



KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

Neue Materialien im Fused Filament Fabrication (FFF) Verfahren

Dipl.-Ing. Stephan Schuschnigg



Otto Glöckel-Straße 2, A-8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 3503

kv@unileoben.ac.at

www.kunststofftechnik.at

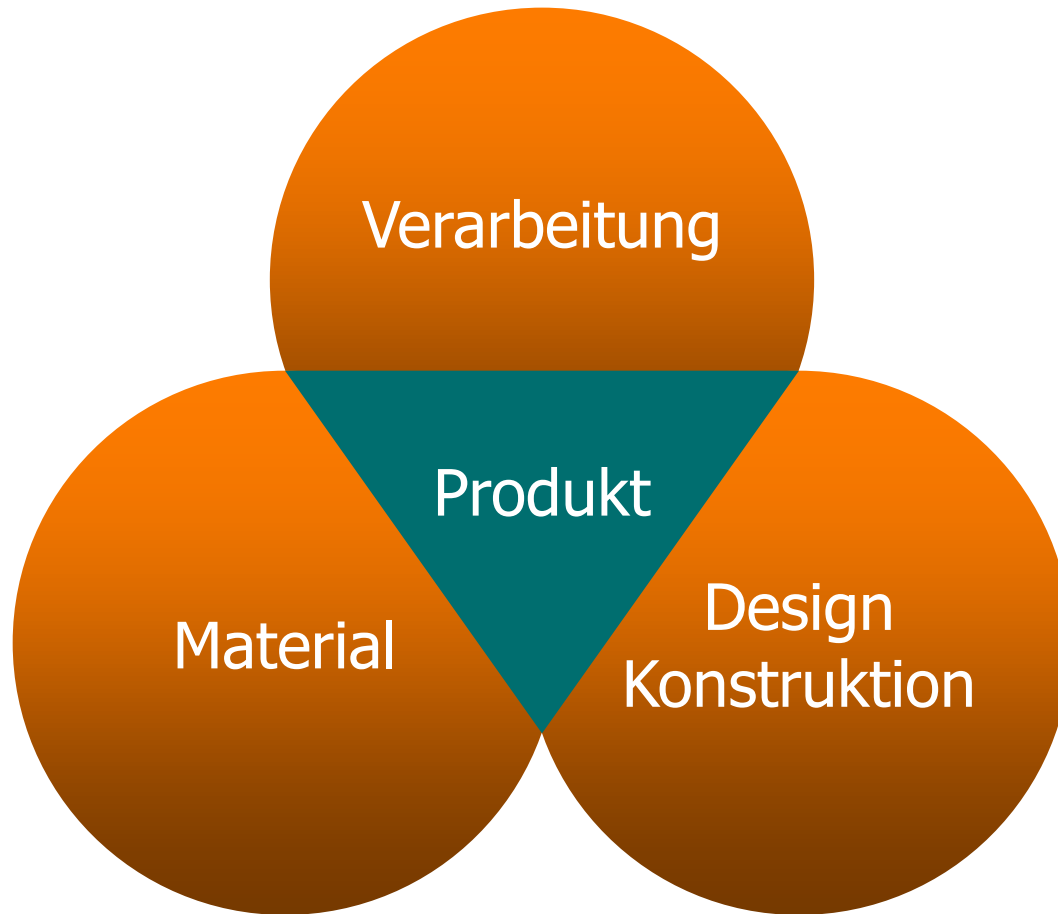


ANFORDERUNGEN

Anforderungen an AM

- Weg vom Bastler hin zur industriellen Fertigung
 - Funktionsintegration
 - Designfreiheit
 - Leichtbau
 - Materialkombination
- Maßhaltigkeit
- Reproduzierbarkeit
- Belastbarkeit der Bauteile

Basis für erfolgreiche Produkte





DESIGN & KONSTRUKTION

Konstruktion Additive Fertigung

- Verbessertes Design
- Einsparung von Bauteilen & Gewicht
- Mittels herkömmlichen Produktionsmethoden kaum realisierbare Konstruktionen



[1]

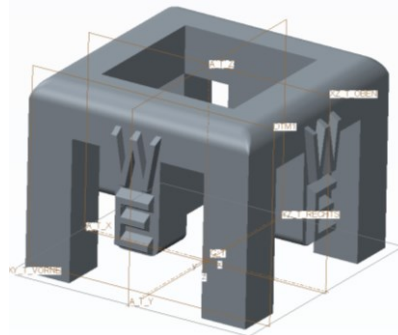
- Druckgerechte Konstruktion
- Überhänge



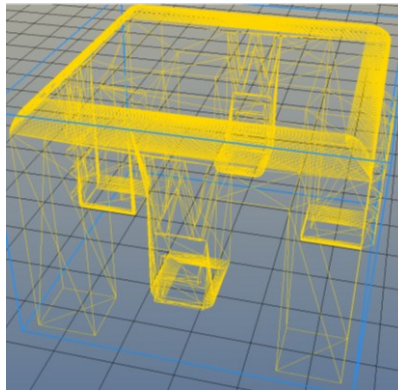
VERARBEITUNG

Prozess

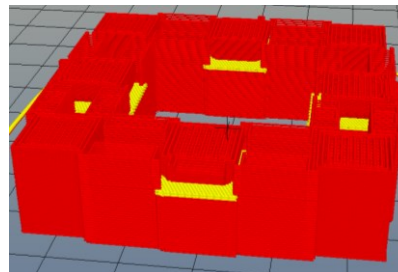
1. CAD Modell



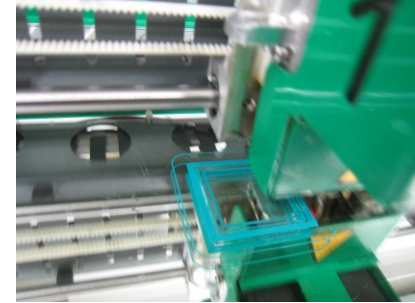
2. .stl Datei



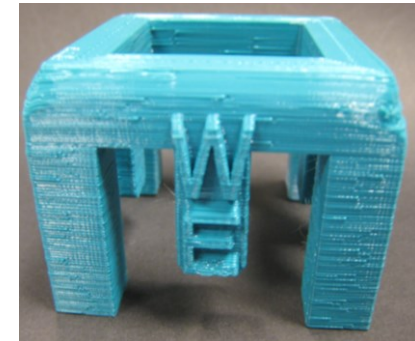
3. Slice
Prozess



4. Druck



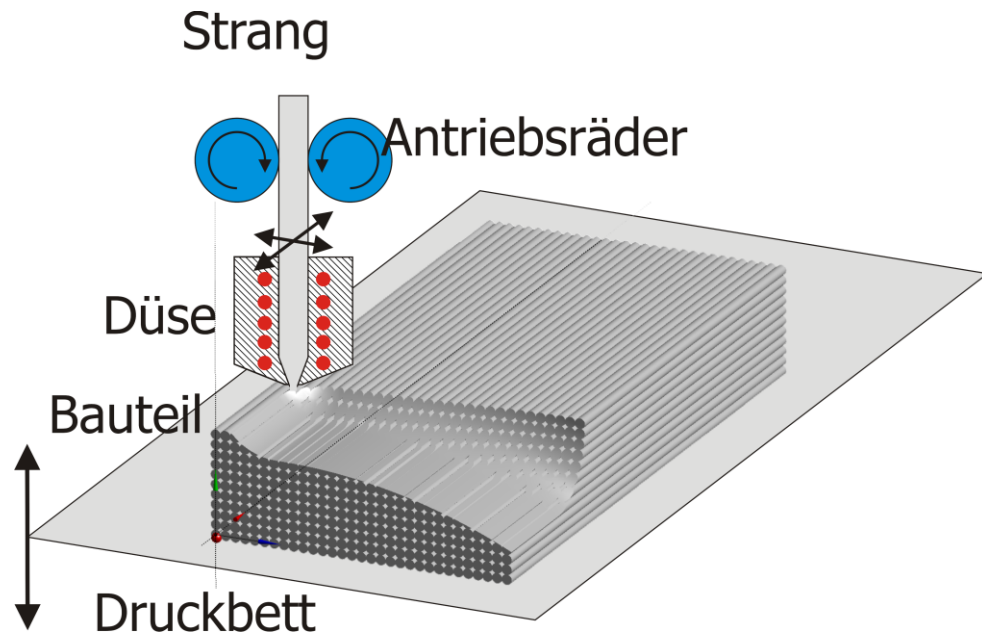
5. Bauteil



6. Nachbearbeitung

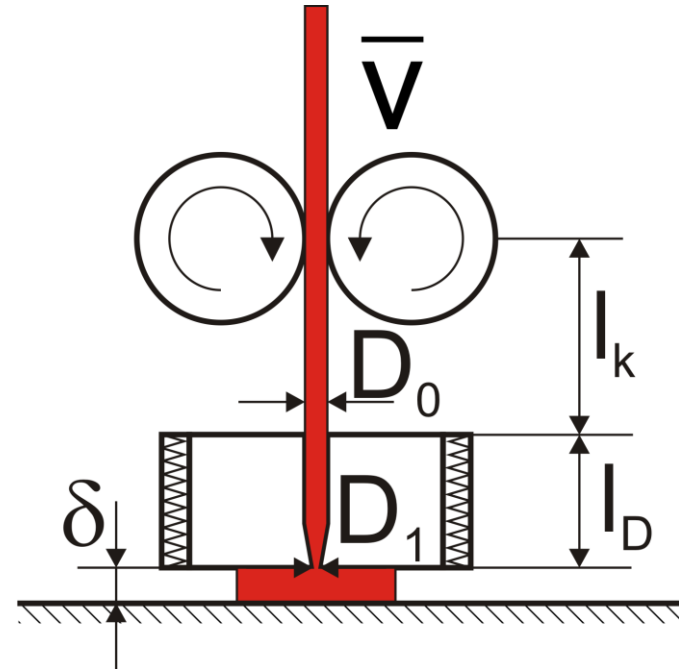
Fused Filament Fabrication

- FDM ® US5121329 A von Stratasys 1989
- Filament
- Rollen basierte Förderung
- Beheizte Düse
- Schmelzeschichtung
- Düse x & y-Richtung
- Druckbett z-Richtung



Parameter bei FFF

- Geschwindigkeit Extrusion
- Druckbedarf
- Durchmesser Filament
- Durchmesser Düse
- Abstand Düse Druckbett





MATERIAL

Anforderungen an das Filament

- Thermoplastisch verformbar
- Genügende Steifigkeit
- Nicht zu spröde
- Niedrige Viskosität der Schmelze
- Temperaturbereich
- Durchmesserkonstanz z.B.: $1,7526 \pm 0,00762$ mm [2]

$$\varnothing \sim \dot{V}^2$$

Standardfilamente

- ABS Acrylnitril Butadien Styrol
 - Verarbeitungstemperatur 235-270°C
 - Temperaturbeständig 85-100°C
 - E-Modul bis 2700 MPa
 - Beständig gegen Witterung, Alterung und Öle
 - Beheiztes Druckbett
 - amorph
 - Neigt zum Verzug



[4]

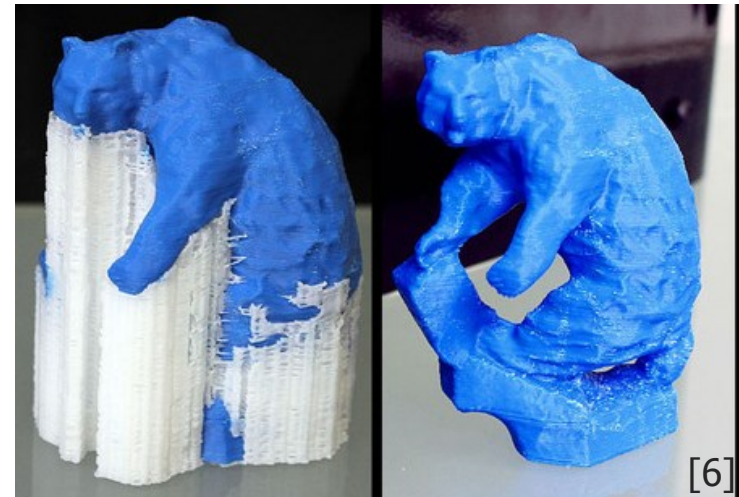
Standardfilamente

- PLA Polymilchsäure
 - Verarbeitungstemperatur 190-220°C
 - E-Modul bis 3500 MPa
 - Teilkristallin
 - Biologisch Abbaubar
 - Sehr gebräuchlich
 - Bessere Haftung



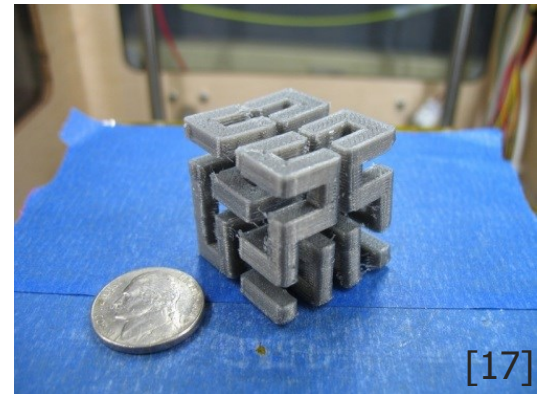
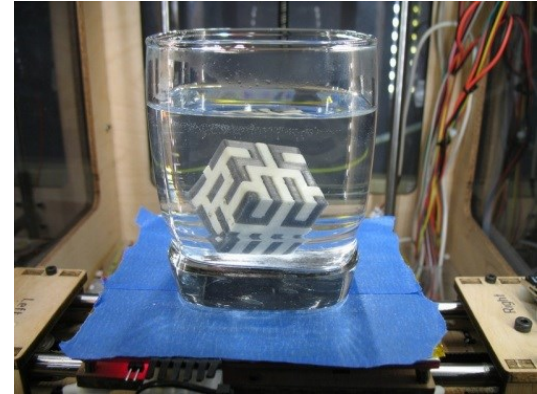
Standardfilamente

- HIPS High Impact Polystyrol
 - Verarbeitungstemperatur 220-260°C
 - Temperaturbeständig bis 95°C
 - E-Modul bis 3600 MPa
 - Löslich in Limonen
 - Oft als Stützmaterial eingesetzt



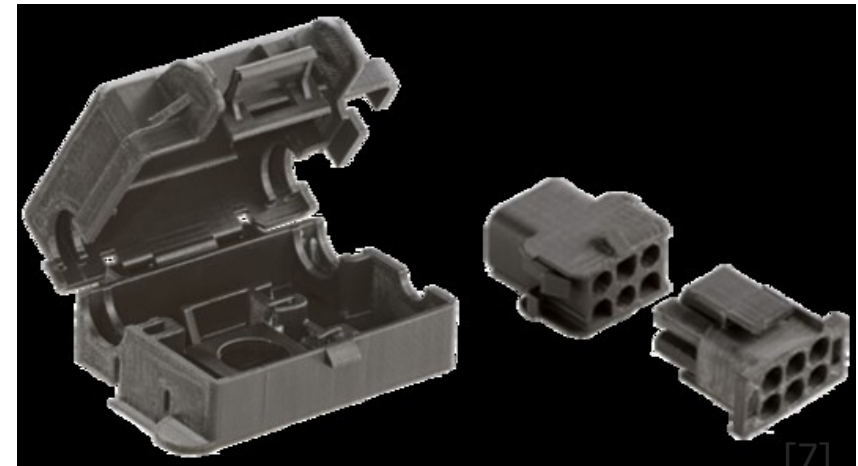
Standardfilamente

- PVA Polyvinylalkohol / (PVOH)
 - Verarbeitungstemperatur 210°C
 - Temperaturbeständig bis 85°C
 - E-Modul bis 2700 MPa
 - Wasserlöslich
 - Stützmaterial für PLA
 - Abbau in der Düse möglich und daher schwieriger zu verarbeiten



Standardfilamente

- PA12 Polyamid, 12 Nylon
 - Verarbeitungstemperatur 270°C
 - Temperaturbeständig bis 150°C
 - E-Modul bis 1600 MPa
 - Hohe Zähigkeit
 - Probleme mit Haftung



[7]

Neue Entwicklungen

➤ Hochtemperaturpolymere

➤ Polyetherimid PEI

➤ $T_{\text{Verarbeitung}} = 330-360^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Gebrauch}} = 153^{\circ}\text{C}$

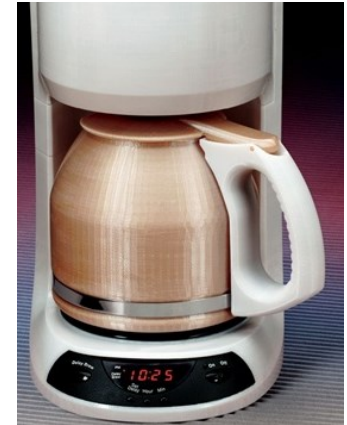
➤ Polyphenylensulfon PPSU

➤ $T_{\text{Verarbeitung}} = 350-390^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Gebrauch}} = 189^{\circ}\text{C}$

➤ Polyetheretherketon PEEK

➤ $T_{\text{Verarbeitung}} = 360-380^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Gebrauch}} = 260^{\circ}\text{C}$

➤ Auch medizinisch zugelassenes



[4]



[8]

Implantat für Schädeldecke

stratasys

INDMATEC
Industrial Materials & 3D Printing Technologies



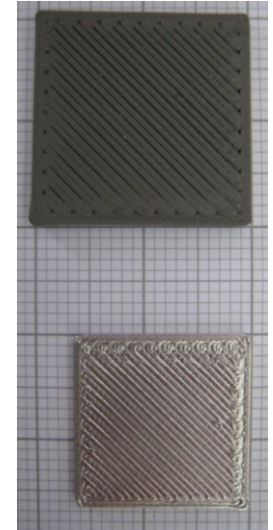
Neue Entwicklungen

➤ Gefüllte Polymere

➤ Metall

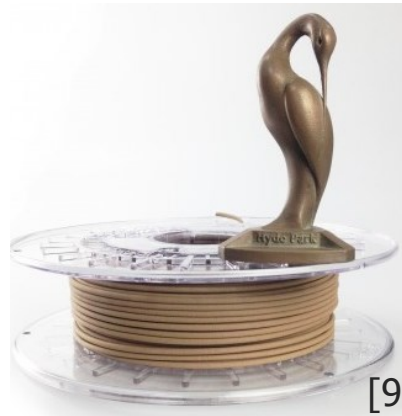
- Stahl
- Aluminium
- Bronze
- Leitfähig
- Magnetisch

Zum Sintern ~91 Gew.%
oder als Füllstoff <20 Gew.%



➤ Mineralische Füllstoffe

- Kreide (Weiß)
- Sandstein ?
- Keramik



[9]



[10]

Neue Entwicklungen

➤ Verstärkte Polymere

- Holz
- Glasfaser
- Carbonfaser kurz-, langfaserverstärkt

➤ Tribologisch optimiert

➤ Flexible Materialien

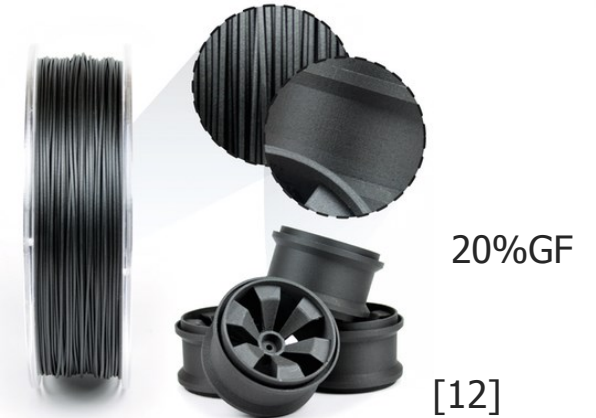
➤ Polyolefine



[11]



[13]



[12]



[15]



[14]

Materialdaten

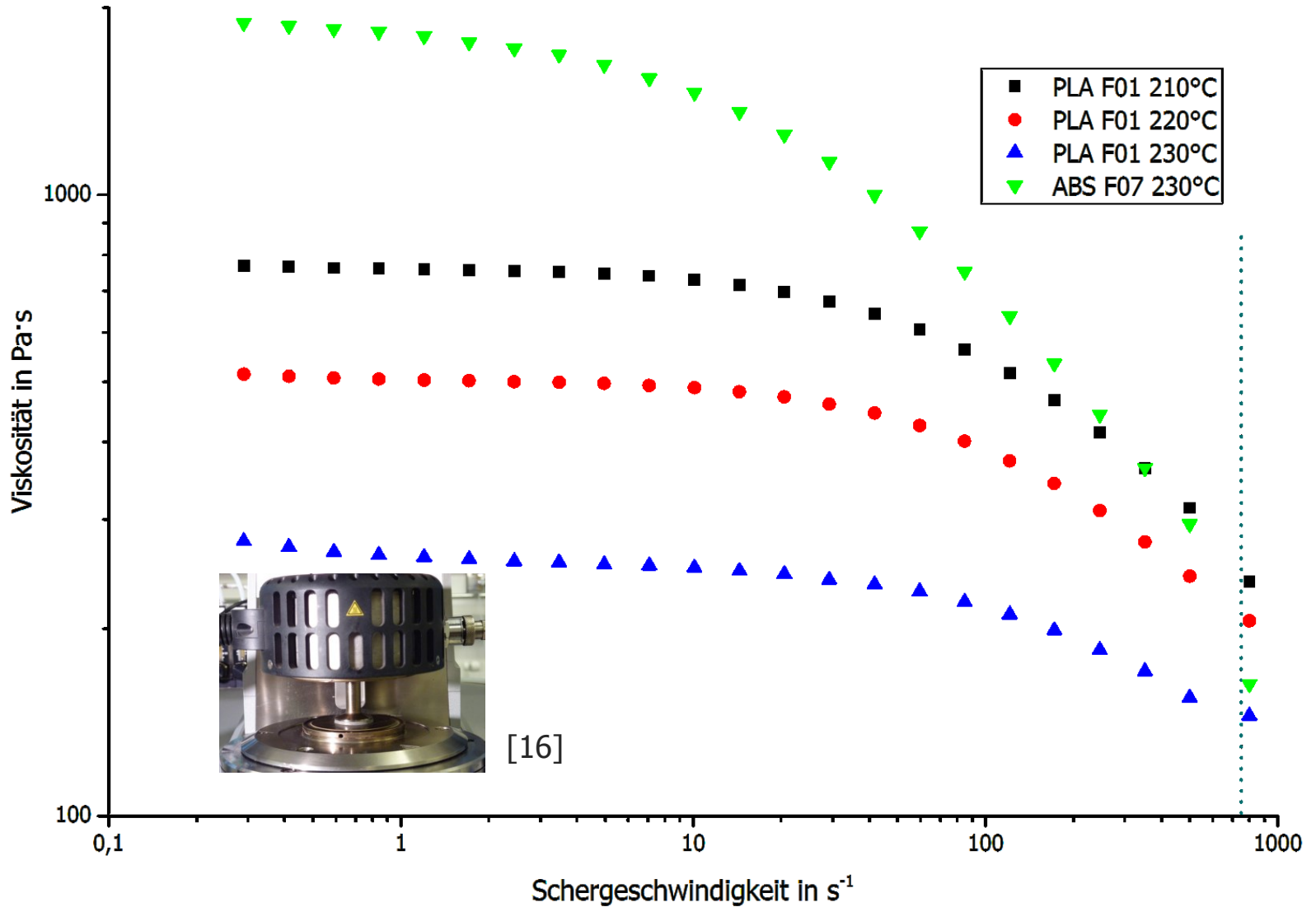
➤ Verarbeiten

- Viskosität
- Spezifische Wärmekapazität
- Wärmeleitfähigkeit
- Dichte

➤ Verwendung

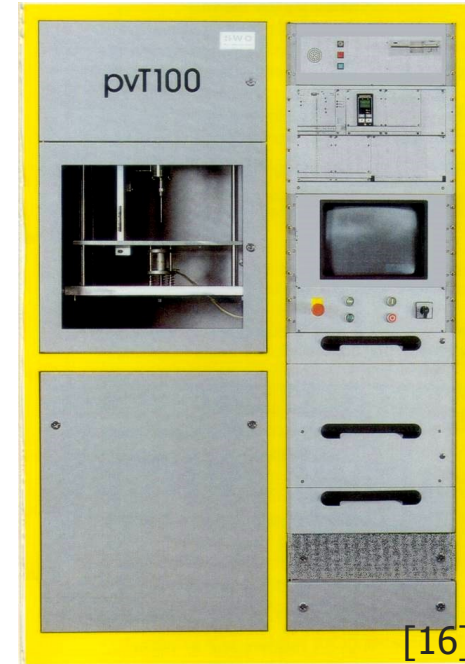
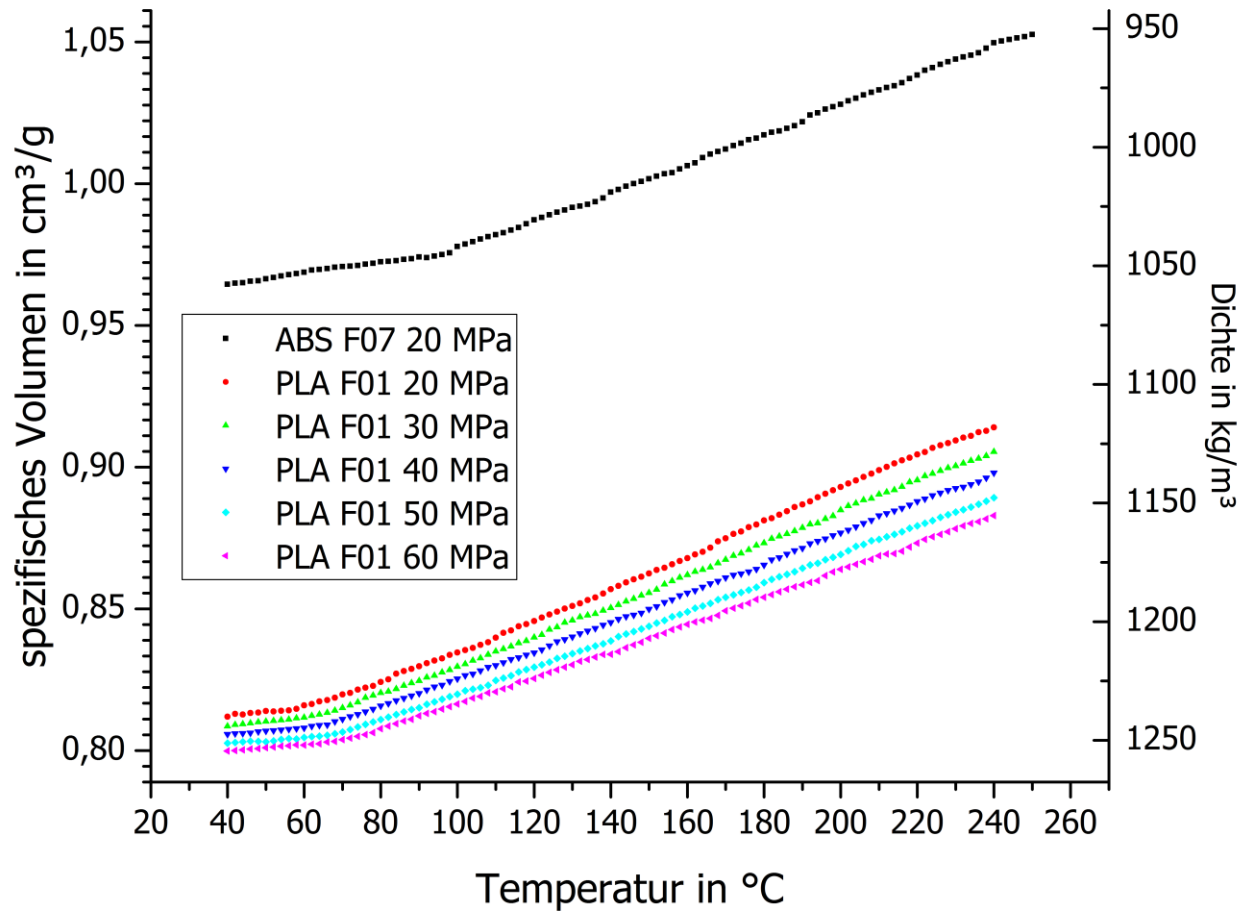
- E-Modul
- Zugfestigkeit
- Streckgrenze
- Kerbschlagzähigkeit
- Wärmeformbeständigkeit

Viskosität



[16]

pVT



[16]



European
Commission

Horizon 2020
European Union funding
for Research & Innovation

te



FFG

- *Stärkung der österreichischen Wertschöpfungsketten für generative Fertigung in der industriellen Produktion*

addmannu

- *Next Generation 3D-Printing: Material- und Prozessentwicklung für die industrietaugliche Anwendung*

- European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Grant Agreement n° 636881

Resource Efficient Production Route for Rare Earth Magnets



cerAMfacturing

- Grant Agreement n° 678503

Development of ceramic and multi material components by additive manufacturing methods for personalized medical products



DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT

Quellen

- [1] Breuninger, J.; Becker, R.; Wolf, A., et al.: Generative Fertigung mit Kunststoffen, Konzeption und Konstruktion für Selektives Lasersintern, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013
- [2] Comb, J.W.; Priedman, W.R.; Leavitt, P.J., et al.: High precision modeling filament, WO03089702 (A1), 2003
- [3] Domininghaus, H.; Elsner, P.; Eyerer, P., et al.: Kunststoffe, Eigenschaften und Anwendungen, 7. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008
- [4] <http://www.stratasys.com>
- [5] <http://www.3dnatives.com/de/3d-druck-materialien-kunststoffe/#prettyPhoto>
- [6] <http://maker.tufts.edu/handbooks/3d-printing/about>
- [7] <http://www.alphacam.de/3d-drucker/fdm-3d-drucker/fdm-materialien/nylon-12.html>
- [8] Indmatec macht PEEK Filamente für die Herstellung von Medinziprodukten verfügbar, Pressemitteilung, 26.01.2016
- [9] <http://www.imakr.com/en/>
- [10] <https://www.proto-pasta.com/>
- [11] <http://jelwek.pl/pl/akcesoria/90-jelwek-watch.html>
- [12] <http://colorfabb.com/>
- [13] <https://markforged.com/part-of-the-week-october-23-2015-carl-calabrias-composite-wheel-tensioner-jig/>
- [14] Igus, 3D Druck plastics for longer life, 2015
- [15] <http://www.thingiverse.com/thing:179161>
- [16] Kunststoffverarbeitung
- [17] <https://hyrulefoundry.wordpress.com/2013/06/03/pva-polyvinyl-alcohol-the-plastic-thats-afraid-of-water/>