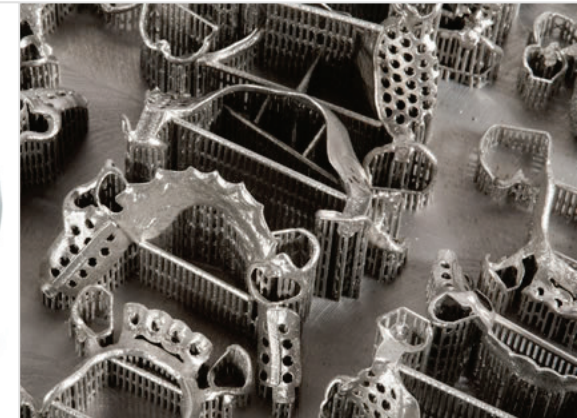
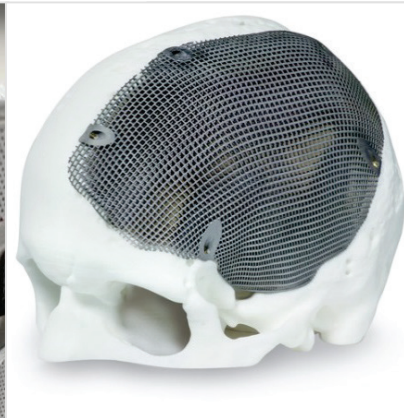
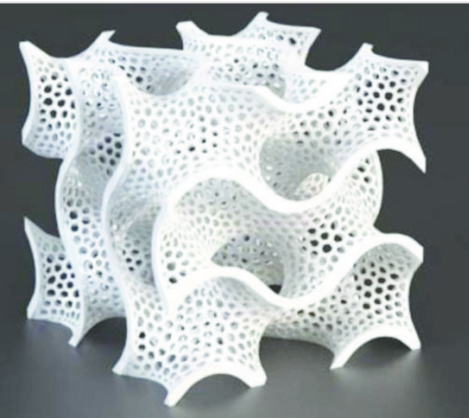


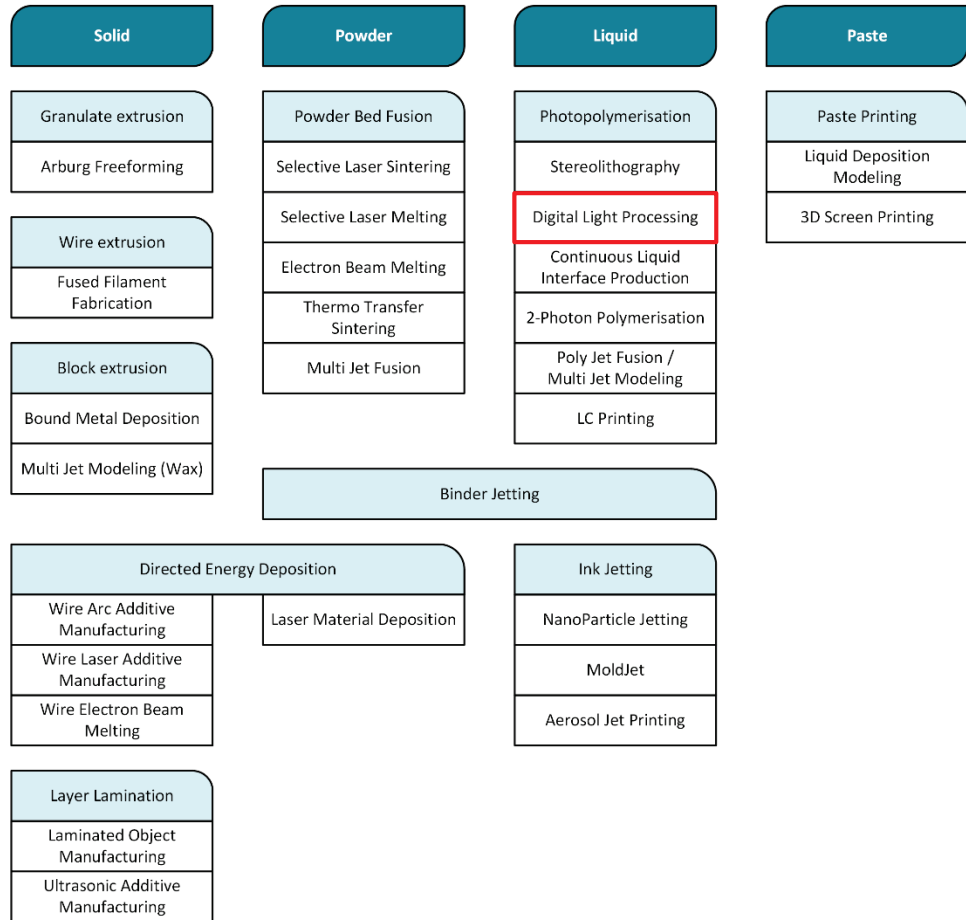
ADDITIVE FERTIGUNG – PHOTO- POLYMERISATION III – DLP



Sommersemester 2021

PHOTO-POLYMERISATION

Definition nach ISO/DIS 17296-1:
 “additive manufacturing process in which liquid polymer in a vat is selectively cured by light-activated polymerization“



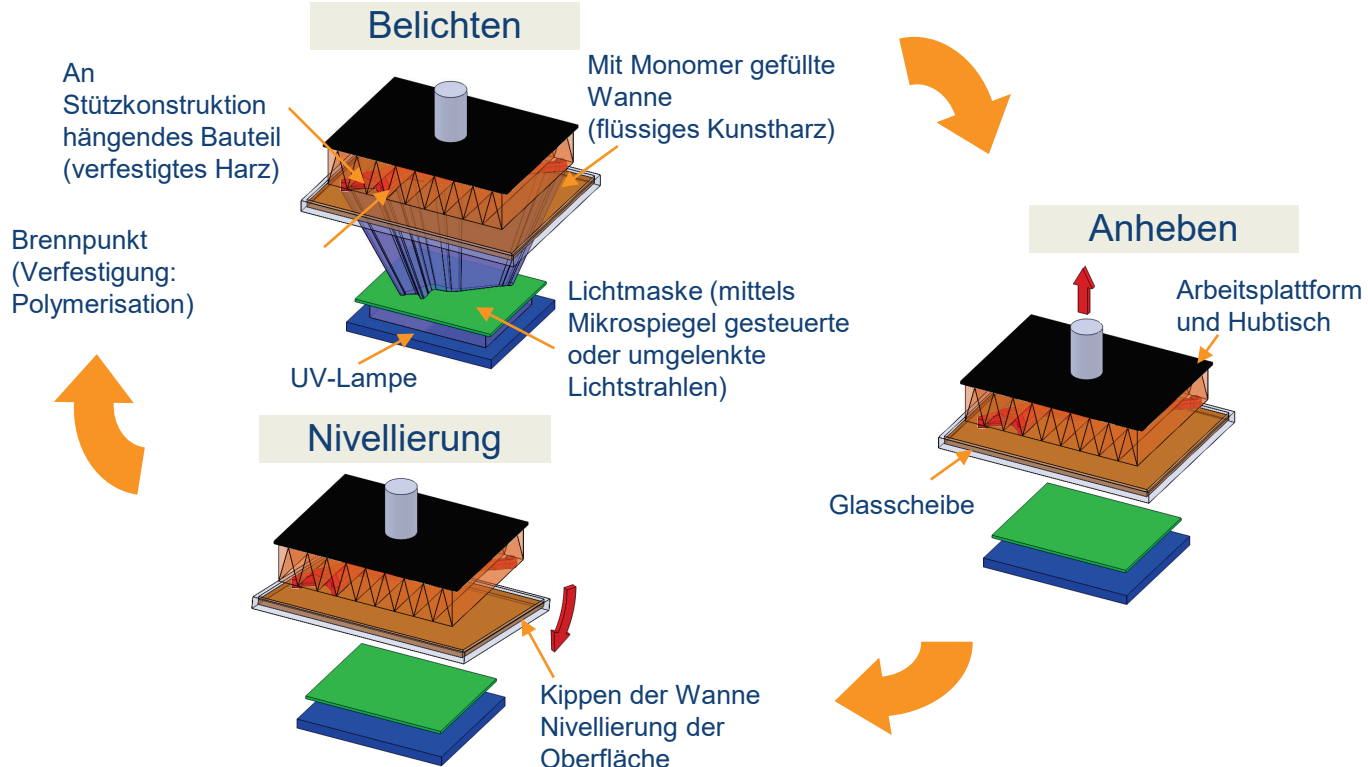
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: KURZBESCHREIBUNG

| | |
|--|--|
| Bauprozess | Schicht-für-Schicht-Bauprozess durch lokales Verfestigen von Monomer-Kunstharzen (mit Fotoaktivatoren) unter Einwirkung von UV-Licht |
| Ausgangsmaterial | Flüssig bis pastös: UV-aktivierbare Kunstharze ohne und mit Füllstoff |
| Bindungsmechanismus | Chemisch (Vernetzung) |
| Vorgehen bei Materialverarbeitung | Rasterorientiert |
| Aktivierungsenergie | UV-Strahlung (Lampe, Projektor) |
| Postprozess | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigen & Support entfernen ▪ Nachvernetzen / -härten im UV-Ofen |

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: KURZBESCHREIBUNG



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

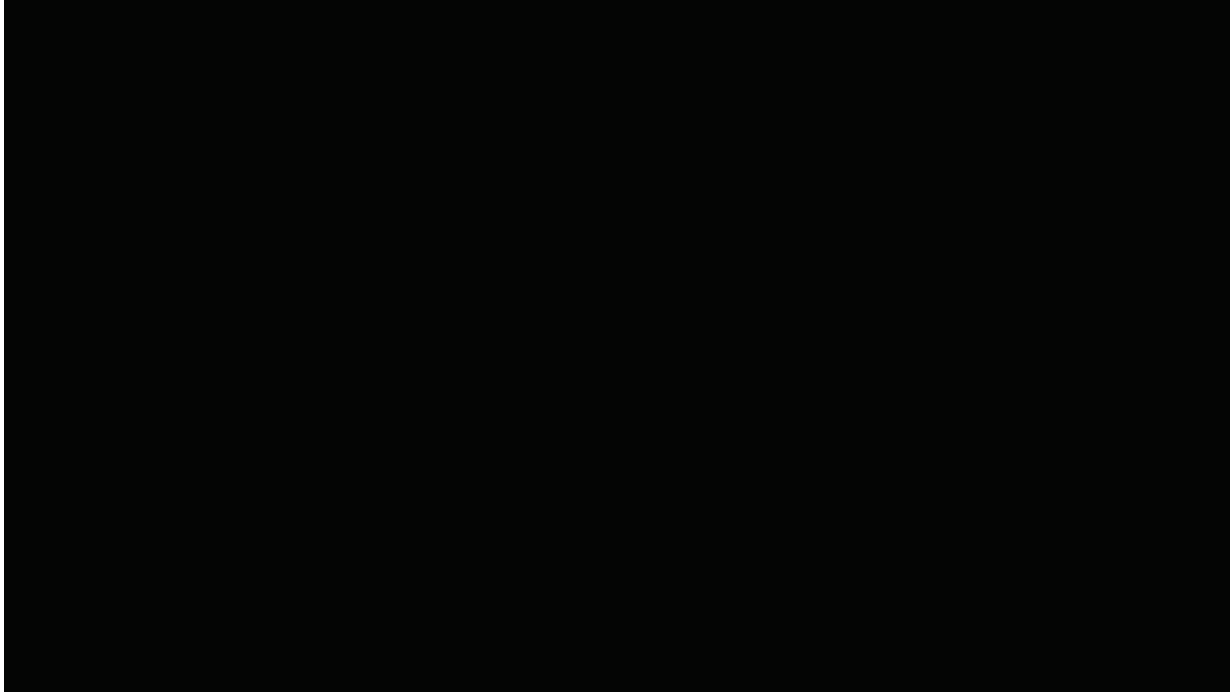
DLP: BAUPROZESS / MASCHINEN (VIDEO)



<https://youtu.be/45Jjk-VzLc>

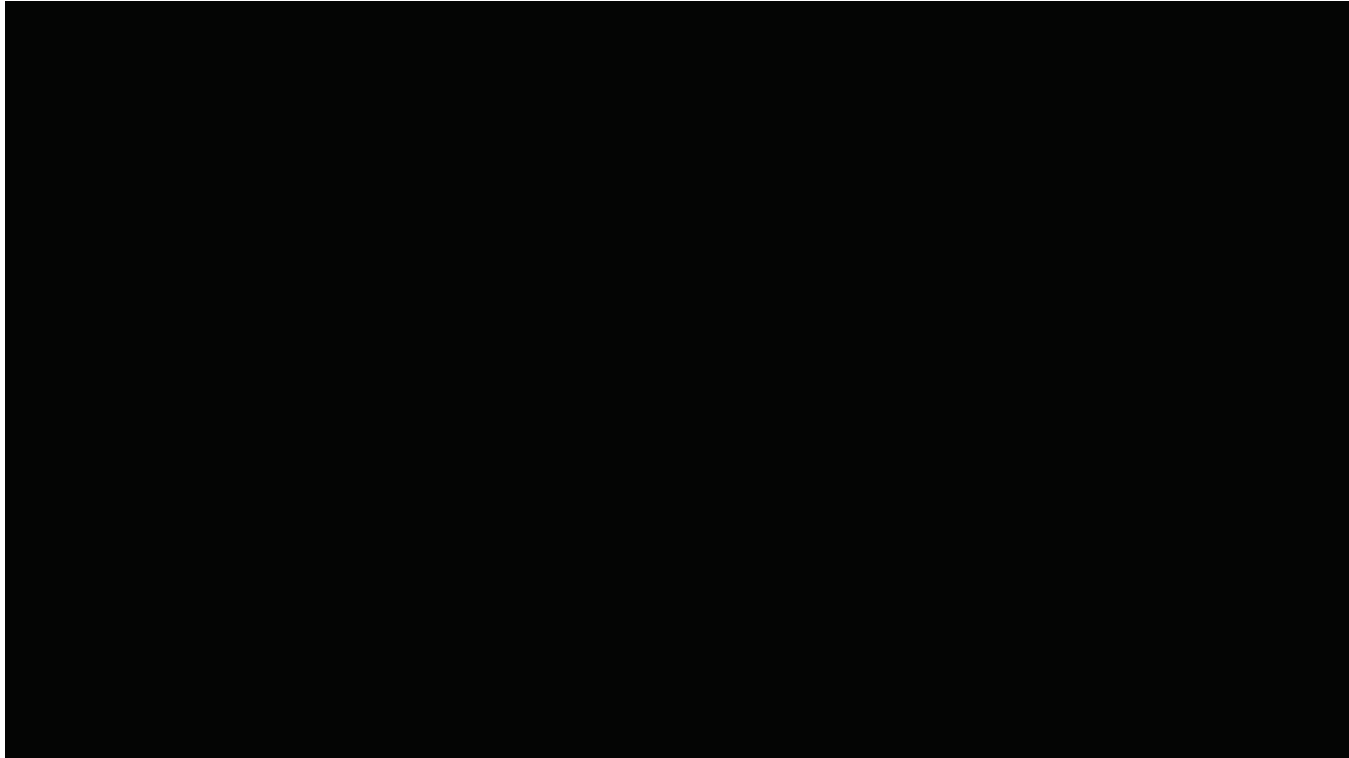
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: ANWENDUNG HÖRGERÄT (VIDEO)

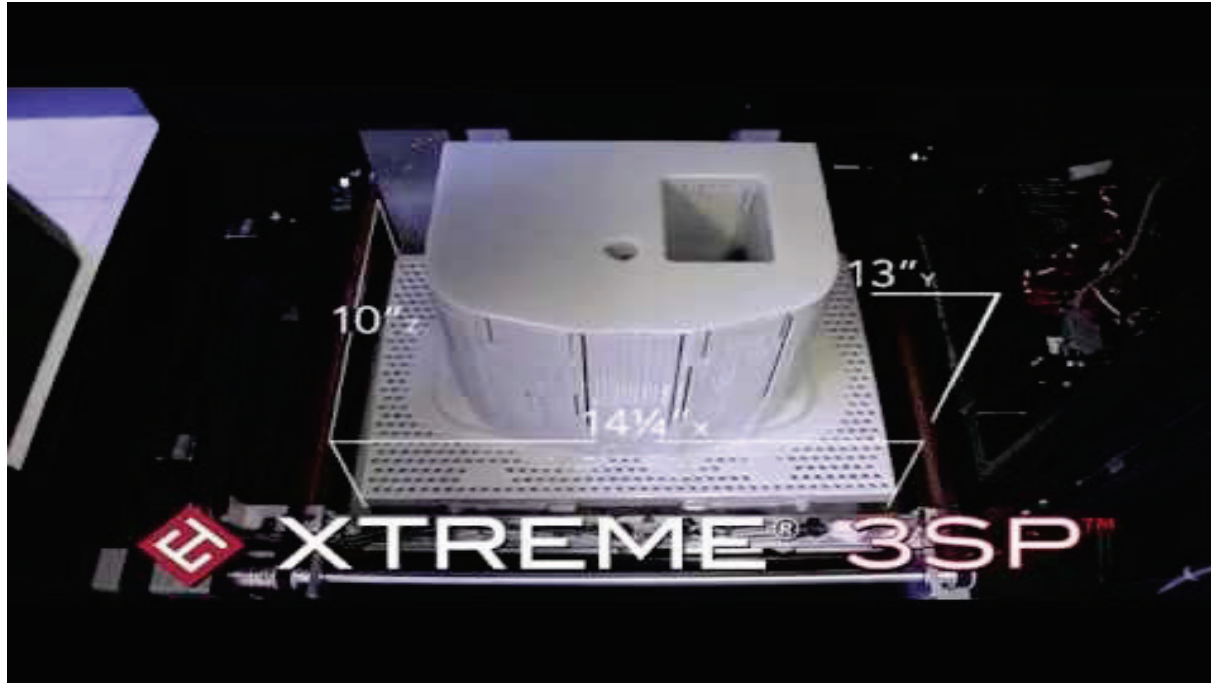


6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: AM VON KERAMIK MIT DLP (VIDEO)



DLP: VERFAHRBARER BELICHTUNGSKOPF (VIDEO)



<https://youtu.be/ivKDYWD3WII>

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

ANFORDERUNGEN AN DEN WERKSTOFF

Verarbeitung unterschiedlicher Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften

| | |
|---------------------------|--|
| Gutes Ausschmelzverhalten | Zur Herstellung verlorener Feingussformen, vor allem im Bereich Schmuck oder Dentaltechnik |
| Biokompatibilität | Zur Herstellung medizinischer bzw. orthopädischer Produkte |
| Flexibilität | Zur Herstellung elastischer Bauteile |
| Hohe Transparenz | Zur Herstellung von Kunstobjekten oder Anschauungsmodellen |
| Gute Festigkeitswerte | Zur Herstellung von Funktionsbauteilen |

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

AUSWAHL VERFÜGBARER WERKSTOFFE

Kommerziell erhältliche Materialien am Beispiel der Firma envisiontec:

- ABS-tough
- HTM140IV
- ABS Flex Series
- LS 600
- Clear Guide
- PIC100, PIC 100G
- EC500
- Press-E-Cast Wax
- E-Denstone
- Photosilver
- E-Dent
- R5/R11
- E-Partial
- R5 Gray
- EPIC
- RC31
- E-Shell ® 200 Series
- RC70
- E-Shell ® 300 Seies
- RC 90
- E-Shell ® 200 Series
- RCP 30
- Superflex
- E-Shell ® 600 Series
- E-Shell ® 3000 Series
- WIC100G
- HTM 140

Standardmaterial Y8



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

VORBEREITUNGSPHASE

Vorbereitungsphase

Bauprozess

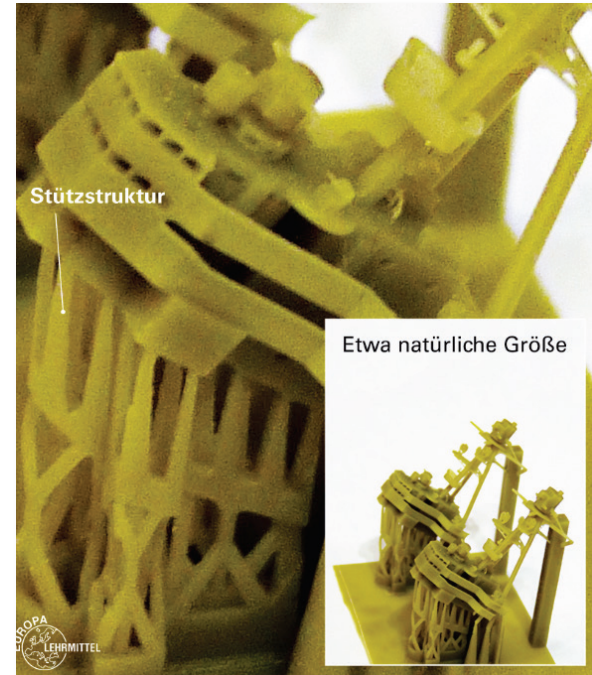
Nachbearbeitung

Aufbereiten der CAD-Daten

- Konvertierung der Baudaten in ein Bitmap-Format (Pixelgrafik)

Integration von Stützkonstruktionen

- Um ein Absinken von Bauteilen im flüssigen Bad zu verhindern oder die Bauteile an der Bauplattform zu befestigen werden die Bauteile mit zusätzlichen Baumaterial unterbaut
- Anbindung der Stützkonstruktionen ist punktuell
- Stützmaterial identisch mit Baumaterial



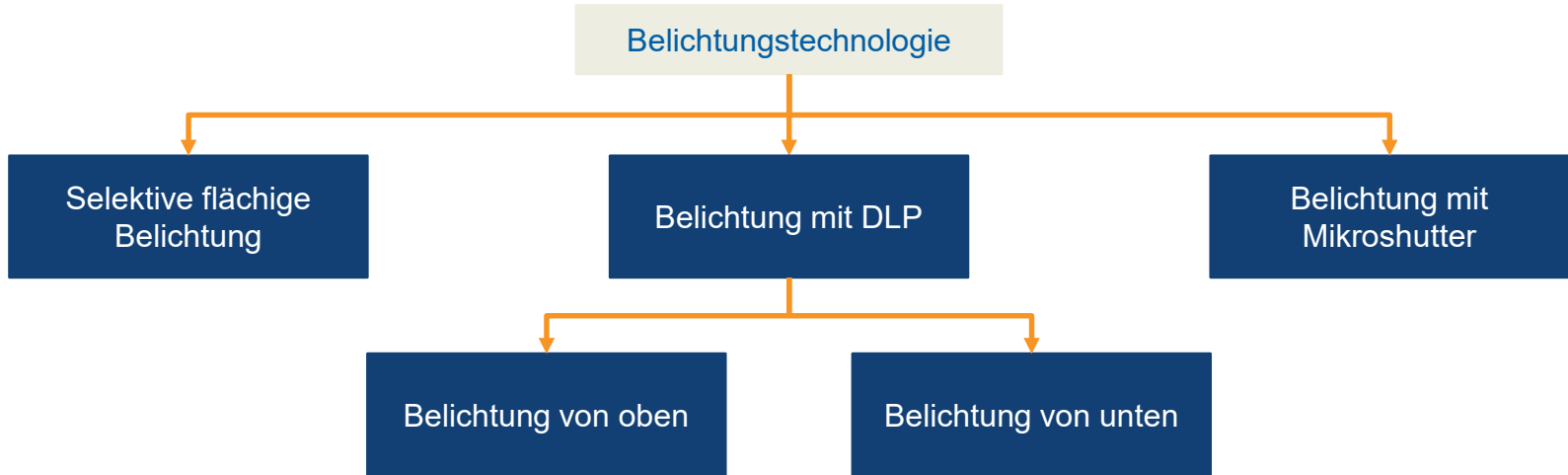
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



Verschiedene Möglichkeiten der Belichtung

Die auszuhärtende Schicht wird hochauflösend und großflächig / ganzflächig belichtet.



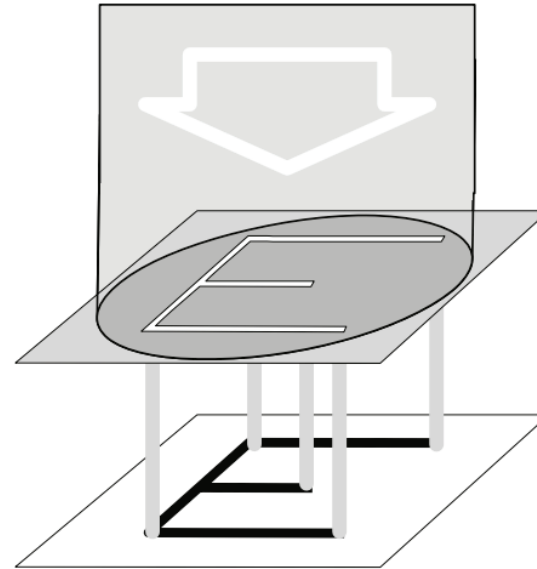
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



Selektive flächige Belichtung

- Vorgängerverfahren der DLP-Systeme
- Dünne Schicht aus UV-reaktivem Monomerharz wird aufgetragen und mit einer starken UV-Lichtquelle belichtet
- Baufeld wird selektiv von einer strahlenundurchlässigen Maske abgeschirmt
- Die Maske wird für jede Schicht neu erstellt und über dem Baufeld positioniert



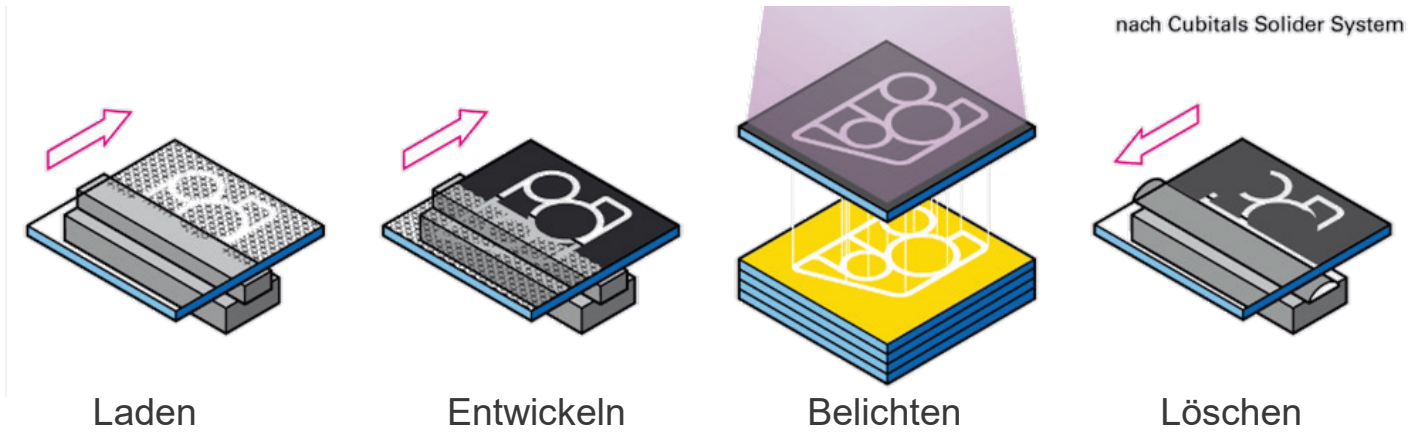
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



Selektive flächige Belichtung

- Maske wird für jede Schicht neu erstellt:
 - Glasplatte wird wiederholt mit Toner beschichtet
 - Elektrostatisches Prinzip (Xerographie)



Laden

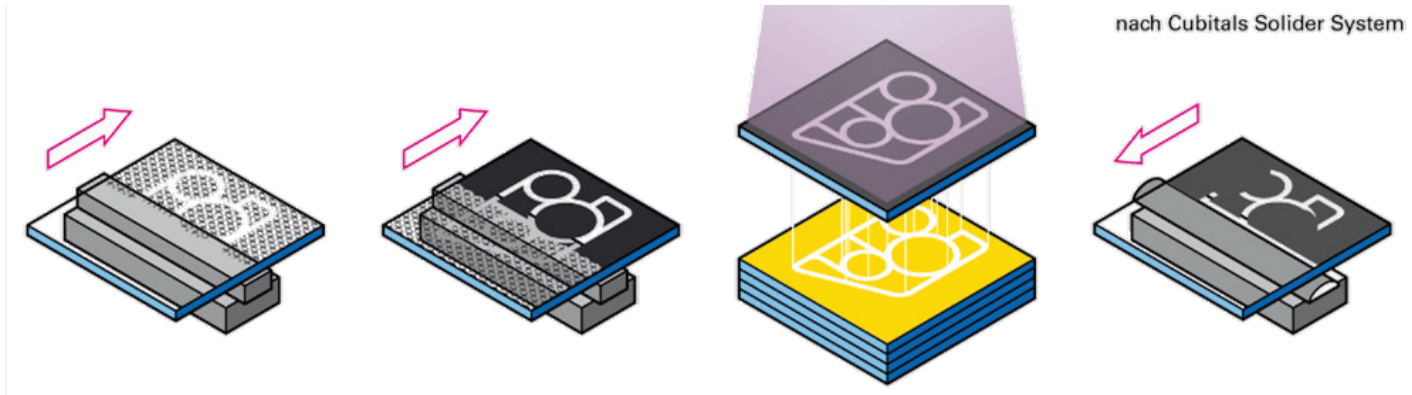
Entwickeln

Belichten

Löschen

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



nach Cubitals Solider System

Laden der Schichtgeometrie auf die Maskenplatte durch einen ionographischen Prozess

Entwickeln der aufgeladenen Maskenplatte mit einem elektrostatischen Toner

Belichten des Photopolymers mit leistungsstarker UV-Strahlung durch die Maske. Alle belichteten Stellen in der Schicht härten aus.

Löschen der Maske. Toner und statische Aufladung werden entfernt.

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

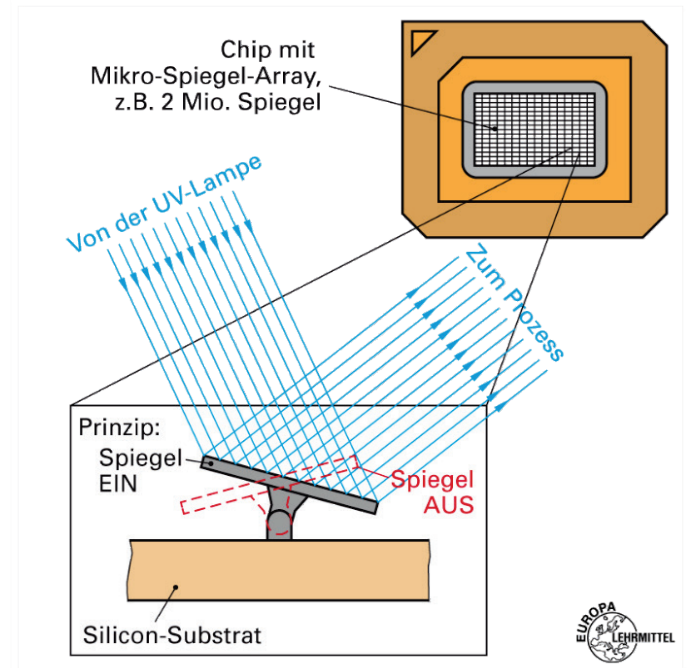
BAUPROZESS



Belichtung mit DLP

DLP™ = Digital Light Processing (entwickelt von der Firma Texas Instruments)

- Mikroskopisch kleine Spiegel sind auf Chip installiert (Digital Micromirror Device-Chip)
- 1920 x 1080 = 2 073 600 Spiegel
- Durch elektrische Ansteuerung können einzelne Spiegel geneigt werden
- Reflektierendes Licht wird entweder auf Bauplattform oder in einen Absorber gelenkt werden



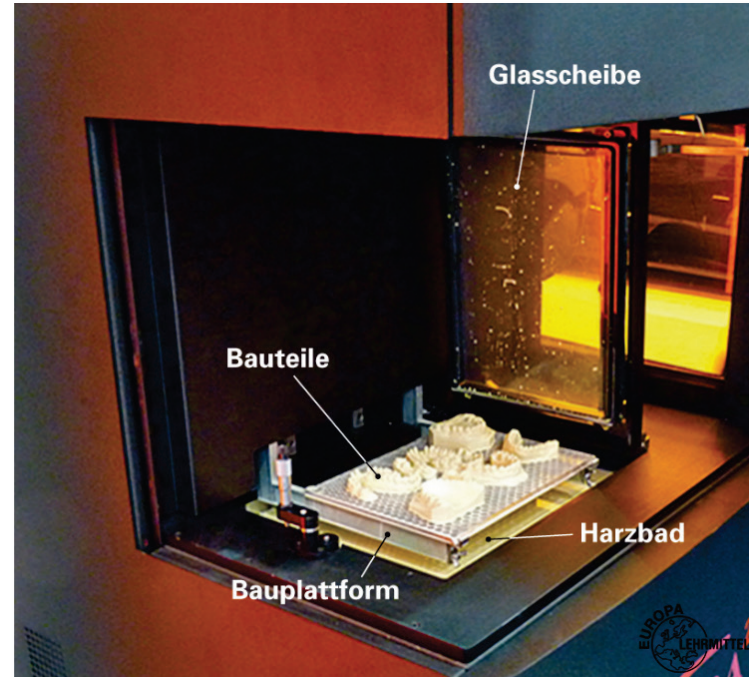
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



Belichtung mit DLP (von oben)

- DLP-Projektor ist zentral über dem Baufeld angeordnet
- Perforierte Bauplattform wird nach jeder Belichtung um eine Schichtstärke in ein Bad abgesenkt
- Neu ausbildende Flüssigkeitsoberfläche wird belichtet



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS

Vorbereitungsphase

Bauprozess

Nachbearbeitung

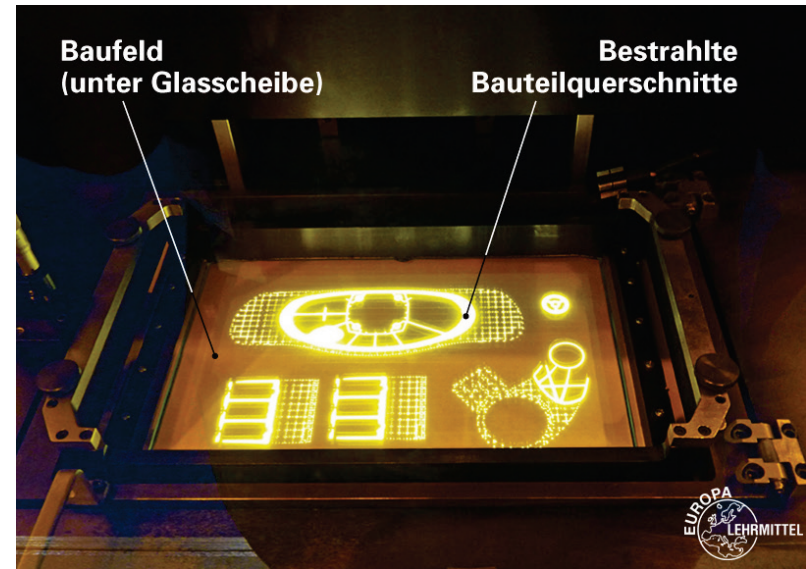
Belichtung mit DLP (von oben)

Relativ hohe Viskosität des flüssigen Baumaterials sowie geringe Eintauchtiefe verhindert gleichmäßige Benetzung mit Harz

- Einsatz eines Wischers / Beschichters

Alternativ

- Abdeckung der Flüssigkeitsoberfläche mit einer transparenten Scheibe
 - Entstehung eines geringen Spaltes
 - Sogeffekt und damit schnelleres Nachfließen



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS

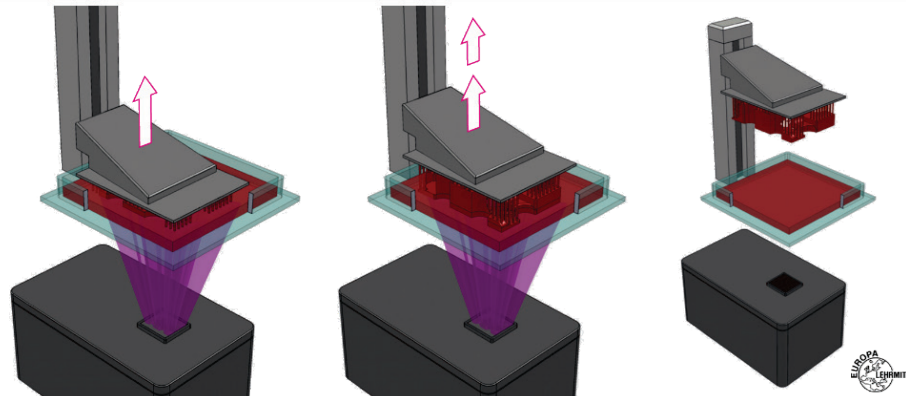
Vorbereitungsphase

Bauprozess

Nachbearbeitung

Belichtung mit DLP (von unten)

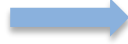
- Baubehälter ist als Schale mit einem transparenten Boden ausgeführt
- Bauteil selbst haftet an der Unterseite der Bauplattform und wird Schicht für Schicht aus dem Baubehälter gezogen
- Einsparung von Material, da die Flüssigkeitsmenge an das Bauteilvolumen angepasst werden kann



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS

Vorbereitungsphase

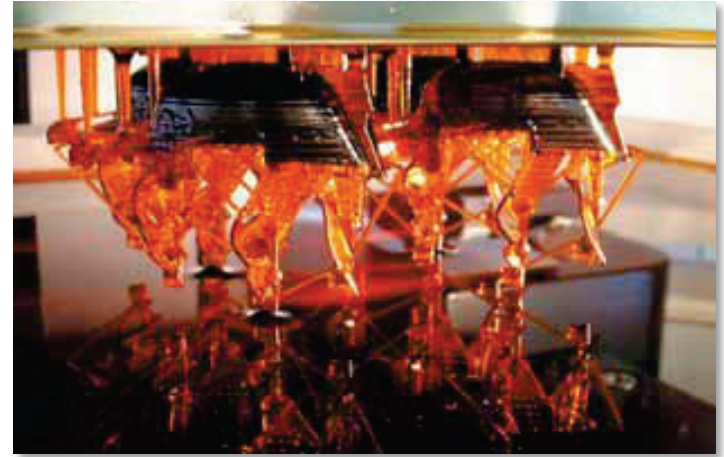
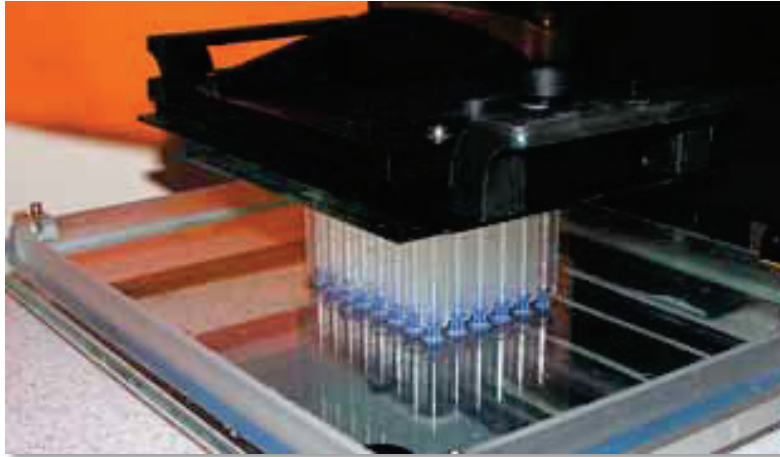


Bauprozess



Nachbearbeitung

Belichtung mit DLP (von unten)



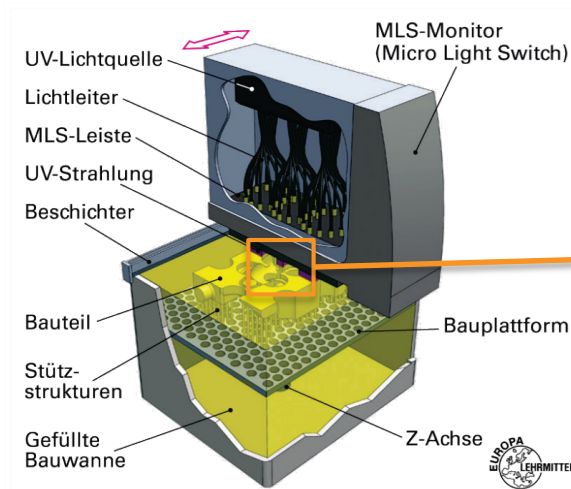
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS

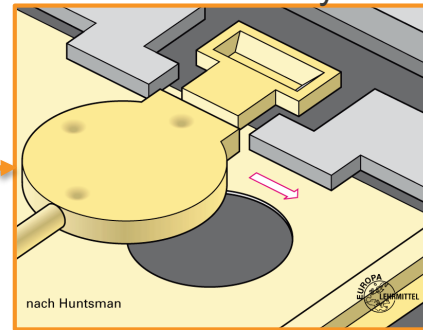


Belichtung mit Microshutter (MLS-Technologie)

- Licht wird über Lichtwellenleiter in MLS-Einheiten gelenkt
- Analog zu Computerbits werden elektromechanische Mikroverschlüsse betätigt



Mikroverschlussystem



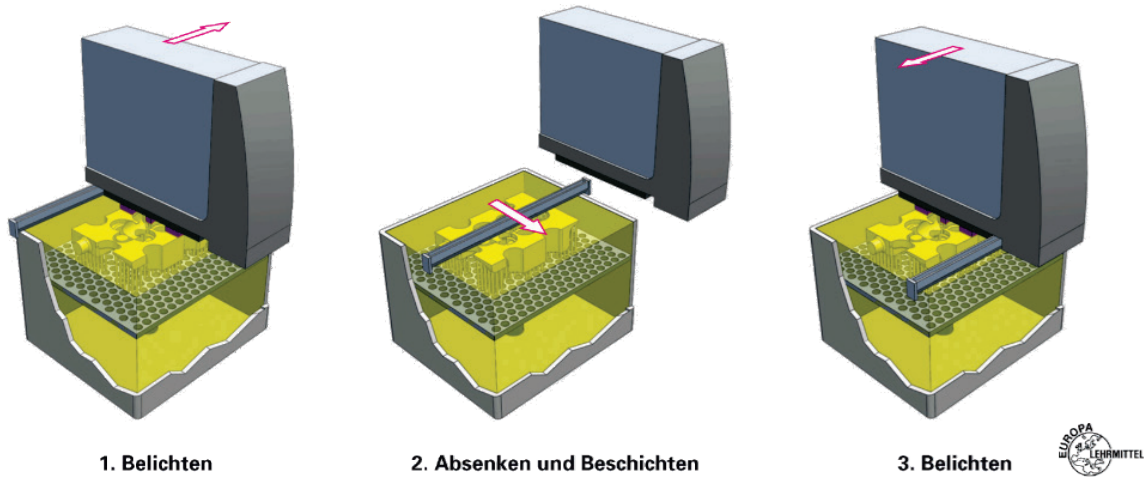
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

BAUPROZESS



Belichtung mit Microshutter (MLS-Technologie)

- Belichtungssystem fährt entlang eines Linearsystems
- Belichtung erfolgt bidirektional, bei jeder Überfahrt also in jeder Richtung



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

NACHBEARBEITUNG

Vorbereitungsphase

Bauprozess

Nachbearbeitung

Notwendige Nachbearbeitungsschritte

- Reinigung der Bauteile von flüssigen Materialresten
- Entfernung der Stützkonstruktionen

Optional:

- Nachhärten im UV-Ofen
- Mechanische Nachbearbeitung
- Veredlung der Oberflächen (z. B. durch Lackierung)

Ultraschallbad



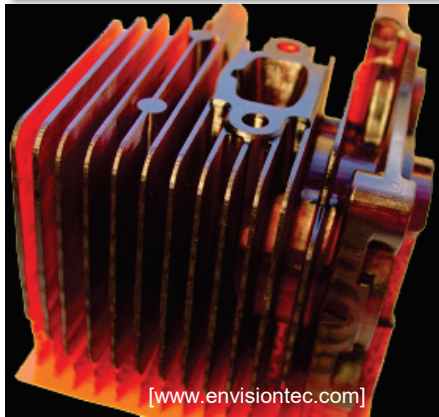
Reinigung mit Pinseln,
evtl. Entfernen von
Stützstrukturen

Nachhärten
im UV-Ofen



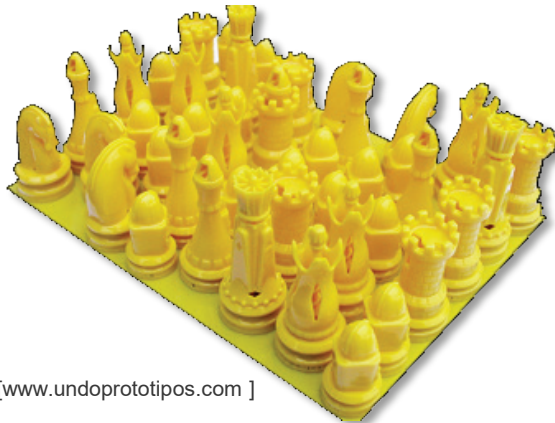
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: PRODUKTBEISPIELE



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

DLP: PRODUKTBEISPIELE



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

VOR- UND NACHTEILE

- + Hohe Präzision
- + Bauteile mit internen Hohlräumen möglich
- + Nicht vernetztes Monomer kann wieder verwendet werden
- + Transparente Bauteile
- + Große Bauteile durch Fügen einzelner Teile möglich
- 2-stufige Behandlung: erst Fertigen, dann Nachhärten
- Stützkonstruktionen erforderlich
- Einsatz von Lösungsmittel notwendig
- Hohe Materialkosten
- Geringe mechanische Festigkeiten

6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

ANLAGEN

| | |
|------------------------|--|
| Anlagentyp: | Perfactory Desktop Digital Shell Printer |
| Hersteller: | Envision TEC GmbH |
| Bauraum: | 100 mm x 75 mm x 100 mm |
| Schichtdicke: | 0,025 mm – 0,15 mm |
| Baufortschritt: | 20 mm/h (bei 0,1 mm Schichtdicke) |
| Auflösung: | 1400px x 1050 px |
| Abmessungen: | 450 mm x 480 mm x 450 mm |



6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

ANLAGEN

| | |
|------------------------|--------------------------|
| Anlagentyp: | CeraFab 7500 |
| Hersteller: | Lithoz GmbH |
| Bauraum: | 76 mm x 43 mm x 150 mm |
| Schichtdicke: | 0,025 mm – 0,1 mm |
| Baufortschritt: | 100 Schichten pro Stunde |
| Auflösung: | 40 µm (635 dpi) |





Additive Fertigung

Additive Fertigung 21 – 06-05

Photopolymerisation – III – DLP

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

