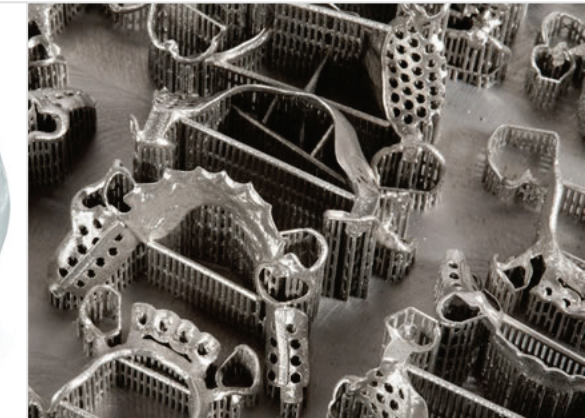
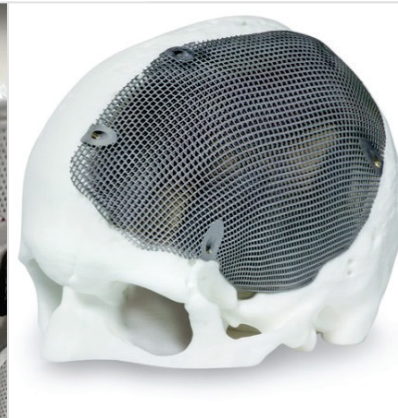
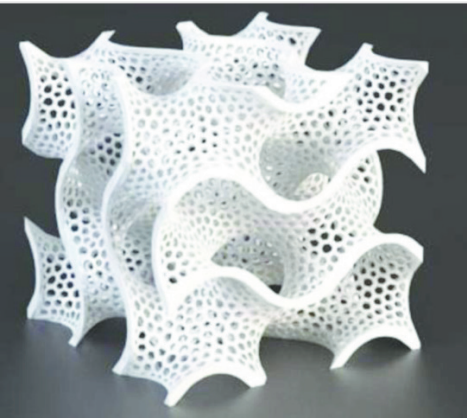


ADDITIVE FERTIGUNG – EXKURS KUNSTSTOFFE

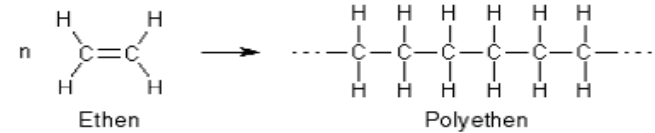


Sommersemester 2021

SLS: HERSTELLUNG VON KUNSTSTOFFEN

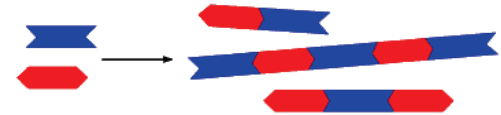
Polymerisation (PE, PVC)

Kettenreaktion, bei der ungesättigte Moleküle zu Makromolekülen verknüpft werden.



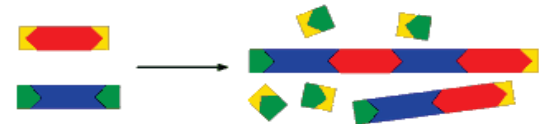
Polyaddition (POM, PU)

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

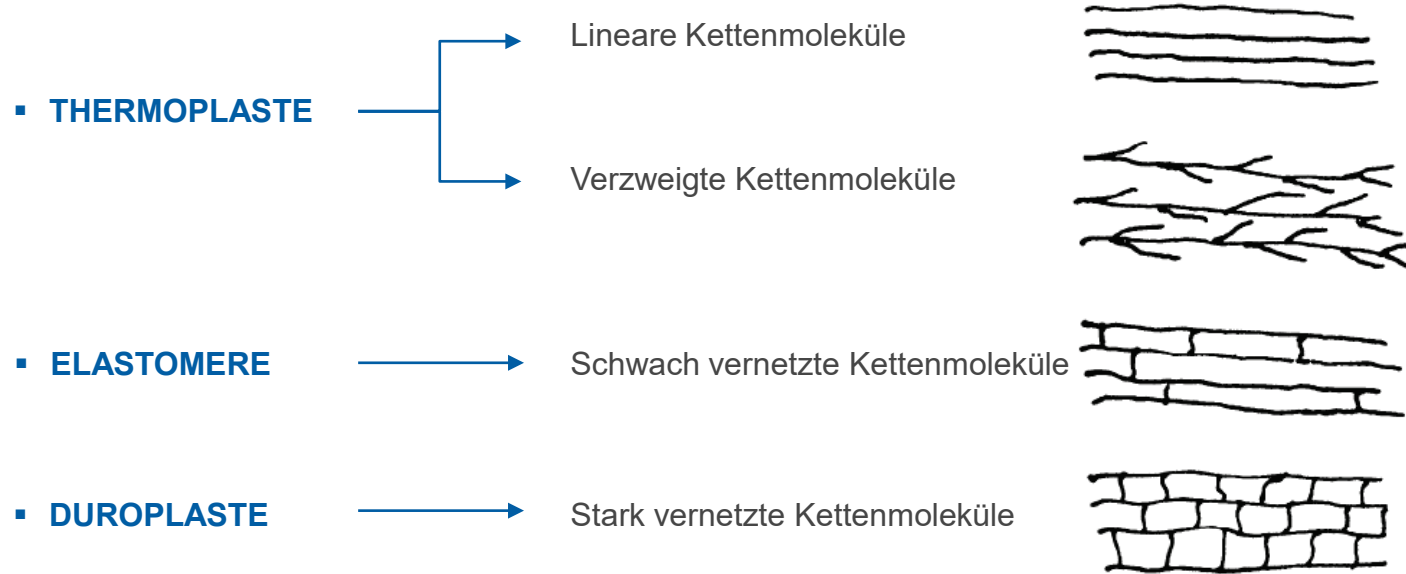


Polykondensation (PA, PC)

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

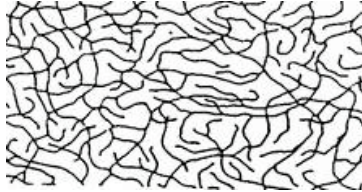


SLS: UNTERTEILUNG DER KUNSTSTOFFE



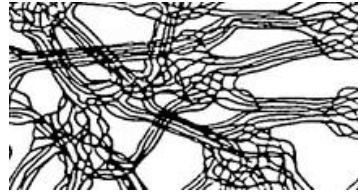
SLS: STRUKTUR VON THERMOPLASTEN

Amorphe Thermoplaste



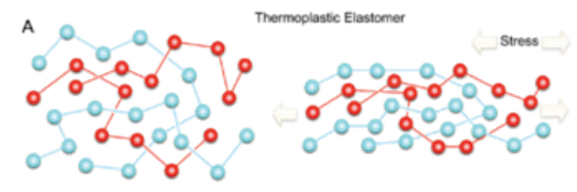
- Molekülketten liegen in völliger Unordnung ineinander verknücht vor
- Meist transparent oder transluzent
- Spröder Werkstoff
- Geringe Chemikalienbeständigkeit
- etc.

Teilkristalline Thermoplaste



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

Thermoplastische Elastomere

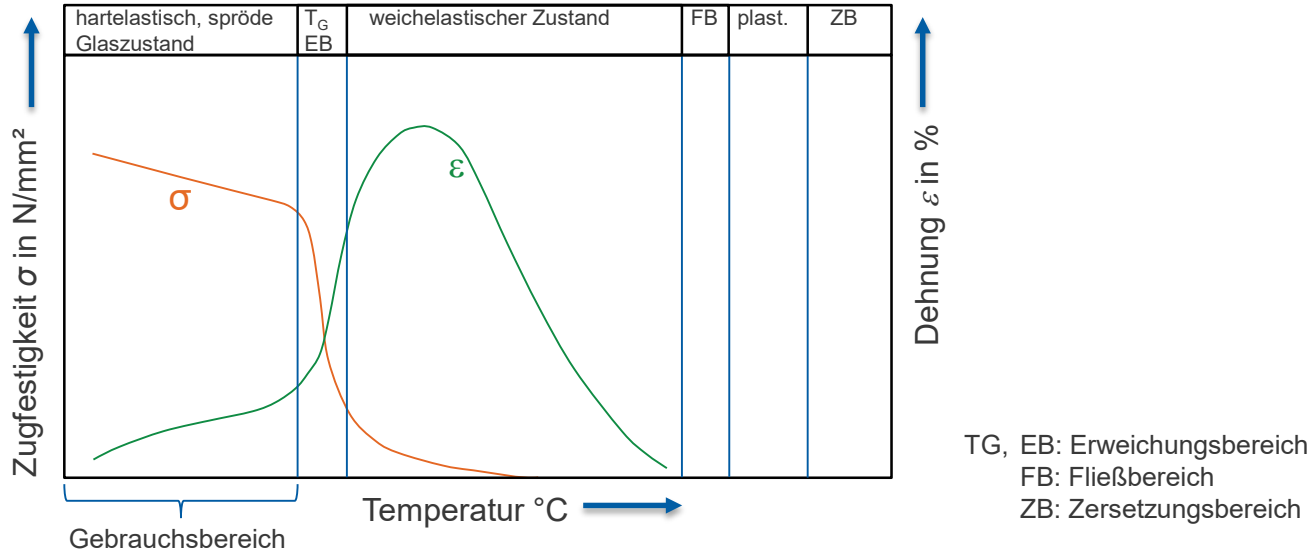


- Elastische Polymerketten sind in thermoplastisches Material eingebunden
- Blends und Copolymere mit kurzen, kristallinen Molekülketten
- Gummielastisches Verhalten
- Vereinen der Verarbeitungsvorteile der Thermoplaste mit den Werkstoffeigenschaften der Elastomere
- etc.

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ZUGFESTIGKEIT EINES AMORPHEN THERMOPLASTEN

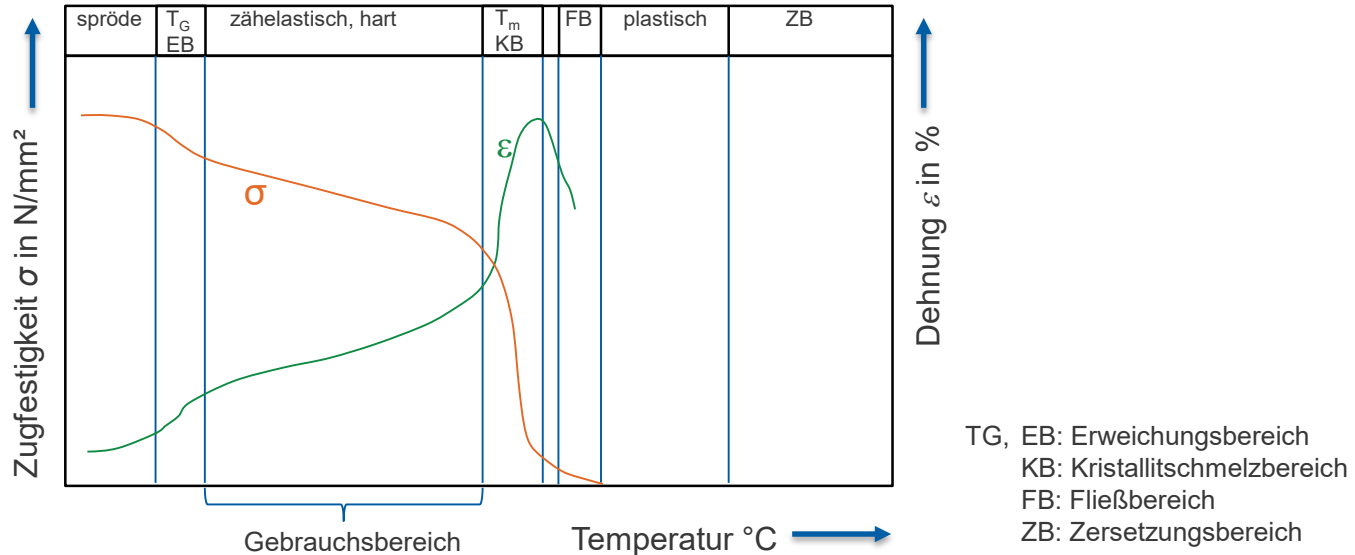
- Bei der **Glasübergangtemperatur** T_G (Erweichungstemperatur) gehen amorphe Polymere vom glasigen/hartelastischen Zustand in den flüssigen/weichelastischen Zustand über
- T_G ist für jeden Kunststoff unterschiedlich, d. h. man kann sie anhand der Glasübergangstemperatur unterscheiden



6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ZUGFESTIGKEIT EINES TEILKRISTALLINEN THERMOPLASTEN

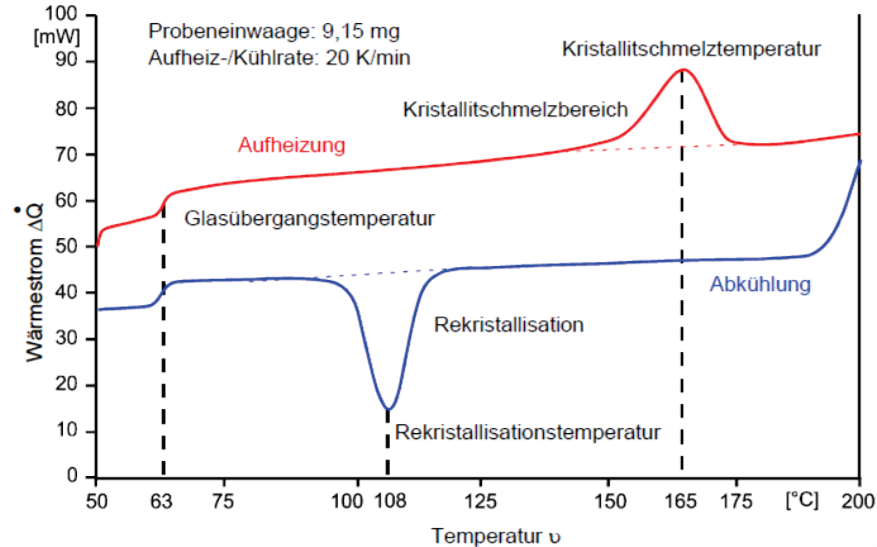
- Im teilkristallinen Kunststoff liegen zwei Phasen - **amorph** und **kristallin** - nebeneinander vor.
- Durch diese kristallinen Bereiche ist der Werkstoff auch nach Überschreitung der Glasübergangstemperatur sehr fest.



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.

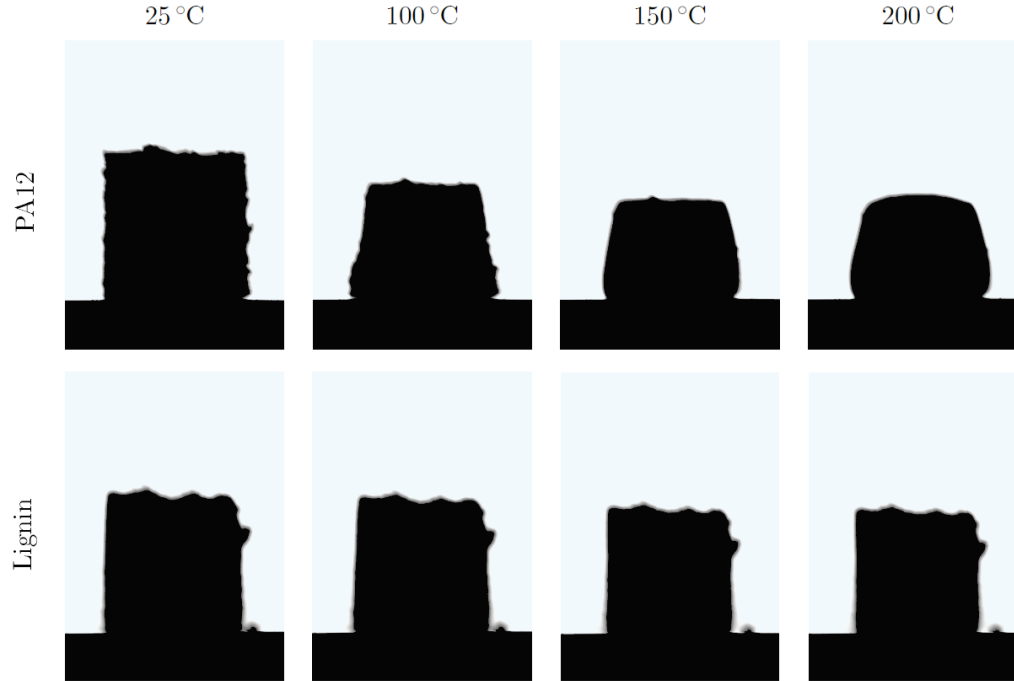


Quellen: Michaeli: Einführung in die Kunststoffverarbeitung

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

SLS: ERHITZUNGSMIKROSKOP

- Optische Beurteilung des Aufschmelzverhaltens anhand von Geometrieparametern



Quellen: TUBAF - Diplomarbeit Eric Langgemach

6 Additive Fertigungsverfahren – 1 Powder bed fusion

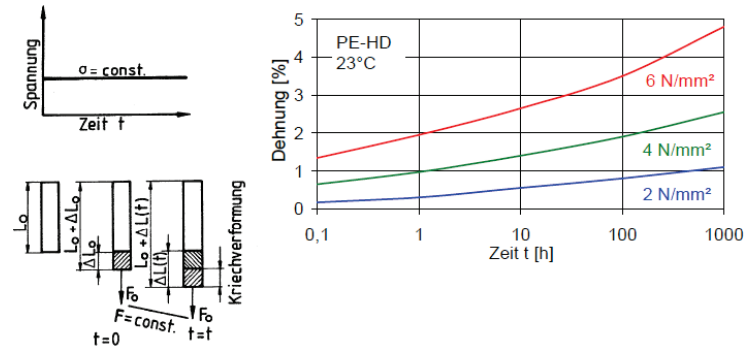
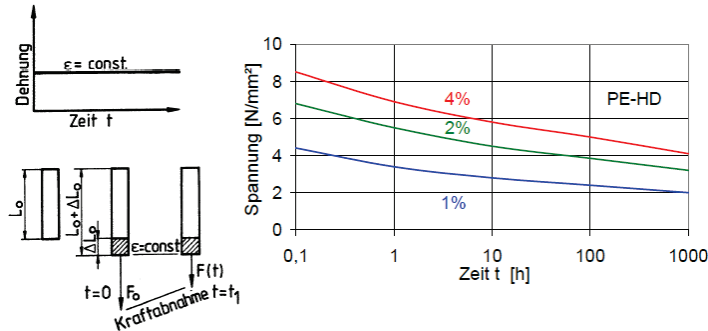
SLS: VERFORMUNGSVERHALTEN VON KUNSTSTOFFEN

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

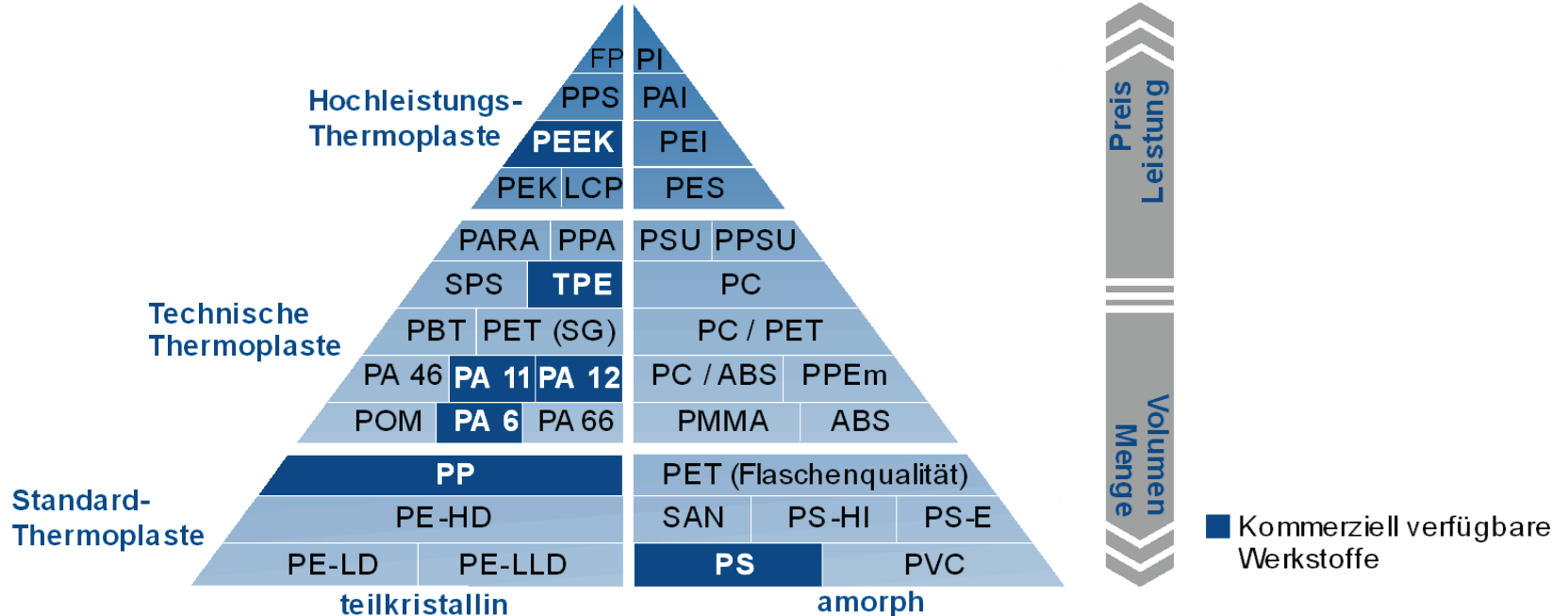
Mechanisches Verhalten von Thermoplasten

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
$1s < x < 1h$ „Kurzzeit“	monoton steigend	Montagevorgang eines Schnapphakens	Kräfte, Deformationen, Beanspruchungen	Linear elastisch, Elastisch/Plastisch
$1h < x$ „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

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

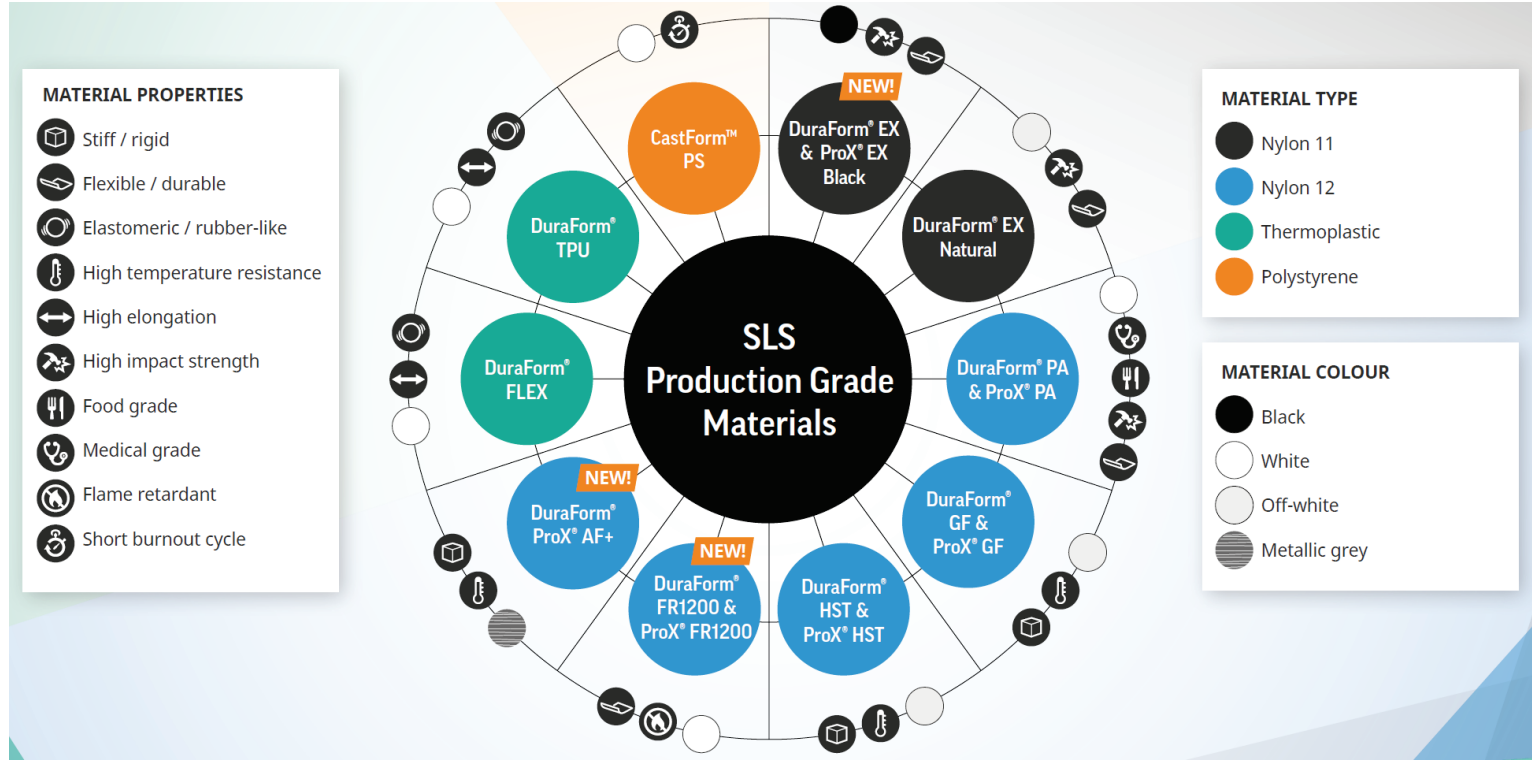
- PP 1101

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)



Quellen: www.3dsystems.com

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 21 - 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