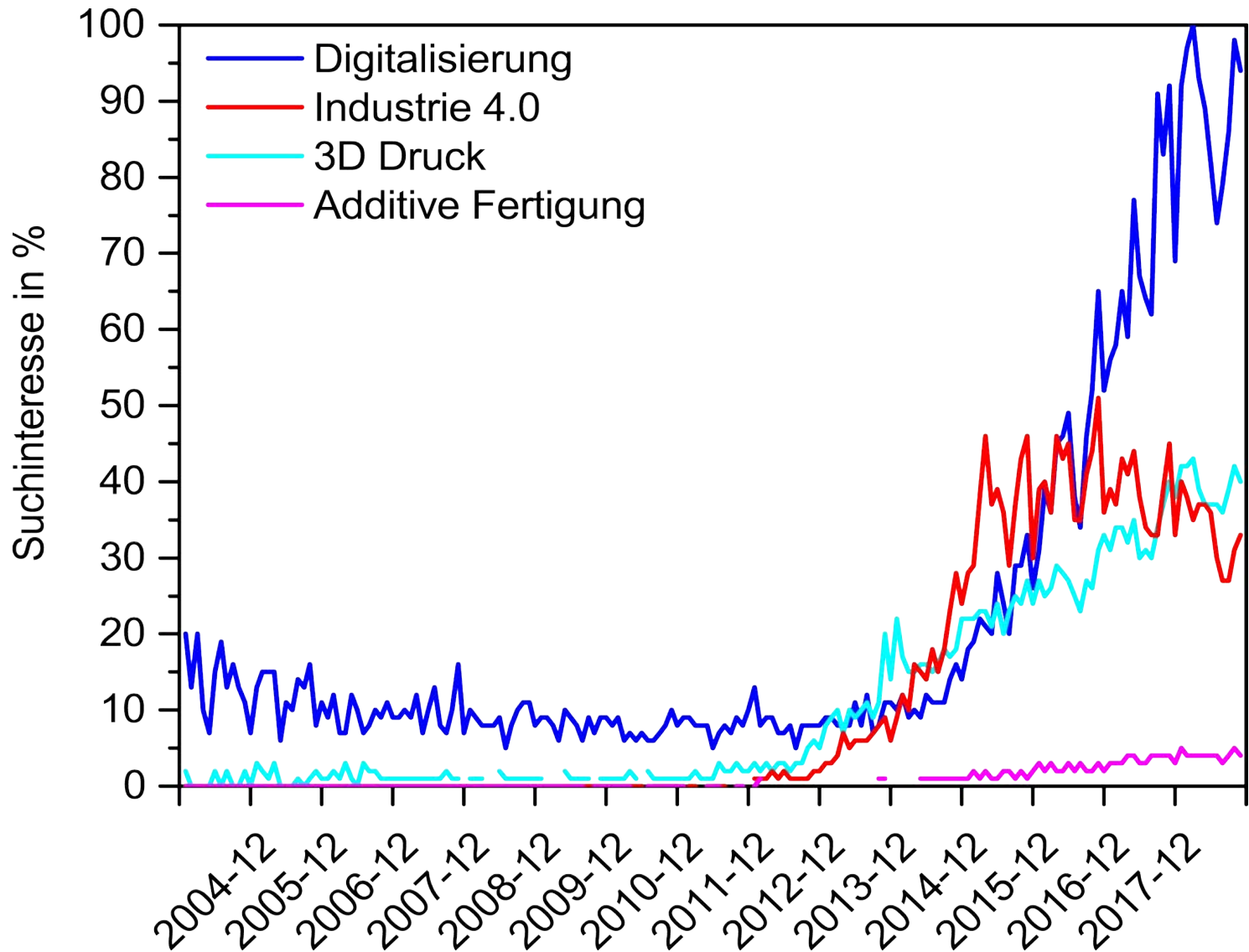


3D Druck

- Human
Augmentation
- Quantum
Computing
- Smart Robots
- Brain-Computer
interface

*Die großen Dinge haben einen großen Feind: die großen Worte.
(Hans Krailsheimer (1888–1958),
dt. Aphoristiker)*





[Quelle: Google Trends, 14. Nov. 2018]

Medizintechnik



[EOS]

Automobil



[Mini]

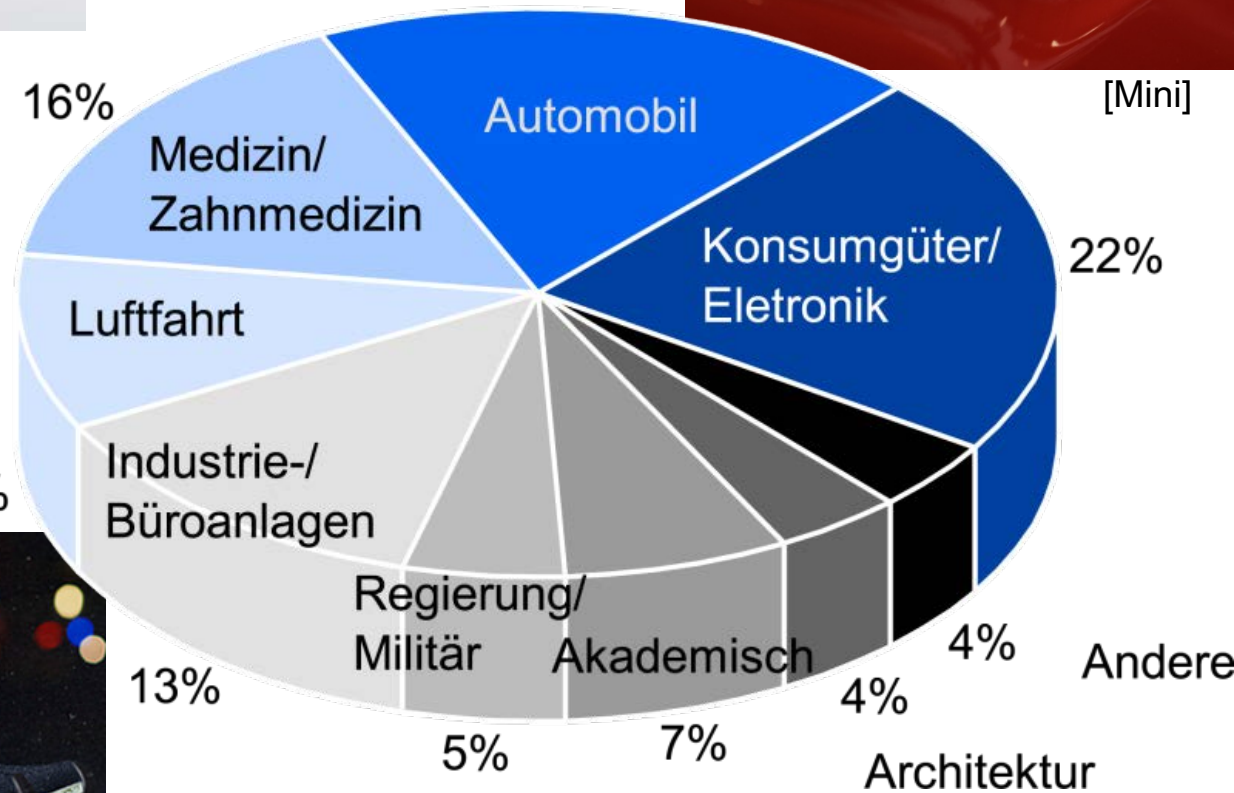
19%

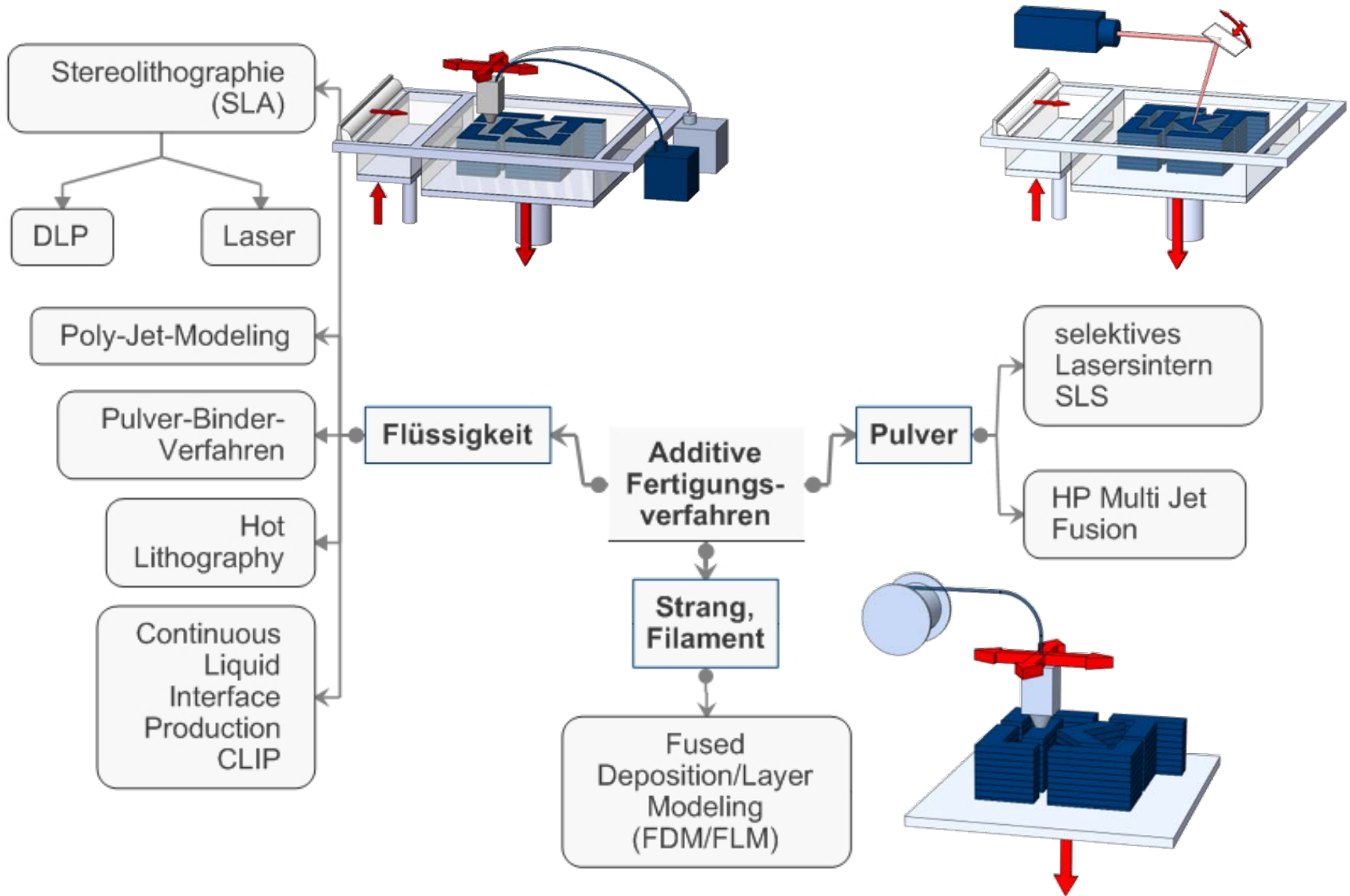
[Adidas]

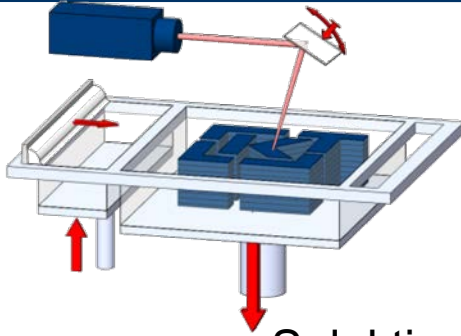
Konsumgüter



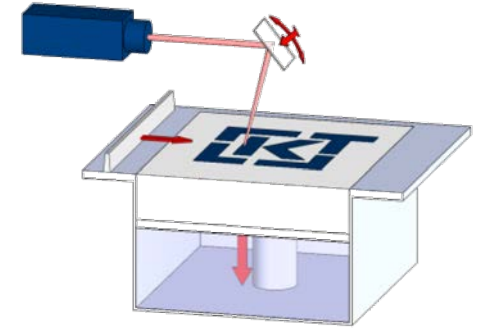
10%



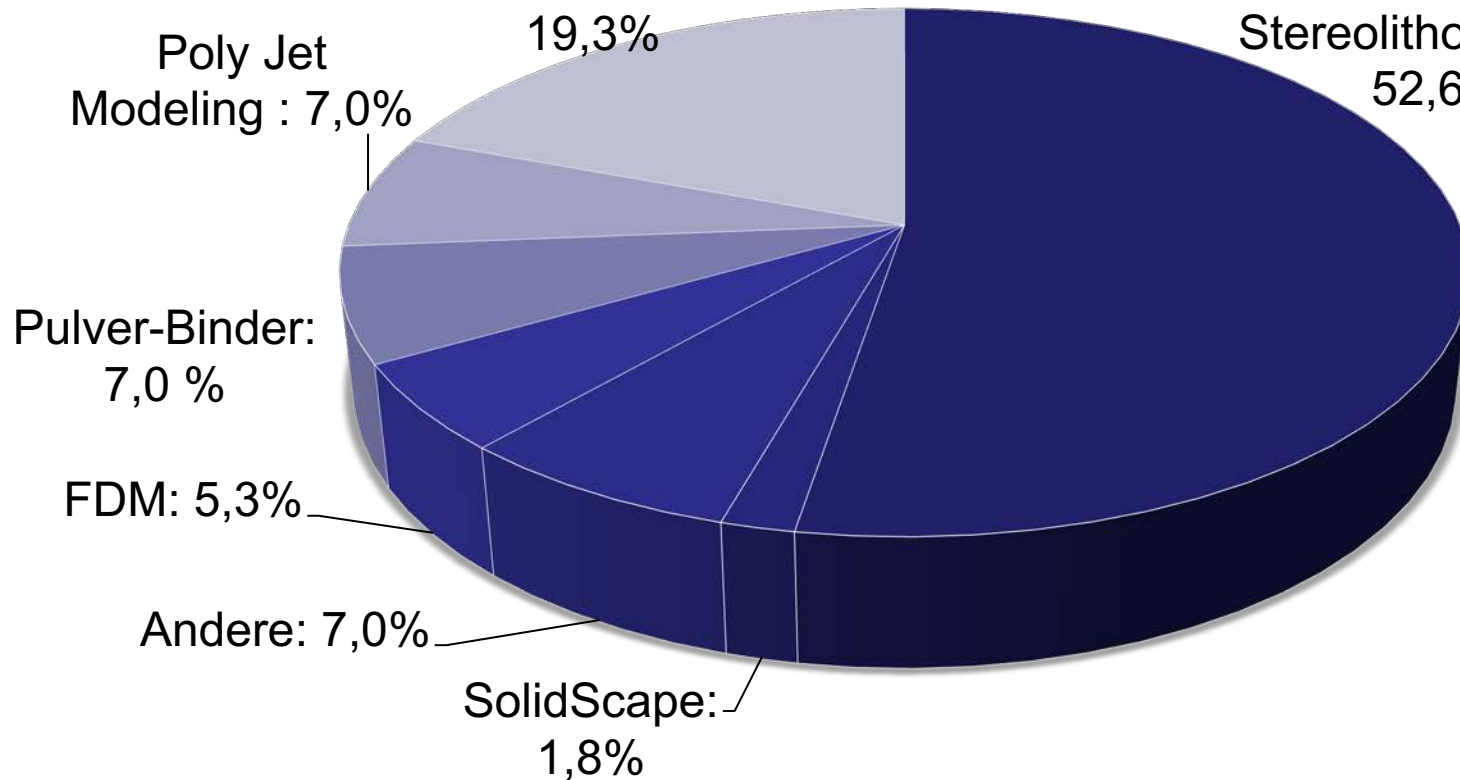




Selektives Lasersintern:

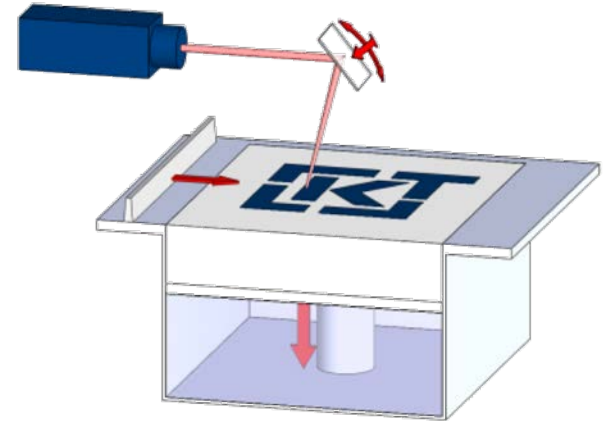


Stereolithographie:
52,6%



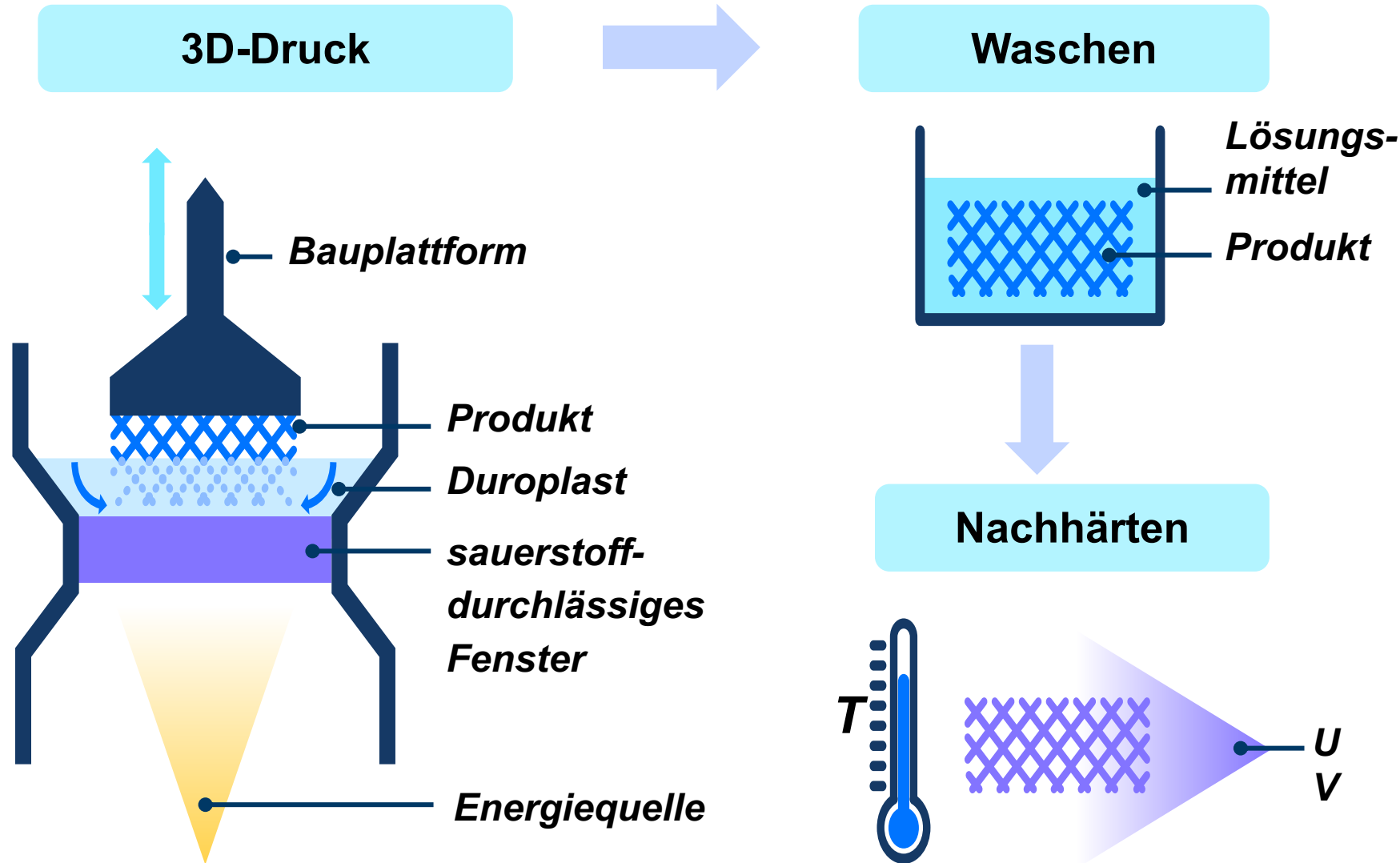
Stereolithografie (SLA)

schichtweises Aushärten von
Photopolymeren mittels **UV-Licht**

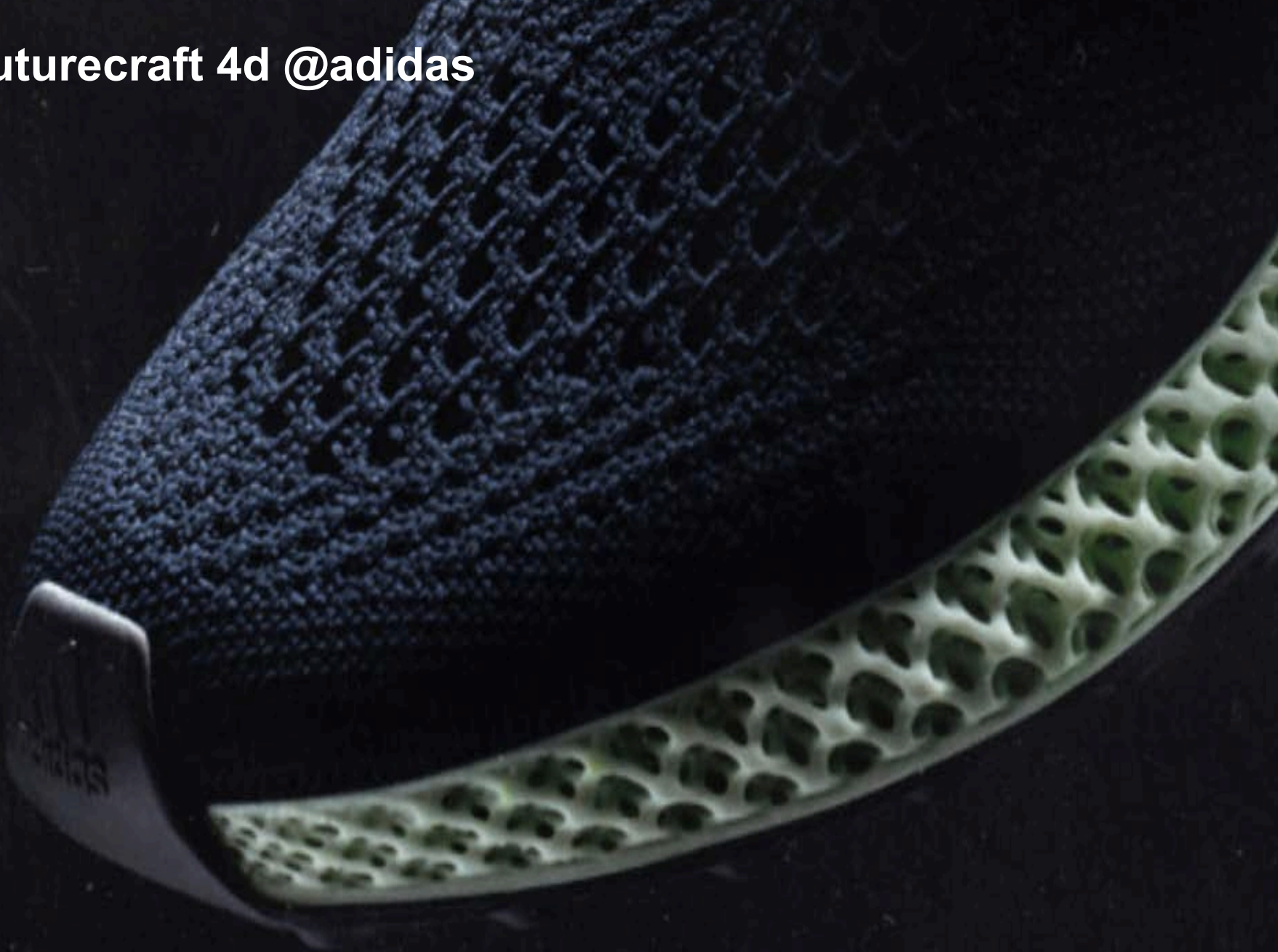


Merkmale:

- Materialien sind Acryl-, Epoxid- und Vinylesterharze
- zusätzlich Supportstrukturen
- höhere Bauteilkomplexität
- transparente Bauteile möglich
- hohe Auflösung
- Bauraum begrenzt Bauteilabmessungen



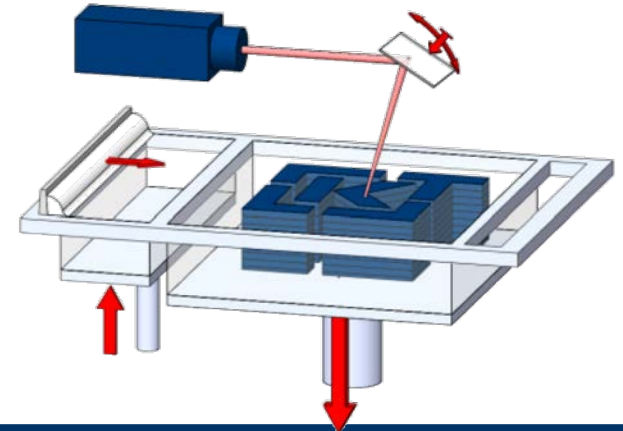
Futurecraft 4d @adidas



[adidas]

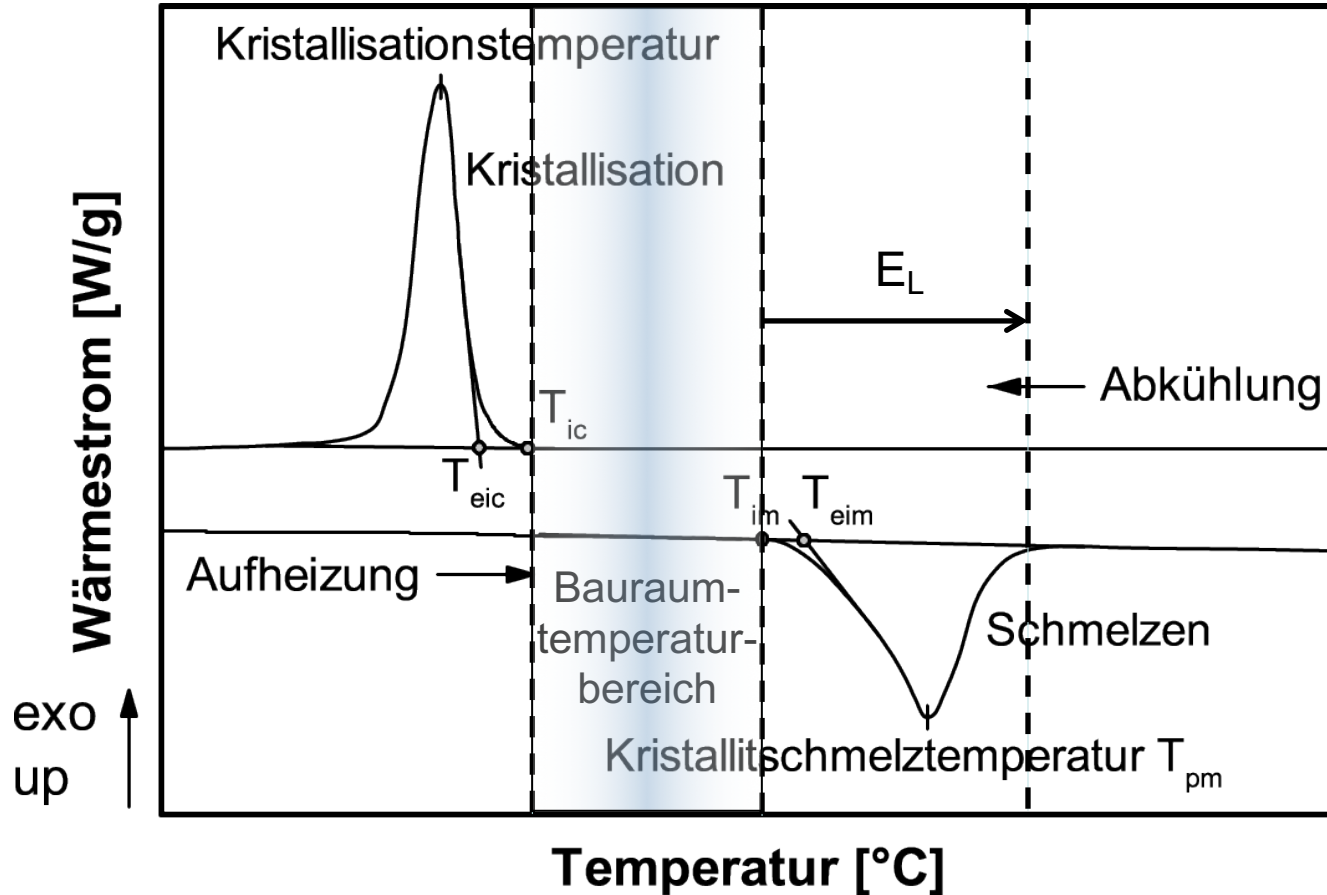
Selektives Lasersintern (SLS)

lokales Aufschmelzen von pulverförmigen Ausgangsmaterial mittels Laser
(Modell des quasi-isothermen Lasersintern)

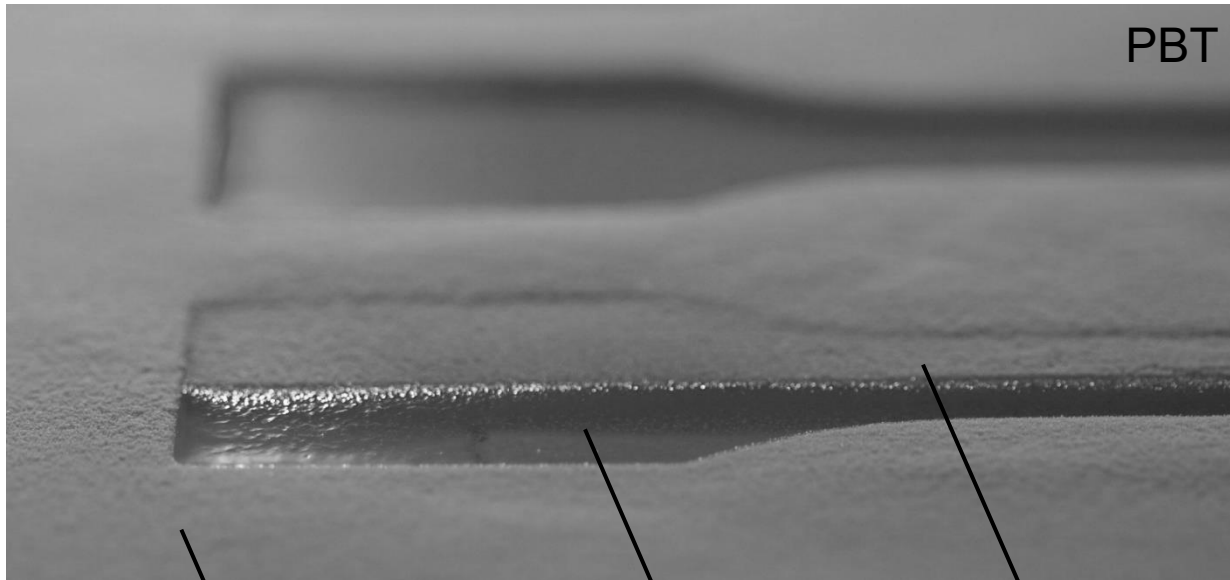


Merkmale:

- meist teilkristalline Thermoplaste (PA12, PA11, gefüllte Polyamide, TPU, PP, PEEK, ...)
- hohe Bauteilkomplexität sowie mech. Eigenschaften
- keine Supportstruktur
- hohe Auflösung
- eher kleine Teile

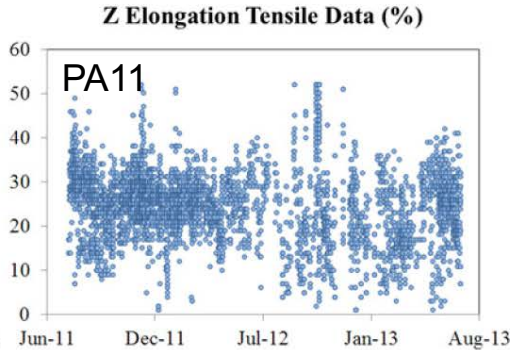


Theorie: Bauteil im Schmelzzustand während der gesamten Bauzeit
 → Zwei-Phasen-Mischgebiet



Pulverkuchen (E_V) Bauteilkontur (E_L) neue Schicht

Theorie: Bauteil im Schmelzezustand während der gesamten Bauzeit
 → Zwei-Phasen-Mischgebiet



Bourell, D. L., et al. (2014). Physics Procedia **56**(0): 147-156.

Verarbeitungsprozess

- Reproduzierbarkeit
- Neue Strategien Energieeintrag
- ...

Werkstoff

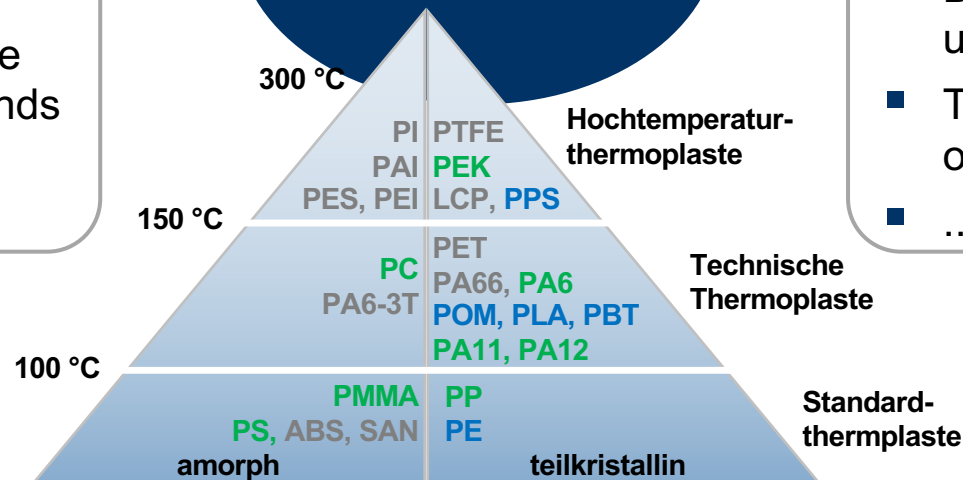
- Materialvielfalt
- Gefüllte Systeme und Polymerblends
- ...

Bauteileigenschaft

Konstruktion

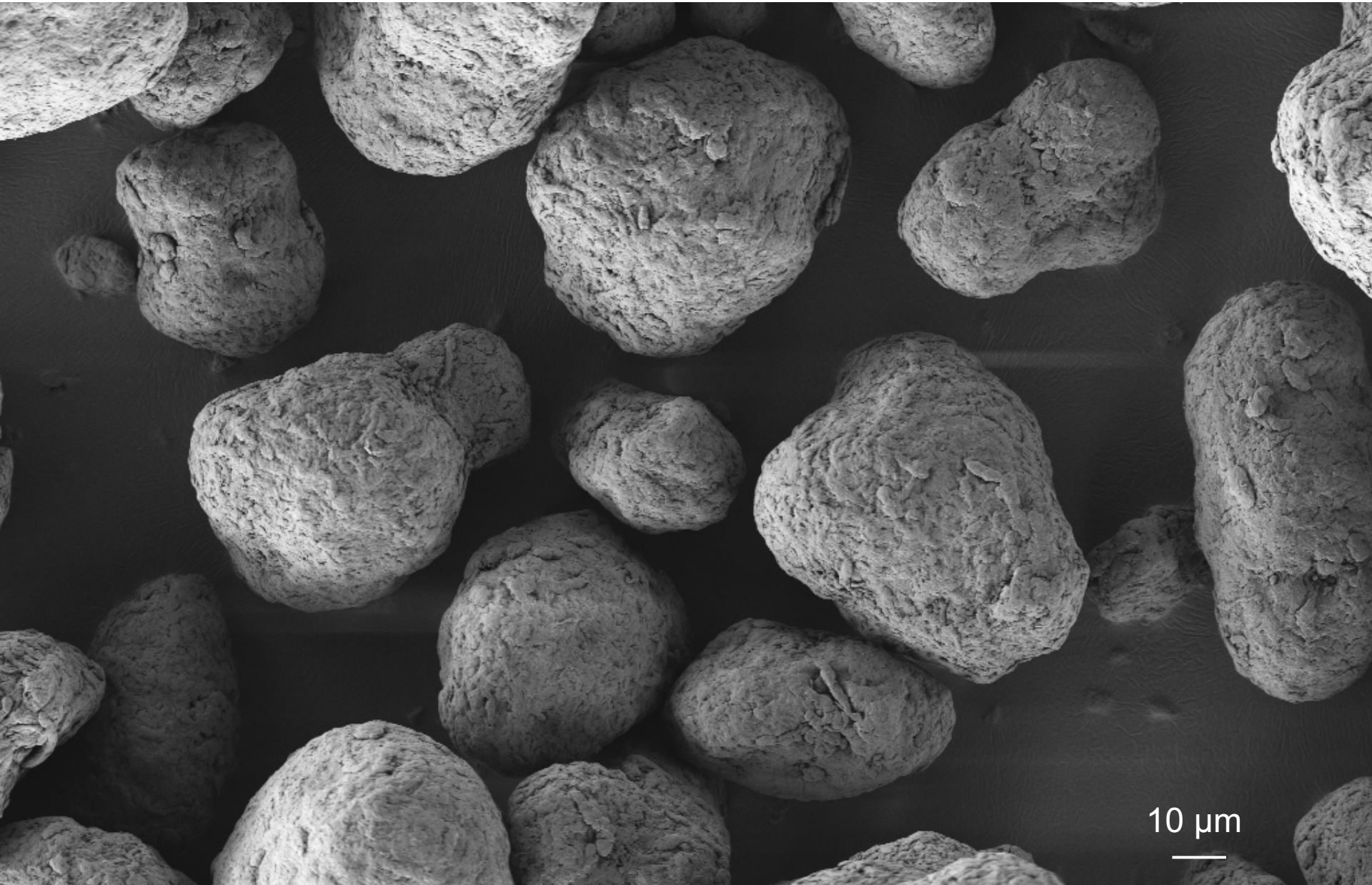
- Datenaufbereitung und Pre-Processing
- Topologieoptimierung
- ...

LSS-Pulver:
■ kommerziell
■ Forschung

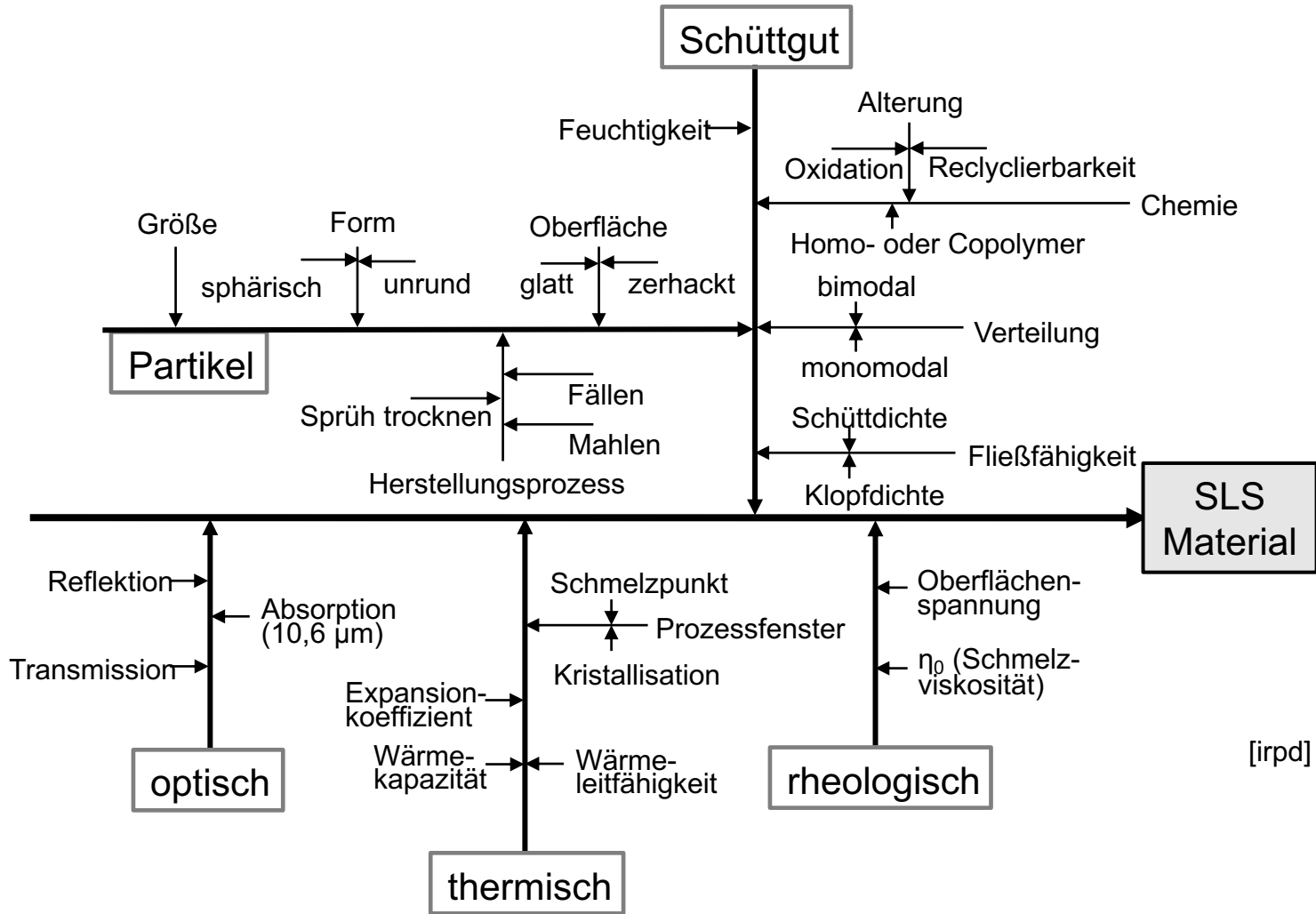




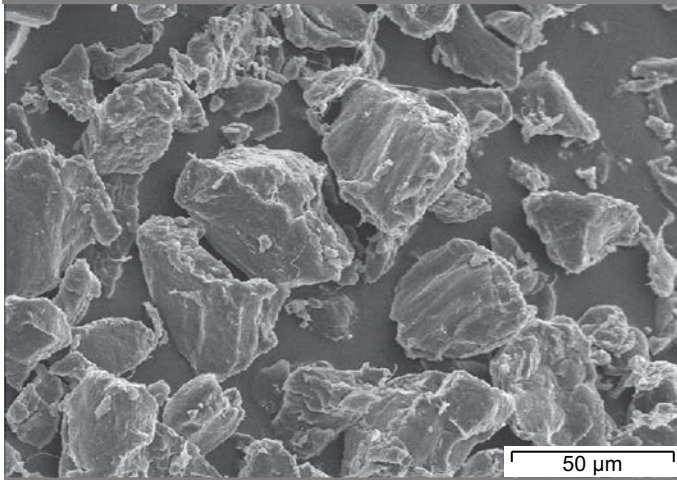
Pulver – PA12 Pulver



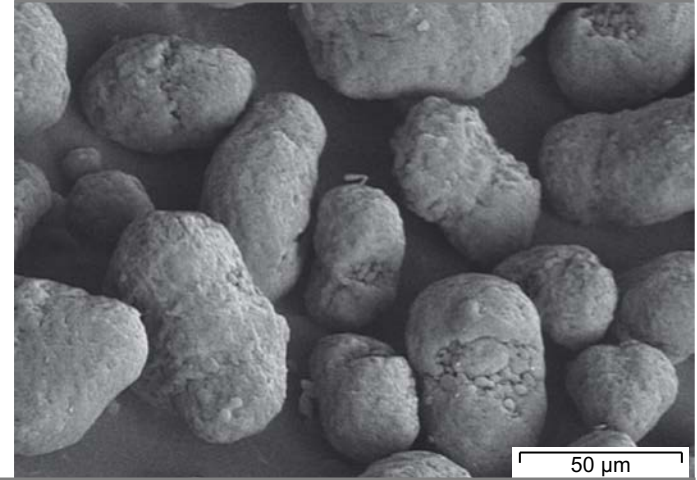
Anforderungen an Werkstoffe für das **selektive Lasersintern** von Kunststoffen



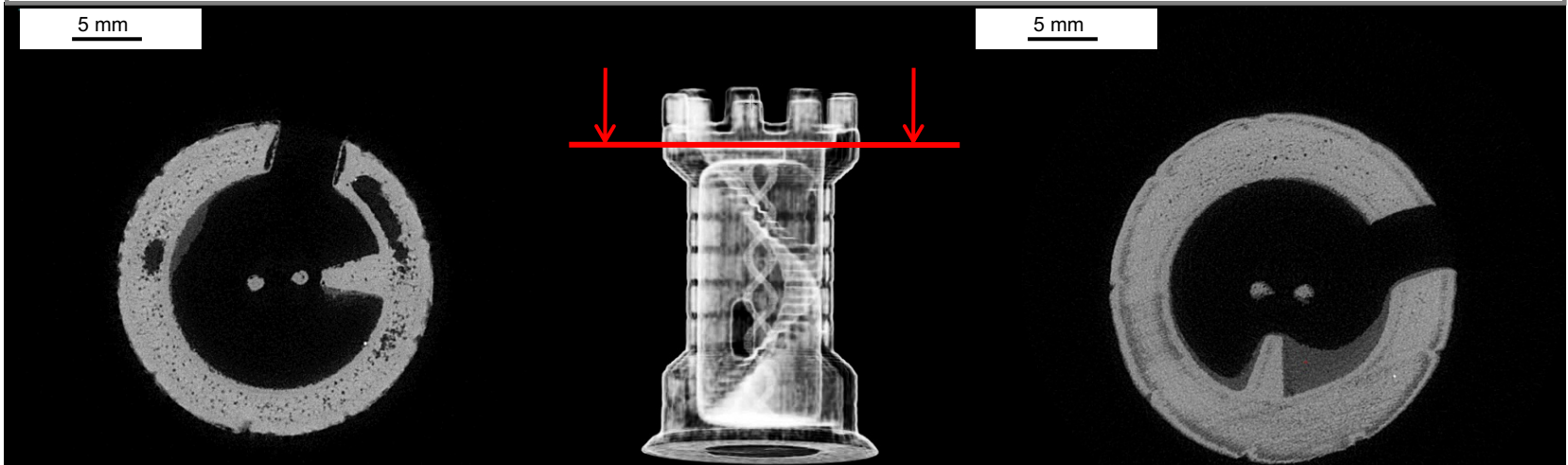
POM (kryogen gemahlen)



PA 12 (Lasersinterpulver)

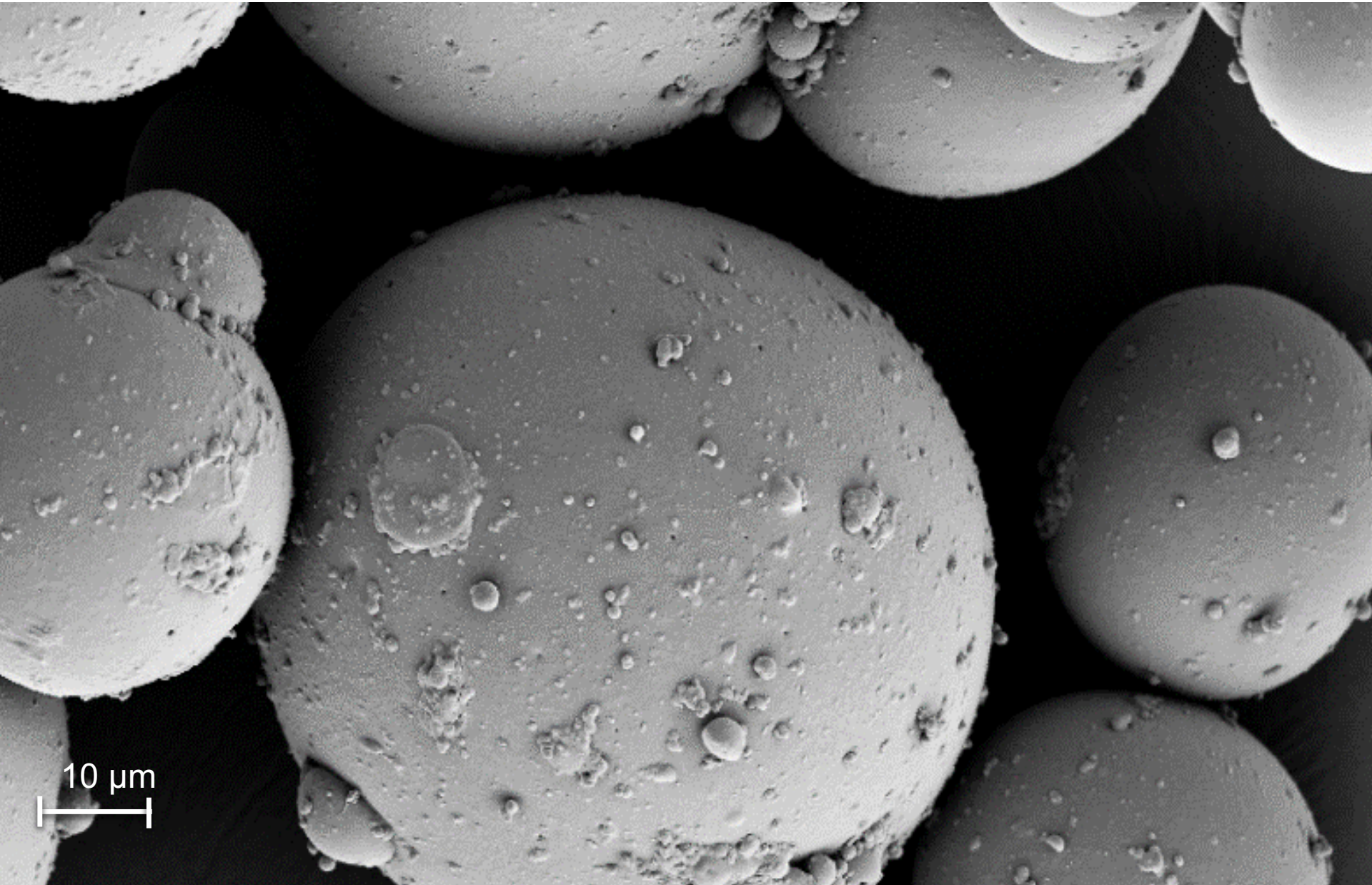


Packungsdichteunterschiede je nach Partikelform





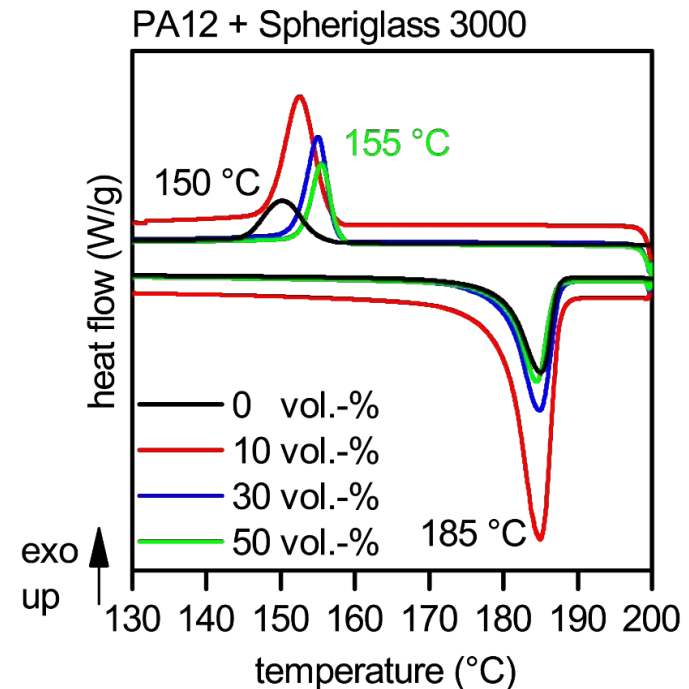
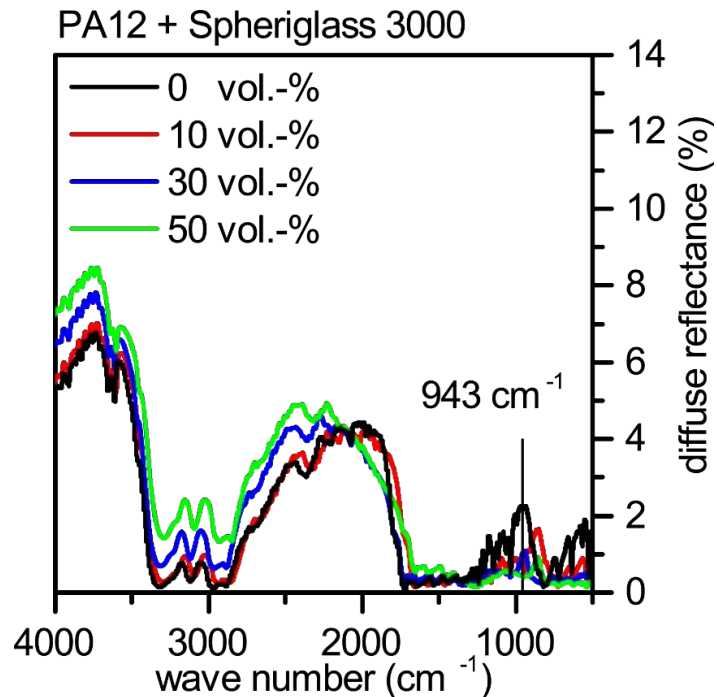
Pulver – neue elastische Werkstoffe (TPU-Pulver)



10 μm

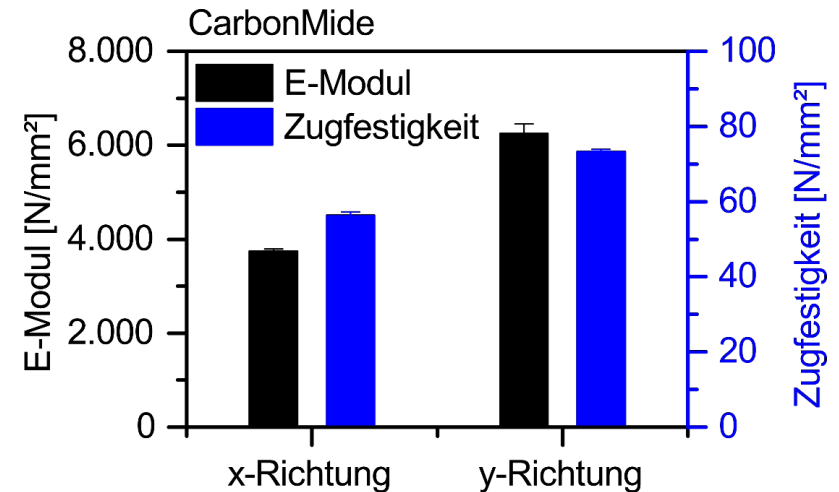
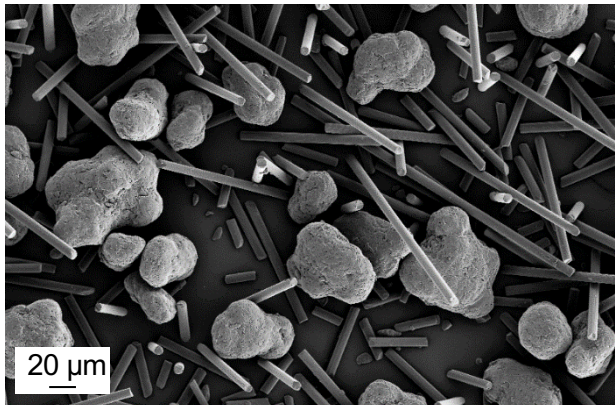
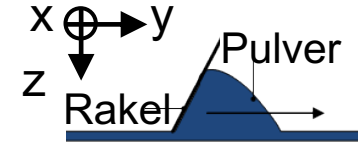
PA12 + Glaskugeln

- Füllstoffe beeinflussen das optische und thermische Werkstoffverhalten
- Werkstoffspezifische Prozessparameter



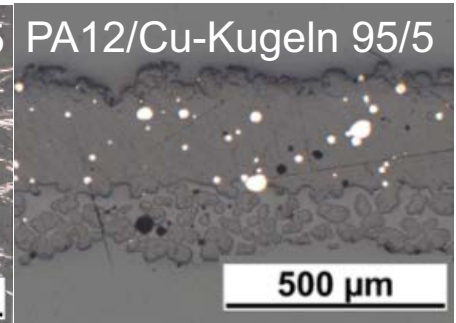
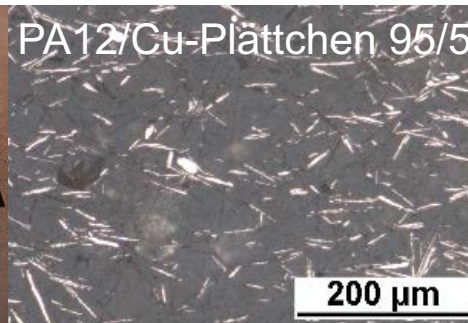
Pulver – gefüllte Systeme

- Erhöhung mechanischer Kennwerte (z.B. durch Carbonfasern, CarbonMide, EOS GmbH)

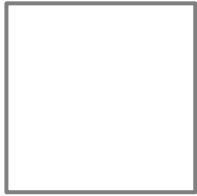


- Erhöhung Wärmeleitfähigkeit (z.B. durch Kupfer-Plättchen/Kugeln)

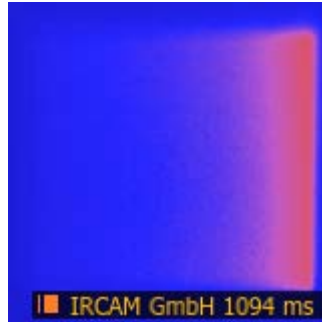
Lanzl, L., et al. (2019). Polymer Composites **40**(5): 1801-1809.



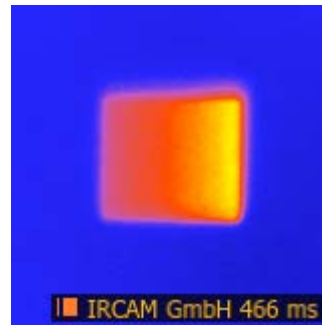
20 x 20 mm²



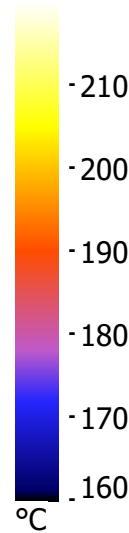
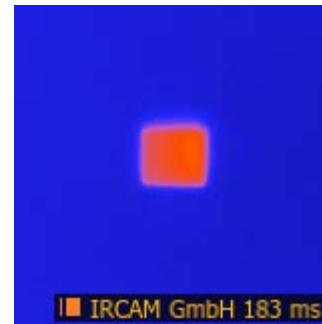
Thermogramme



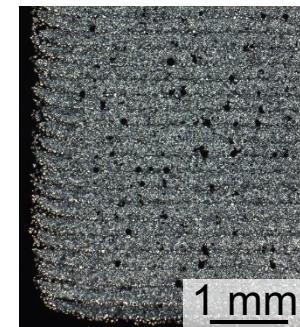
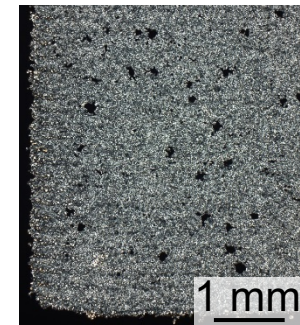
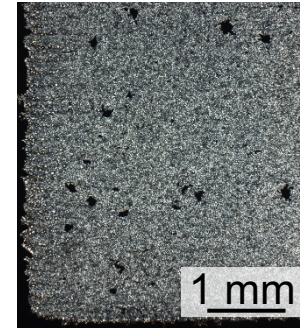
10 x 10 mm²



5 x 5 mm²



Bauteilmorphologie



HP Multi Jet Fusion

- Pulver-basiertes Verfahren
- Energieeintrag mittels IR-Strahler
- Modifizierte Pulver



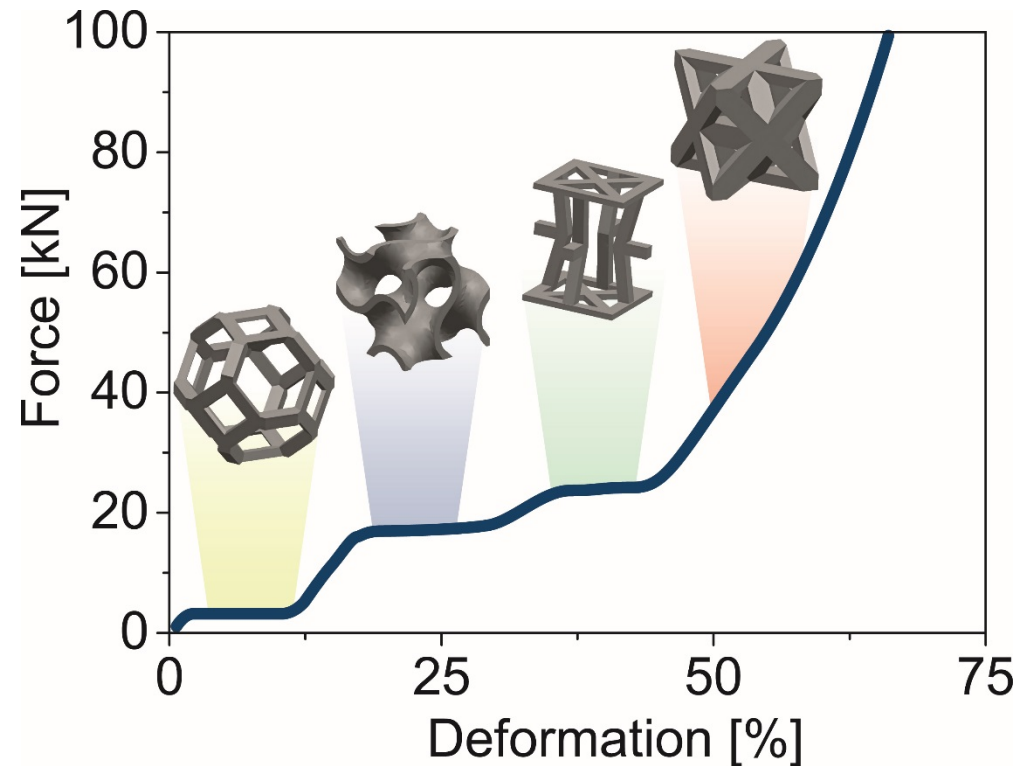
Fusing und Detailing
Agent



Aufschmelzen erfolgt
über infiltrierte Bereiche
mittels IR-Strahlung

[Quelle: HP]

- Möglichkeiten Bauteilgestaltung
- Variation der Energieabsorption durch Lattice-Strukturen





Vision der Additiven Fertigung





Woran muss zukünftig noch gearbeitet werden?

Materialvielfalt

Automation

Multi-Material-Bauteile

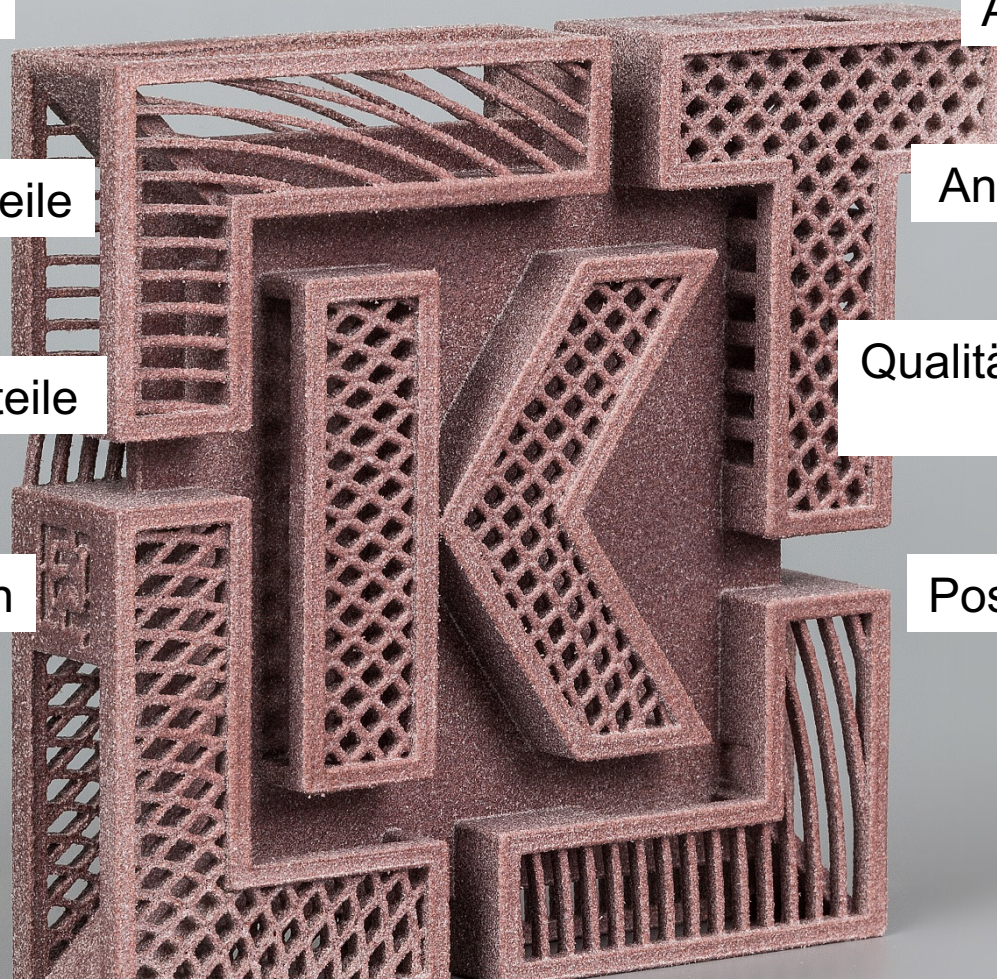
Anlagentechnik

Großvolumige Bauteile

Qualitätsmanagement-
systeme

Skalierungsregeln

Post-Processing



Dennoch können mit additiven Verfahren einzigartige Bauteileigenschaften und Geometrien realisiert werden!!!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!