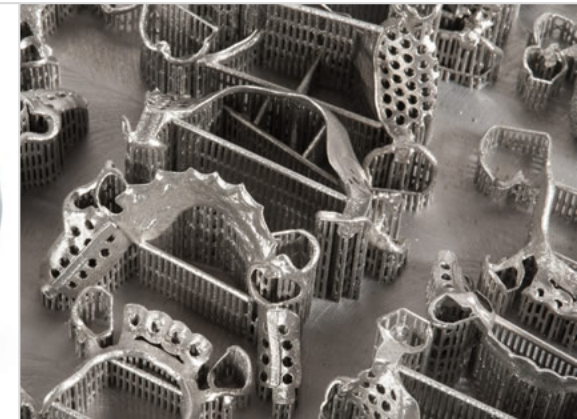


ADDITIVE FERTIGUNG – EXKURS KUNSTSTOFFE

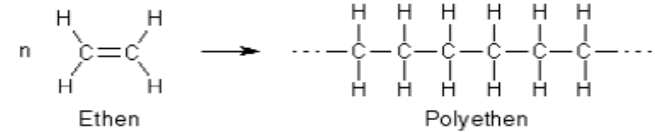


Sommersemester 2020

SLS: HERSTELLUNG VON KUNSTSTOFFEN

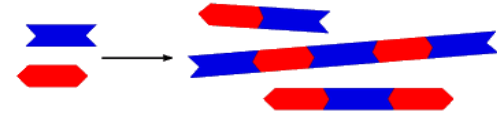
Polymerisation (PE, PVC)

Kettenreaktion, bei der ungesättigte Moleküle zu Makromolekülen verknüpft werden.



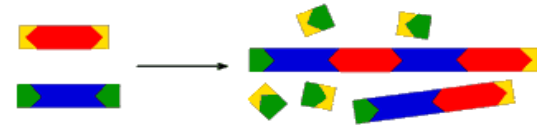
Polyaddition (POM, PU)

Stufenreaktion, bei der Makromoleküle durch „Addition“ ohne Abspaltung von Nebenprodukten gebildet werden.

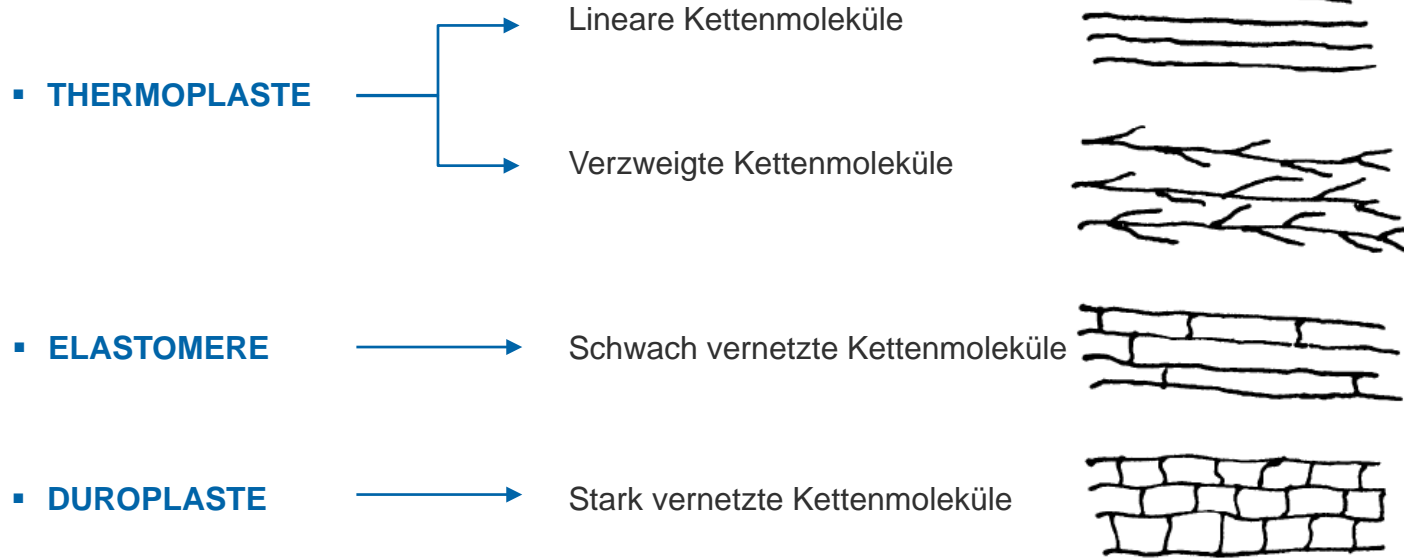


Polykondensation (PA, PC)

Stufenreaktion, bei der Makromoleküle unter Abspaltung von Nebenprodukten z. B. Wasser, Alkohol gebildet werden.

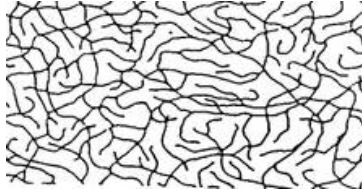


SLS: UNTERTEILUNG DER KUNSTSTOFFE



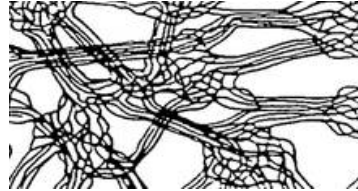
SLS: STRUKTUR VON THERMOPLASTEN

Amorphe Thermoplaste



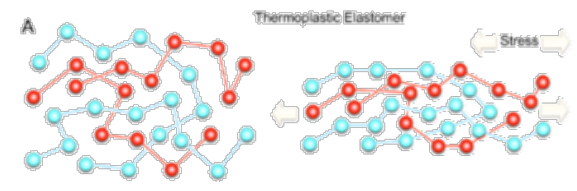
- Molekülketten liegen in völliger Unordnung ineinander verknüpfelt vor
- Meist transparent oder transluzent
- Spröder Werkstoff
- Geringe Chemikalienbeständigkeit
- etc.

Teilkristalline Thermoplaste



- Molekülketten bilden in manchen Bereichen eine kristalline Struktur aus
- Milchig, trüb
- Zäher Werkstoff
- Hohe Ermüdungsfestigkeit
- Verschleißfest
- etc.

Thermoplastische Elastomere

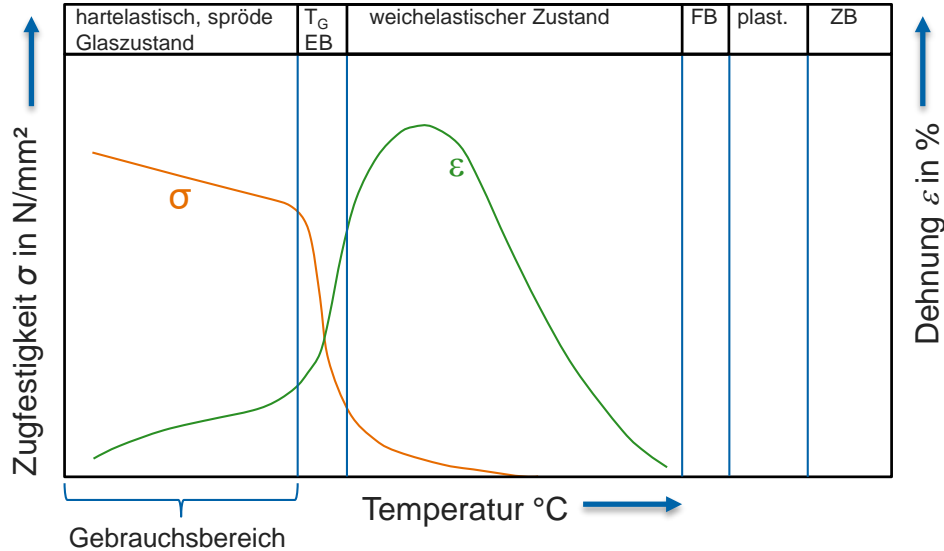


- Elastische Polymerketten sind in thermoplastisches Material eingebunden
- Blends und Copolymere mit kurzen, kristallinen Molekülketten
- Gummielastisches Verhalten
- Vereinen der Verarbeitungsvorteile der Thermoplaste mit den Werkstoffeigenschaften der Elastomere
- etc.

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ZUGFESTIGKEIT EINES AMORPHEN THERMOPLASTEN

- Bei der **Glasübergangtemperatur** T_G (Erweichungstemperatur) gehen amorphe Polymere vom glasigen/hartelastischen Zustand in den flüssigen/weichelastischen Zustand über
- T_G ist für jeden Kunststoff unterschiedlich, d. h. man kann sie anhand der Glasübergangstemperatur unterscheiden

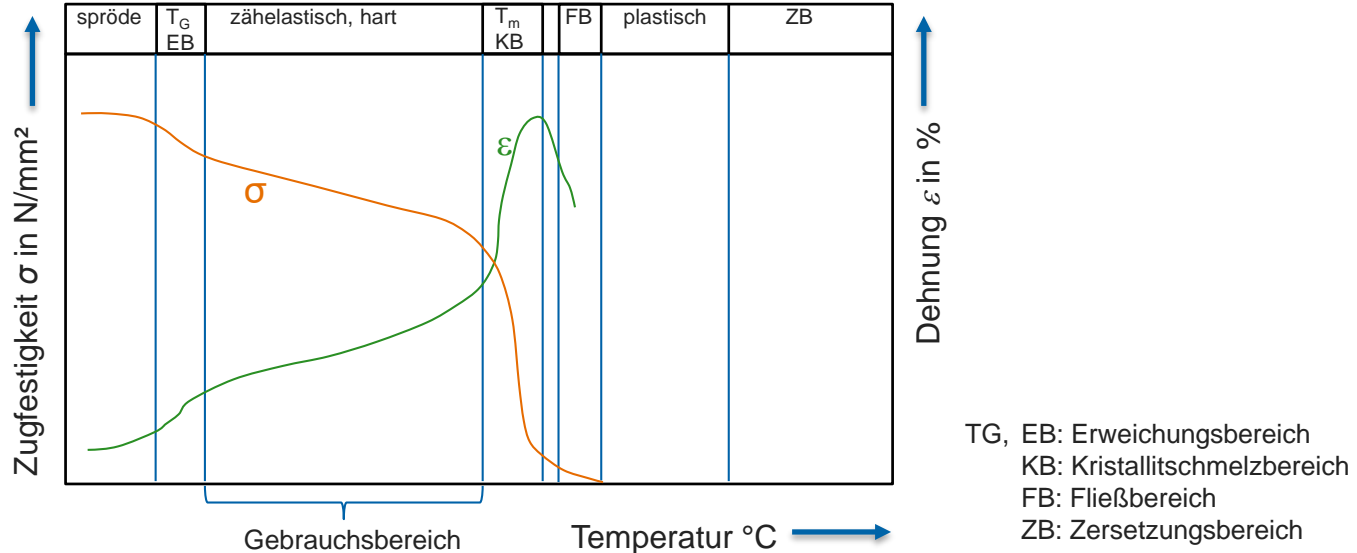


TG, EB: Erweichungsbereich
 FB: Fließbereich
 ZB: Zersetzungsbereich

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ZUGFESTIGKEIT EINES TEILKRISTALLINEN THERMOPLASTEN

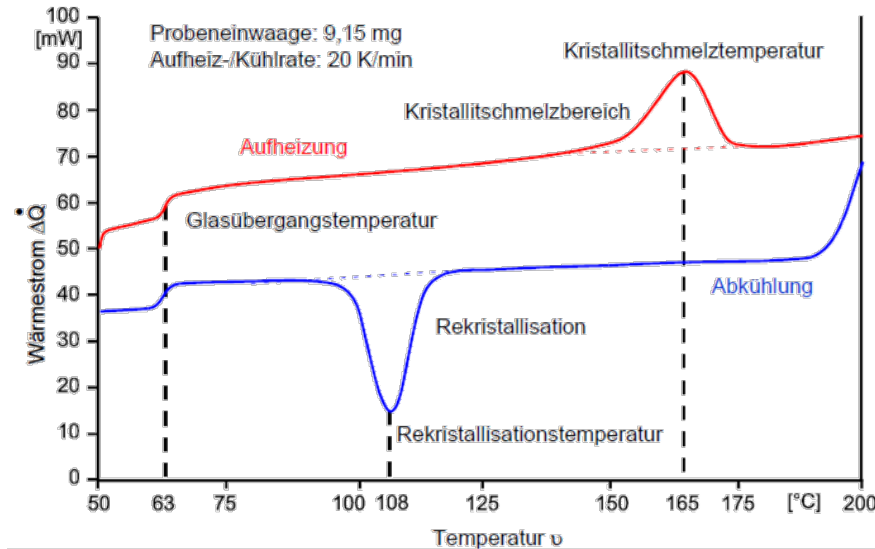
- Im teilkristallinen Kunststoff liegen zwei Phasen - **amorph** und **kristallin** - nebeneinander vor.
- Durch diese kristallinen Bereiche ist der Werkstoff auch nach Überschreitung der Glasübergangstemperatur sehr fest.



6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: DSC-ANALYSEN

- Spez. Wärmekapazität c_p [kJ/(kg)] wird mittels **Differential-Scanning-Calometry** (DSC) ermittelt.
- Durch DSC-Analyse können kalorimetrische Stoffgrößen (Umwandlungswärmen, Reaktionswärmen, Wärmekapazitäten etc.) bestimmt werden.

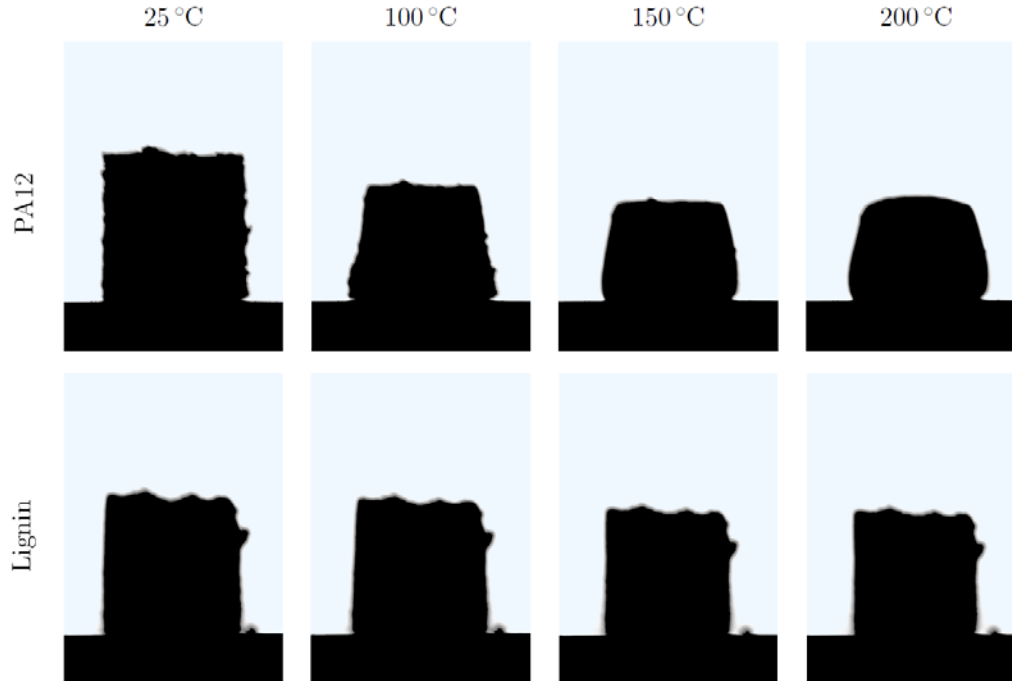


Quellen: Michaeli: Einführung in die Kunststoffverarbeitung

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ERHITZUNGSMIKROSKOP

- Optische Beurteilung des Aufschmelzverhaltens anhand von Geometrieparametern



6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

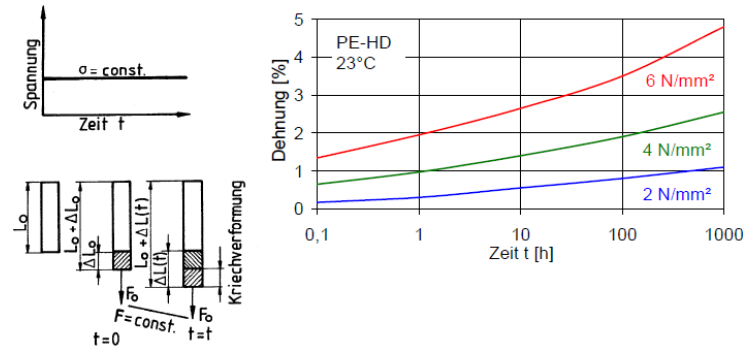
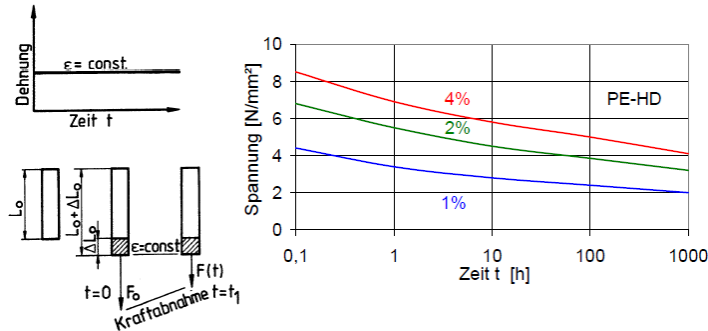
SLS: VERFORMUNGSVERHALTEN VON KUNSTSTOFFEN

Unter Einwirkung von Kraft kann zwischen drei Verformungsanteilen unterschieden werden;

- Spontan, elastische Verformung (spontan reversibel)
- Zeitabhängig viskoelastische oder relaxierende Verformung (zeitabhängig reversibel)
- Zeitabhängig viskose Verformung (zeitabhängig irreversibel)

Relaxieren (Erholen) bedeutet, dass bei einer konstanten Dehnung (Verformung) die Spannung mit der Zeit abnimmt.

Retardation (Kriechen) bedeutet, dass bei einer konstanten Last die Deformation mit der Zeit zunimmt.



6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: MATERIALVERHALTEN

Mechanisches Verhalten von Thermoplasten

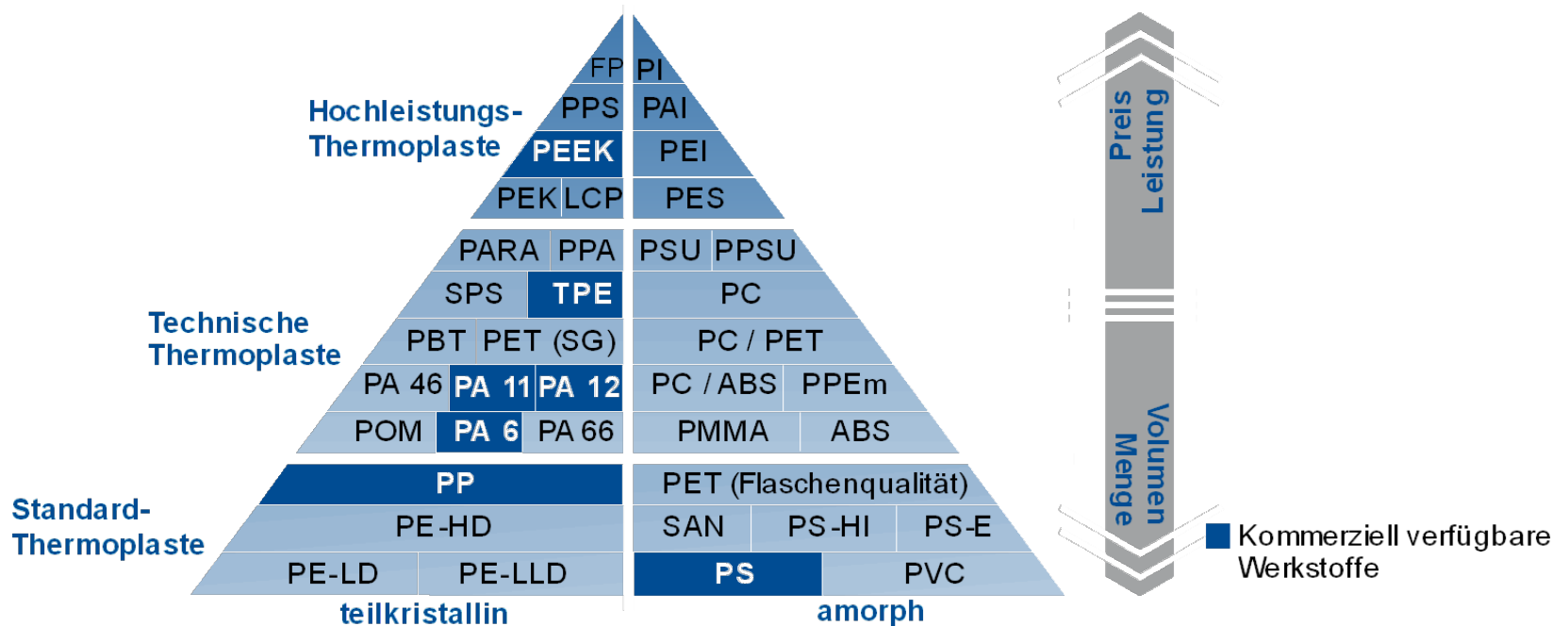
| Zeitraum der Belastung | Lastverlauf | Anwendungsbeispiel | Berechnungsgröße | Module |
|----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $x < 1 \text{ sec.}$ „crash“ | stoßartig, monoton | Stoßbelastung auf eine Haube | Kräfte/Wege, Beschleunigungen, Energiewerte | Elastisch/Plastisch, viskoelastisch |
| $1\text{s} < x < 1\text{h}$ „Kurzzeit“ | monoton steigend | Montagevorgang eines Schnapphakens | Kräfte, Deformationen, Beanspruchungen | Linear elastisch, Elastisch/Plastisch |
| $1\text{h} < x$ „Langzeit“ | konstant oder langsam steigend | Rohrleitung unter Innendruck | Beanspruchungen, Deformationen, Kräfte | Linear elastisch, Kriechmodell, viskoelastisch |
| $n \cdot x$ „periodisch“ | schwingend, zyklisch | Betriebslastverläufe, Be- und Entlastung | Kräfte/Wege, Beanspruchungen, Übertragungsverhalten, Eigenerwärmung | viskoelastisch |

Quellen: Universität Duisburg / Essen

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: EINTEILUNG DER KUNSTSTOFFE NACH EIGENSCHAFT

Grundsätzlich können alle Materialien verarbeitet werden, die sich im weitesten Sinne thermoplastisch verhalten.



6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: VERWENDBARE MATERIALIEN I

Beispielhafte Auswahl: kommerziell verfügbare Materialien der Firma EOS

PA 12

PA 2105
 PA 2200 Balance 1.0
 PA 2200 Performance 1.0
 PA 2200 Speed 1.0
 PA 2200 Top Quality 1.0
 PA 2200 Top Speed 1.0
 PA 2201
 PA 2202 black
 PA 2241 FR
 PrimePart® PLUS PA 2221

PEEK

EOS PEEK HP3

TPA

PrimePart® ST PEBA 2301

PA 2200 (gefüllt)

Alumide
 CarbonMide
 PA 2210 FR
 PA 3200 GF

Polystyrol

PrimeCast 101

PA 11

PA 1101
 PA 1102 black

PP

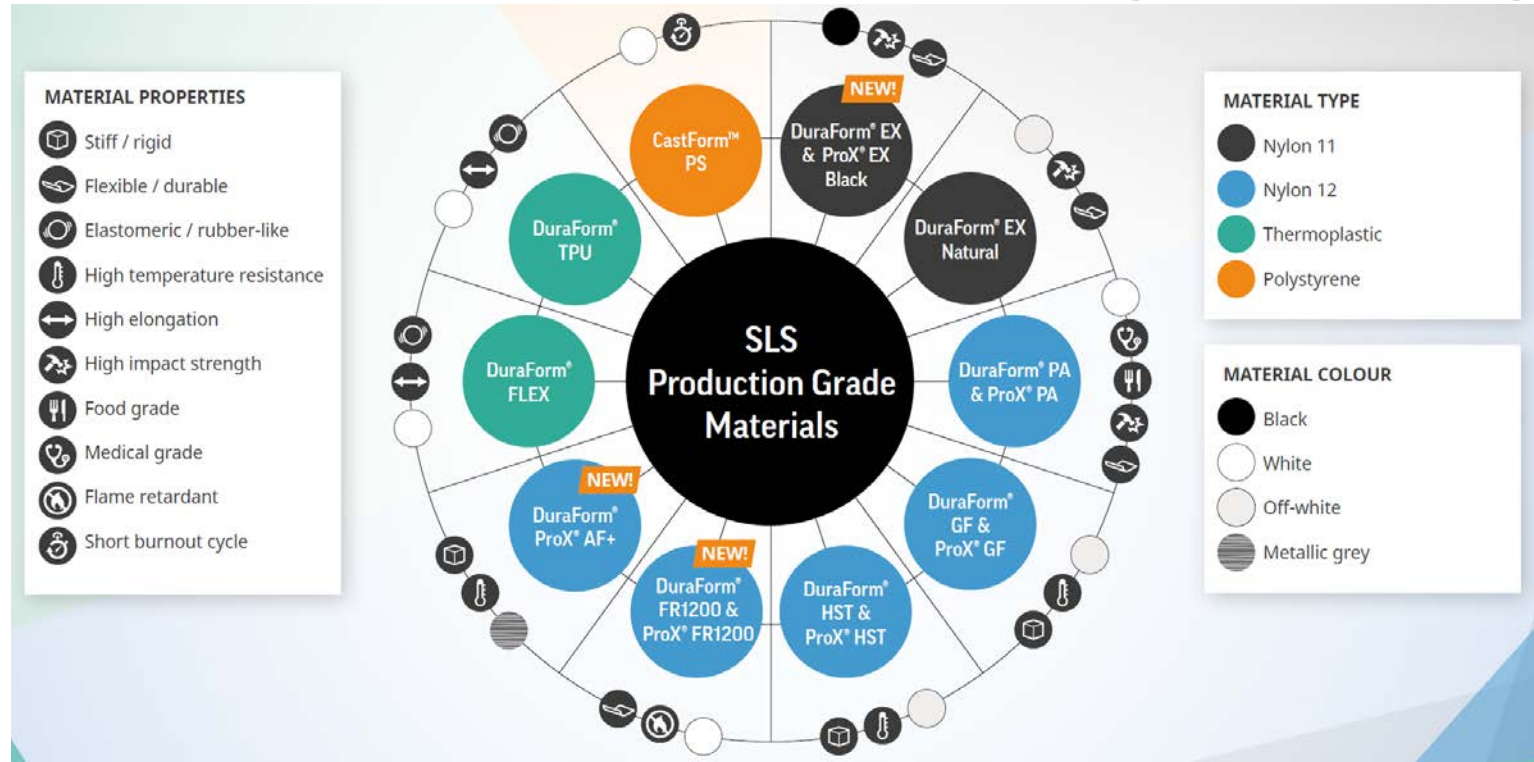
PP 1101

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: VERWENDBARE MATERIALIEN II (3D SYSTEMS)

| | Materialien | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| | DuraForm® Flex | DuraForm® EX | DuraForm® PA | DuraForm® FR100 | CastForm® PS | DuraForm® GF | DuraForm® HST | DuraForm® PRO | DuraForm® PRO X |
| Matraleigenschaften | | | | | | | | | |
| Robust/Steif | | | | | | ●●●● | ●●●●● | | |
| Robust/Flexibel | | ●●●● | ●●●● | ●●●● | | | | ●●●● | ●●●● |
| Hochtemperaturbeständig | | ●● | ●●● | ●●● | | ●●●● | ●●●● | ●● | ●● |
| Gummielastisch | ●●●●● | | | | | | | | |
| Hohe Bruchdehnung | ●●●●● | ●●●● | ●●● | ●●● | | | | ●● | ●● |
| Hohe Schlagzähigkeit | | ●●●●● | ●●●● | ●●●● | | ●● | ●●●● | ●●●● | ●●●● |
| Geeignet für USP Klasse VI | | | ●●●●● | | | | | ●●●●● | |
| Genauigkeit | ●●●● | ●●●● | ●●●●● | ●● | ●●●●● | ●●●●● | ●●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Oberflächengüte | ●●● | ●●●● | ●●●● | ●● | ●●● | ●● | ●● | ●●●●● | ●●●●● |
| Farbe | Schwarz, Rot, Gelb, Blau, Natur | Natur und Schwarz | Weiß | Weiß | Weiß | Hellgrau | Hellgrau | Weiß | Weiß |
| Einsatzbereiche | | | | | | | | | |
| Serienteile | | ●●●●● | ●●●●● | | | ●●●●● | ●●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Schnappverschlüsse und Scharniere | | ●●●●● | ●●●● | ●●●● | | | | ●●●● | ●●●● |
| Automobilentwicklung | | ●●●● | ●●●●● | | | ●●●● | ●●●● | ●●●● | ●●●●● |
| Bauteile und Luftführungen für Luft- und Raumfahrt | | ●●●●● | ●●●● | ●●●●● | | ●●●● | ●●●●● | ●●●● | ●●●● |
| Medizinische Anwendungen | | | ●●●●● | | | | | ●●●●● | |
| Vorrichtungen/Fertigungswerkzeuge/Bohrschablonen | | ●● | ●●●● | ●●●●● | | ●●●●● | ●●●●● | ●●●● | ●●●● |
| Flammschutz | | | | | ●●●●● | | | | |
| Verlorene Modelle für den Feinguß | ●●●●● | | | | | | | | |
| Dichtungen und Schläuche | | | | | | | | | |

SLS: VERWENDBARE MATERIALIEN III (3D SYSTEMS)



SLS: WERKSTOFFVERHALTEN

- Der chemische Zustand des Pulverwerkstoffs und die eingetragene Energie bestimmen maßgeblich den Aufschmelzvorgang
- Die Gesamtenergie setzt sich aus der Energiedichte des Lasers und der Vorwärmung zusammen
- Der Alterungszustand und die Mischrate des Pulvers beeinflussen dabei das Aufschmelzverhalten und die erreichbare Oberflächenqualität

Auswahlkriterien:





Additive Fertigung

Additive Fertigung 20 - 06

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de



imkf
INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE
KONSTRUKTION UND FERTIGUNG



TU Bergakademie Freiberg | Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung | Professur für Additive Fertigung
Agricolastraße 1 | 09599 Freiberg DE | Tel.: +49 3731 39 2986 | <http://www.imkf.tu-freiberg.de> | Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler

EK_16