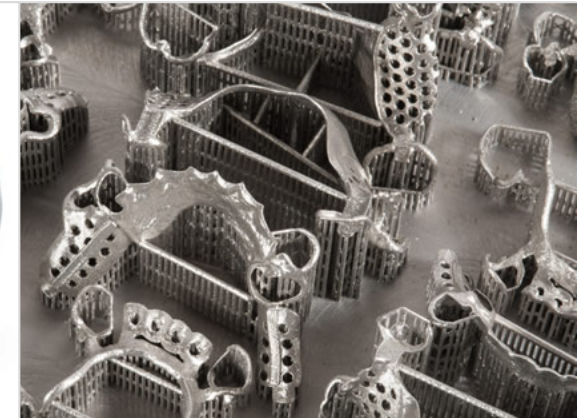


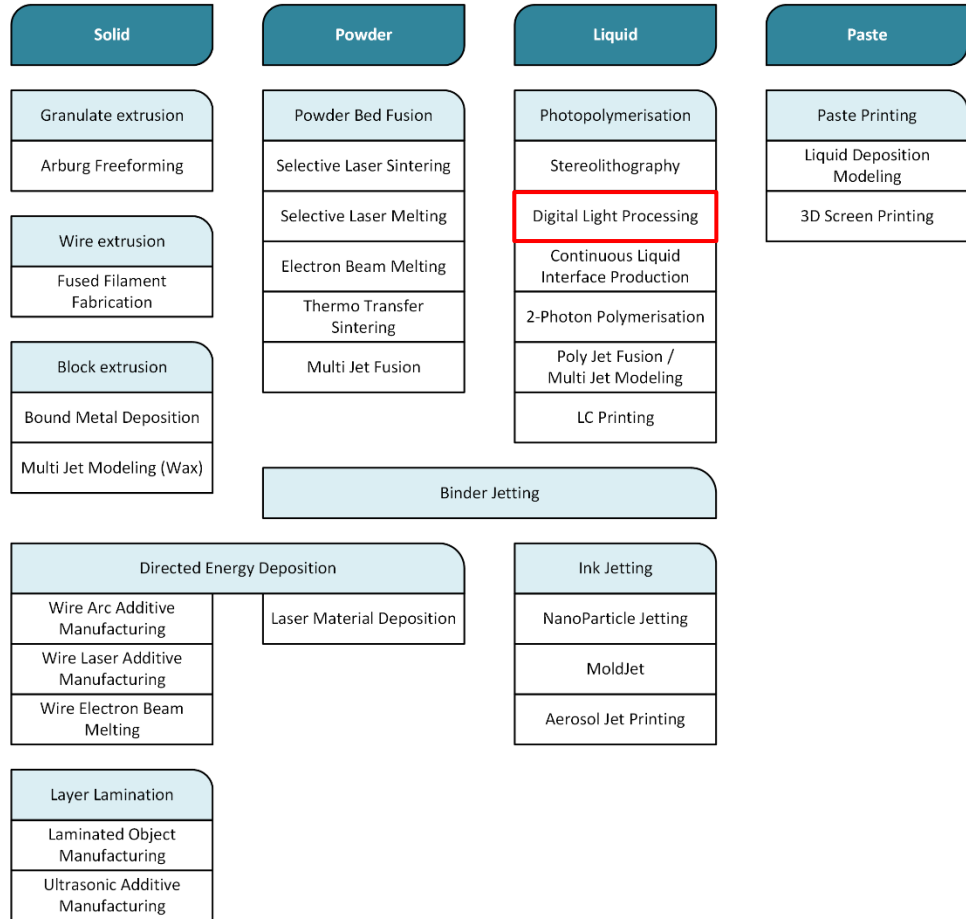
# ADDITIVE FERTIGUNG – PHOTO- POLYMERISATION III – DLP



Sommersemester 2020

# 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“



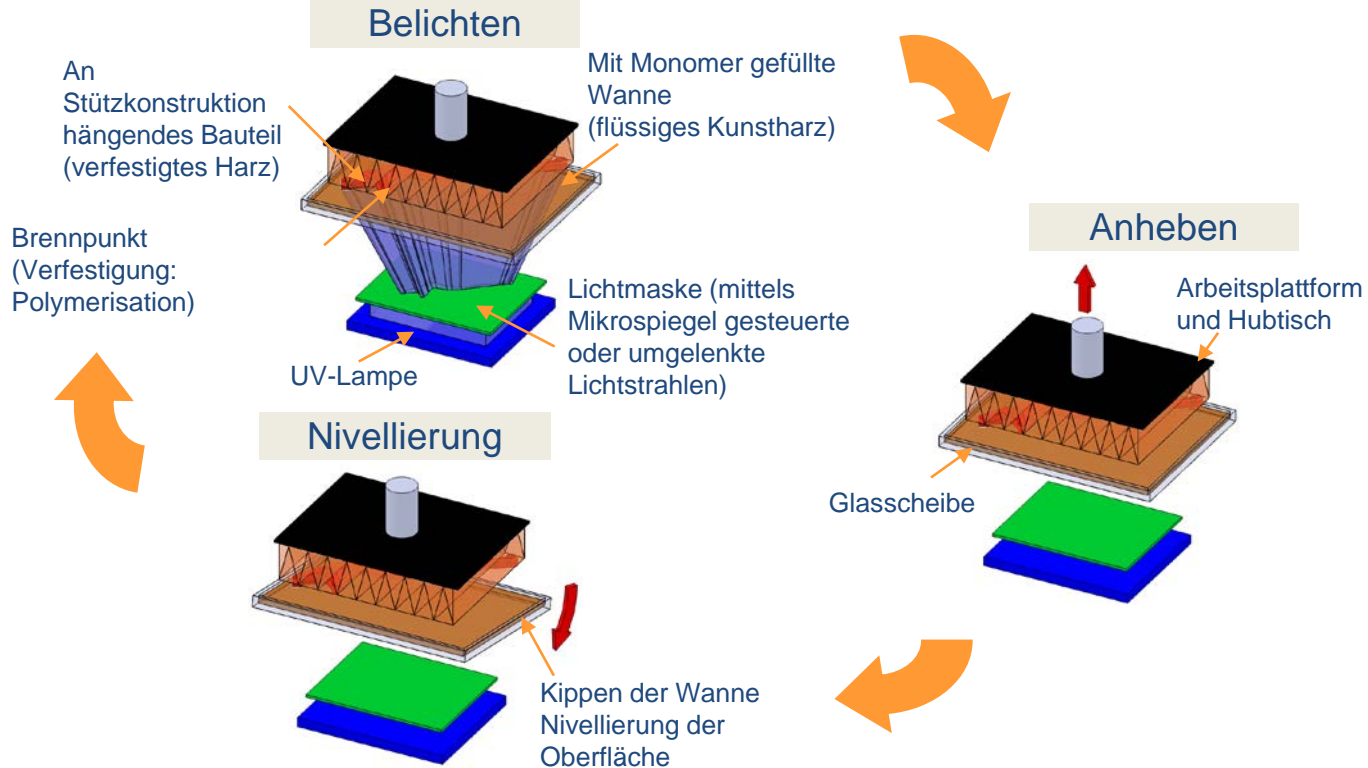
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# DLP: KURZBESCHREIBUNG

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

## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# DLP: KURZBESCHREIBUNG



## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

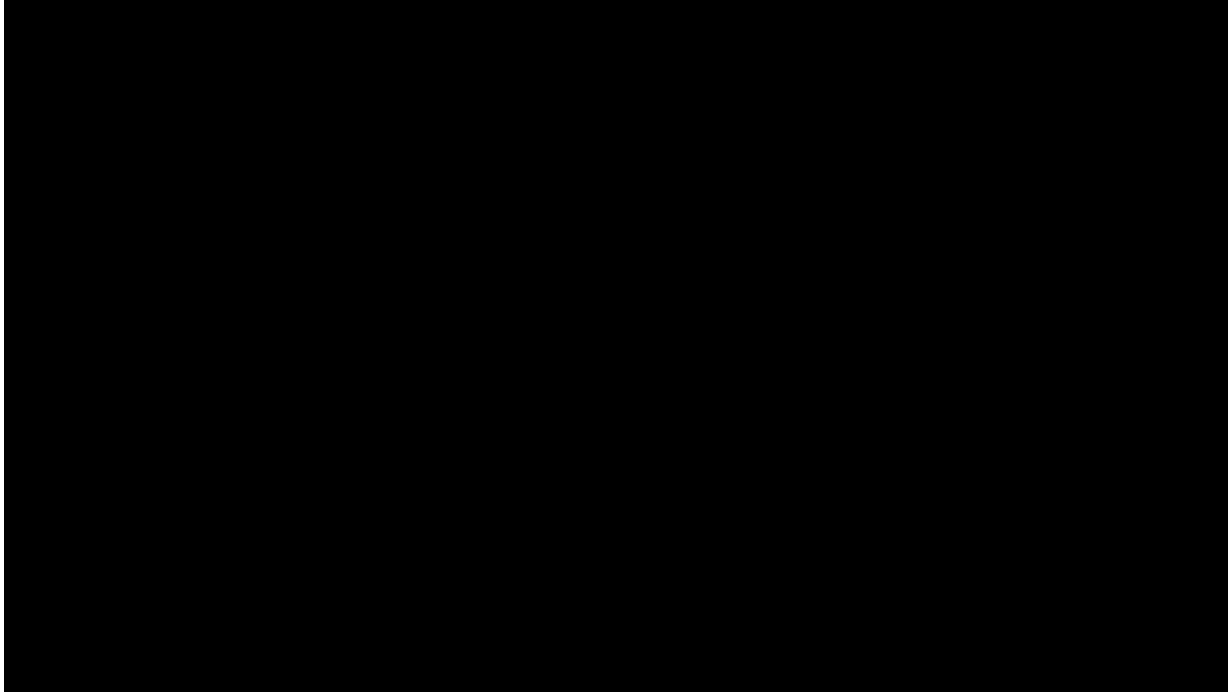
# DLP: BAUPROZESS / MASCHINEN (VIDEO)



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

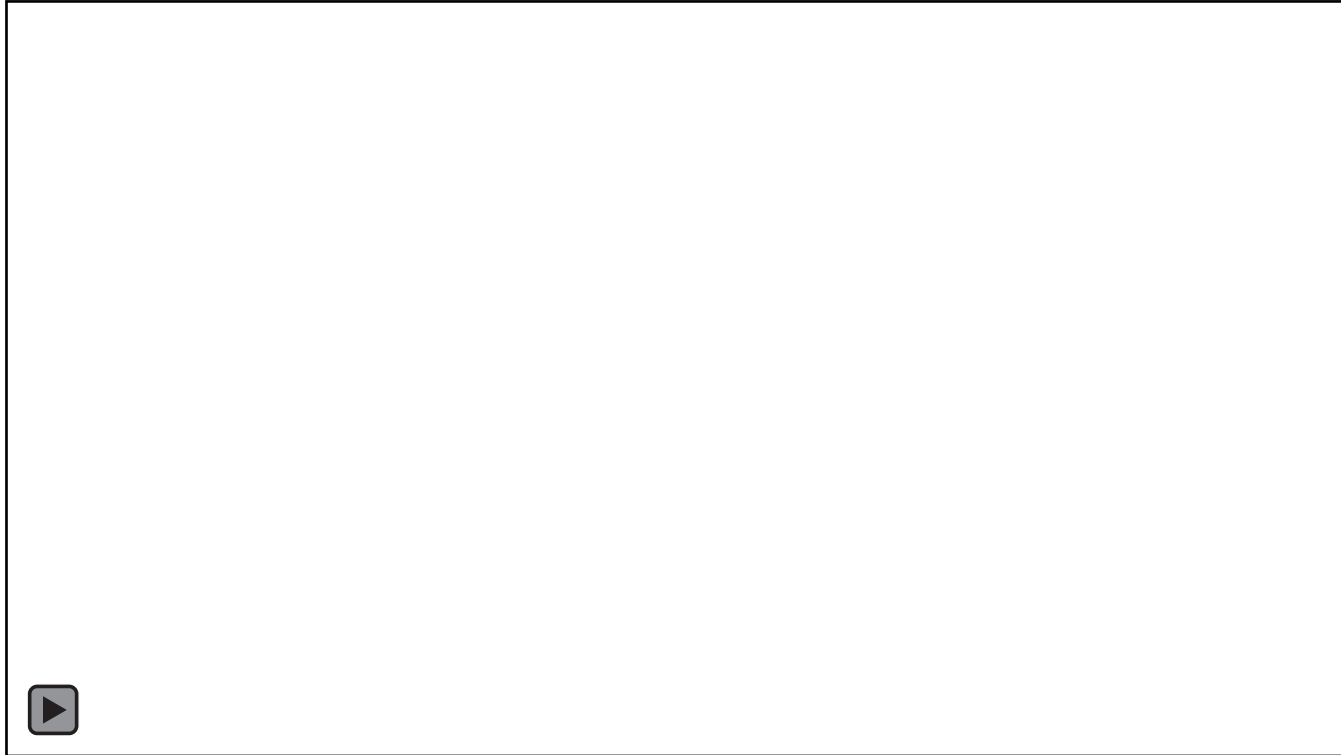
6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

## DLP: ANWENDUNG HÖRGERÄT (VIDEO)

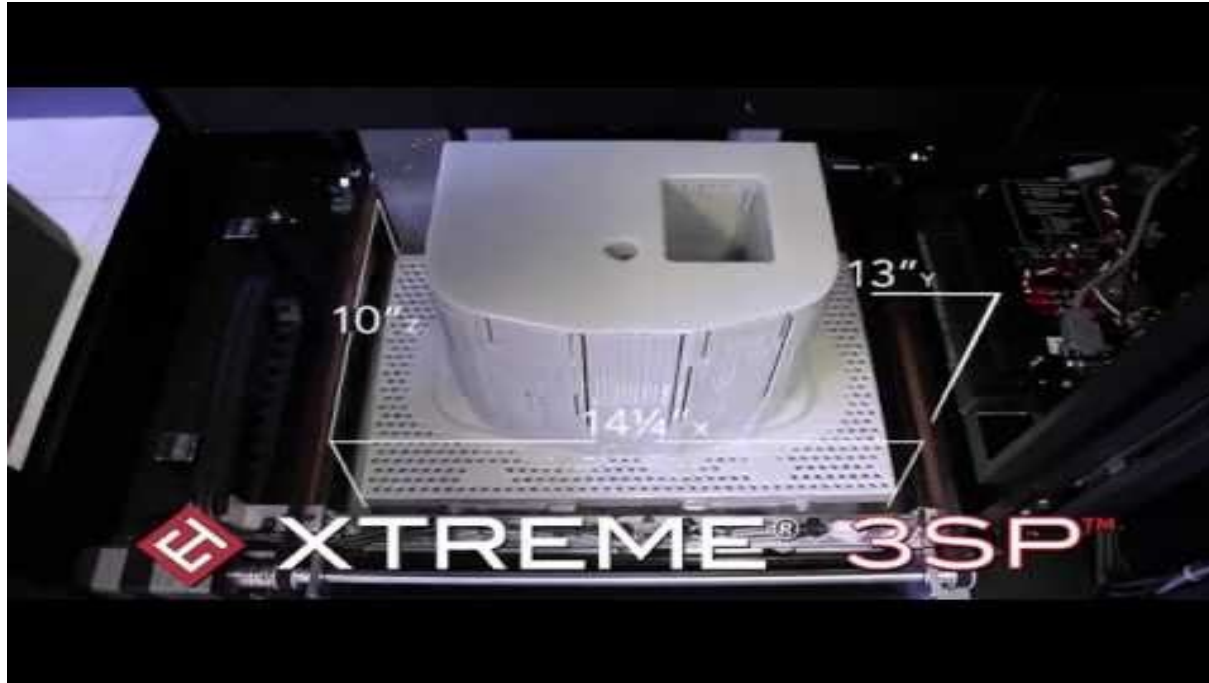


<https://youtu.be/cszsbCGjANo>

## DLP: AM VON KERAMIK MIT DLP (VIDEO)



# DLP: VERFAHRBARER BELICHTUNGSKOPF (VIDEO)



## 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

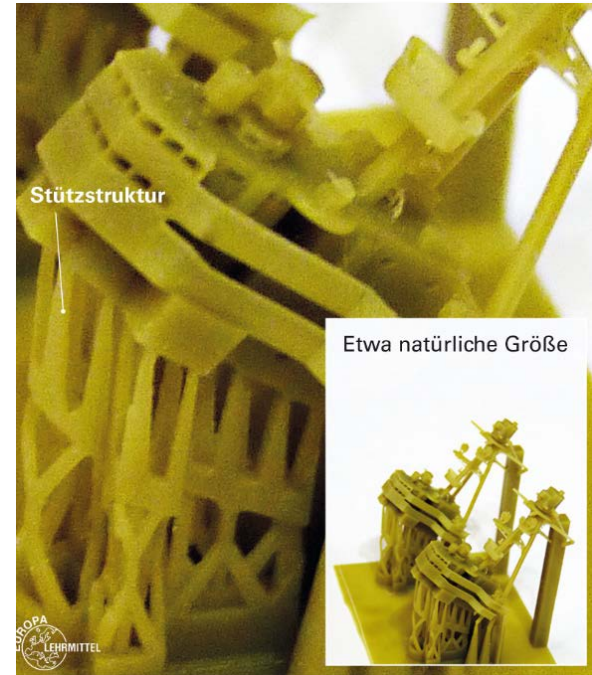
Nachbearbeitung

### 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



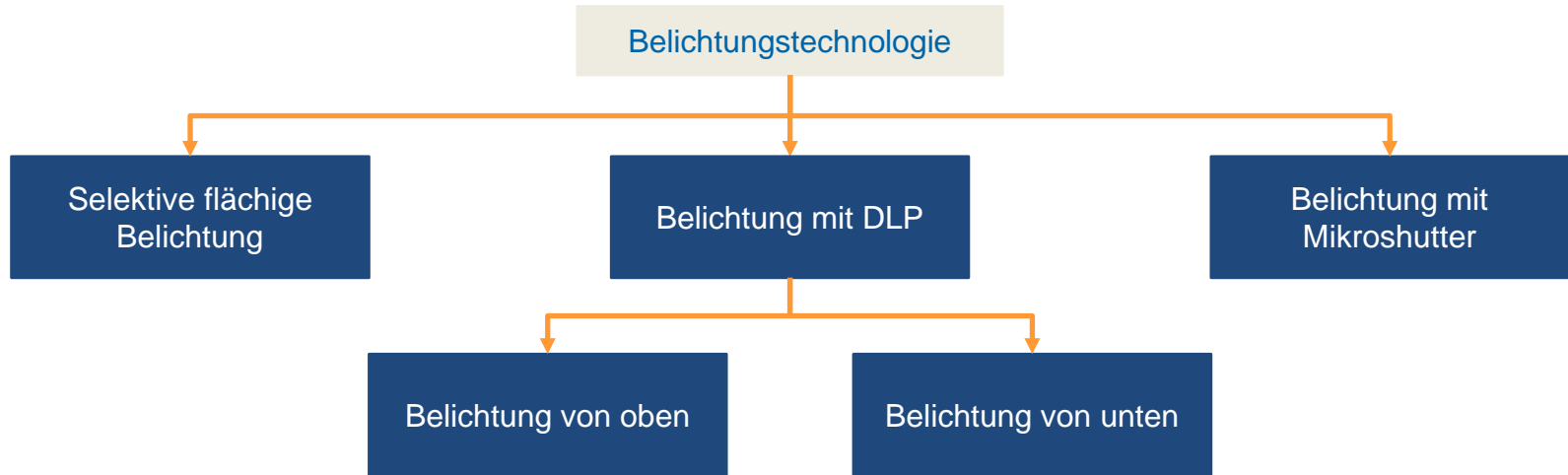
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS



### Verschiedene Möglichkeiten der Belichtung

Die auszuhärtende Schicht wird hochauflösend und großflächig / ganzflächig belichtet.



## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS

Vorbereitungsphase



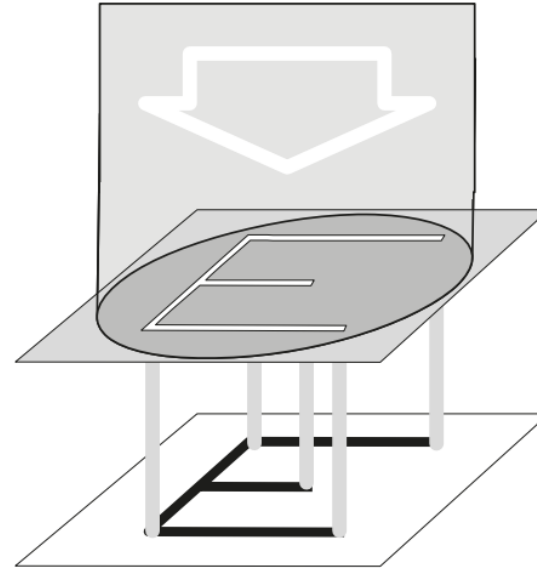
Bauprozess



Nachbearbeitung

### 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



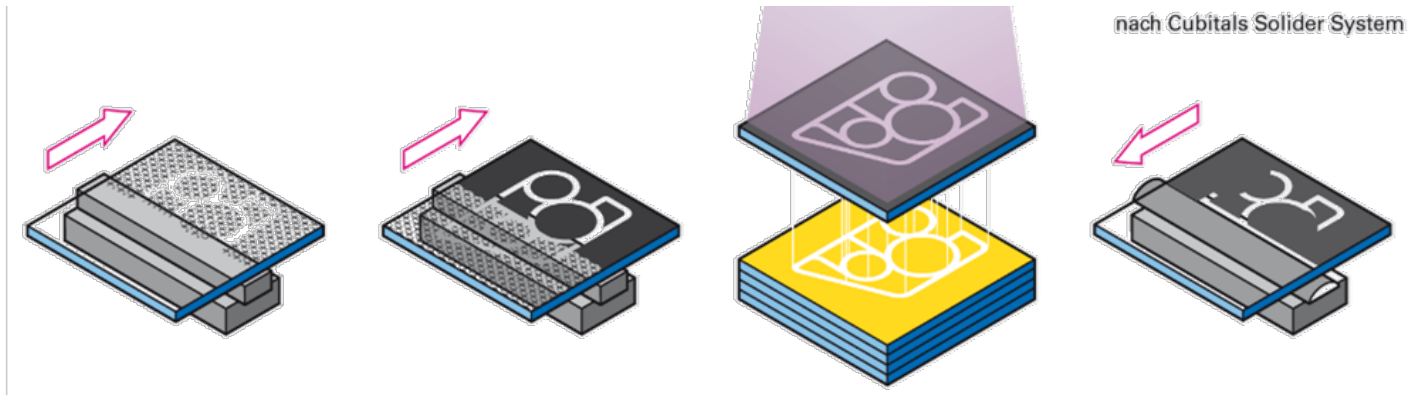
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS



### Selektive flächige Belichtung

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



Laden

Entwickeln

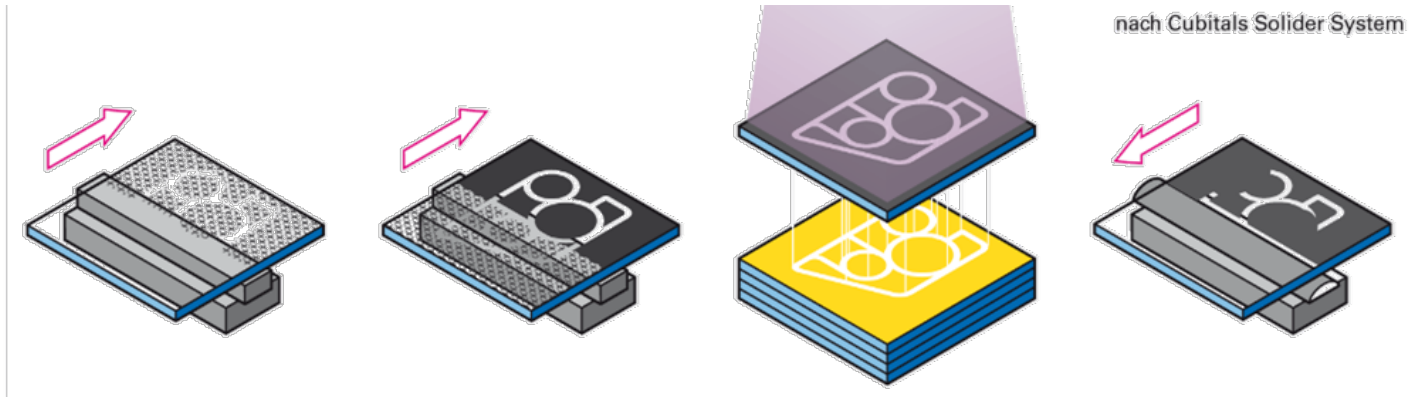
Belichten

Löschen

nach Cubitals Solider System

## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS



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.

nach Cubitals Solider System

## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

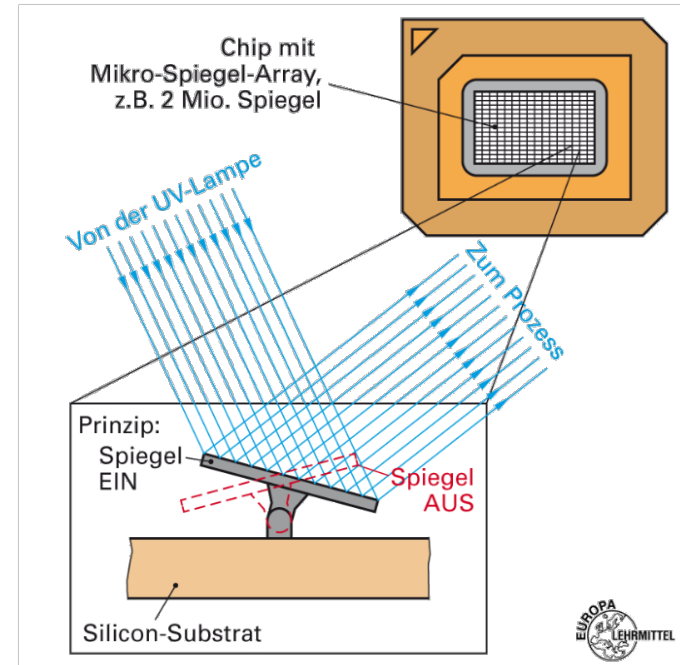
# BAUPROZESS



### 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 Bauplatform oder in einen Absorber gelenkt werden



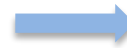
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS

Vorbereitungsphase



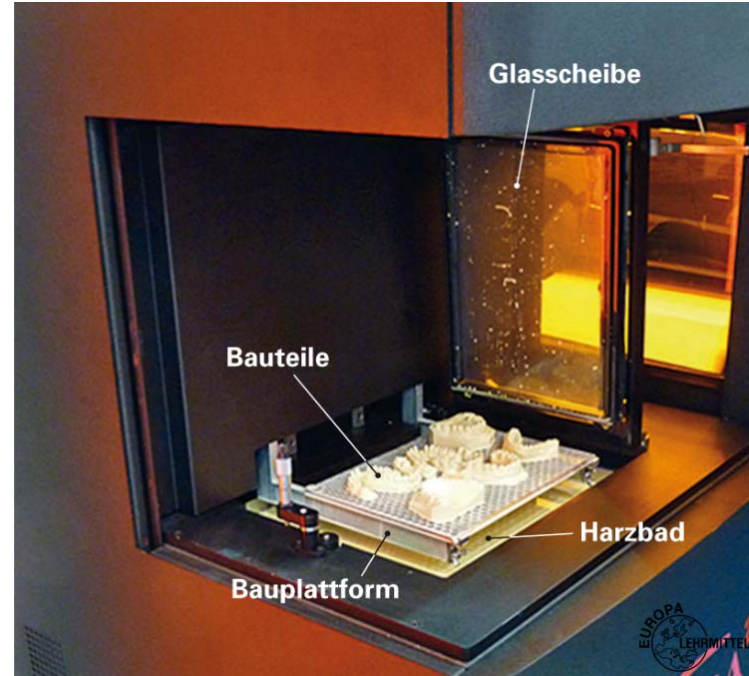
Bauprozess



Nachbearbeitung

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

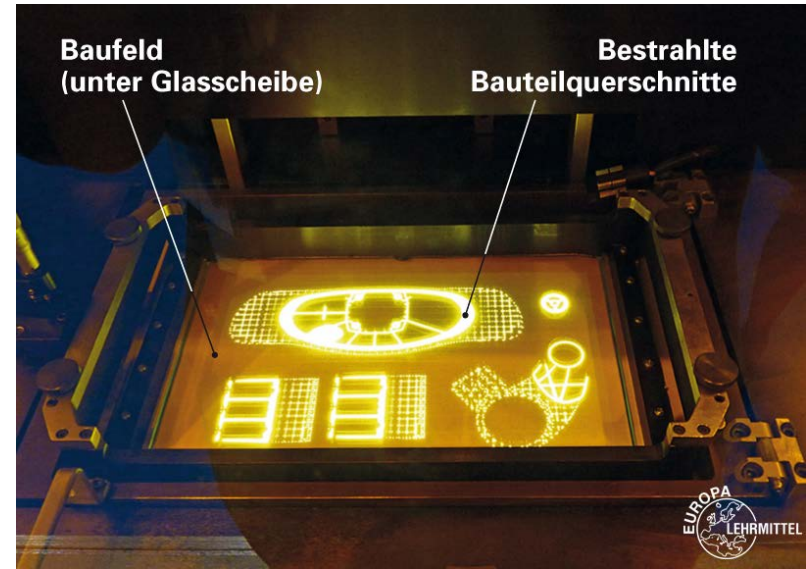
### Belichtung mit DLP (von oben)

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

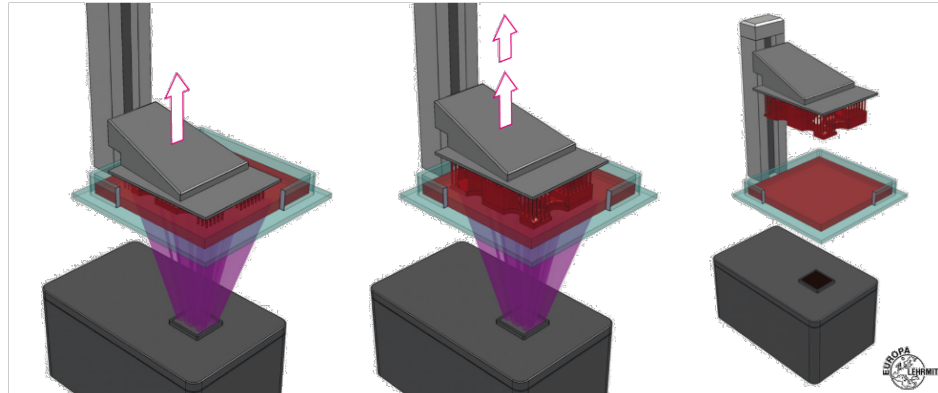
Vorbereitungsphase

Bauprozess

Nachbearbeitung

### Belichtung mit DLP (von unten)

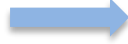
- Baubehälter ist als Schale mit einem transparenten Boden ausgeführt
- Bauteil selbst haftet an der Unterseite der Bauplattform und wird Schicht für Schicht aus dem Baubehälter gezogen
- Einsparung von Material, da die Flüssigkeitsmenge an das Bauteilvolumen angepasst werden kann



## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS

Vorbereitungsphase

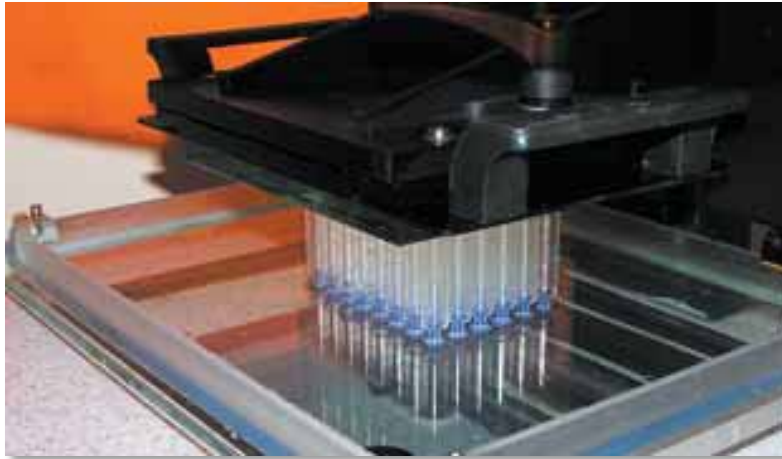


Bauprozess



Nachbearbeitung

Belichtung mit DLP (von unten)



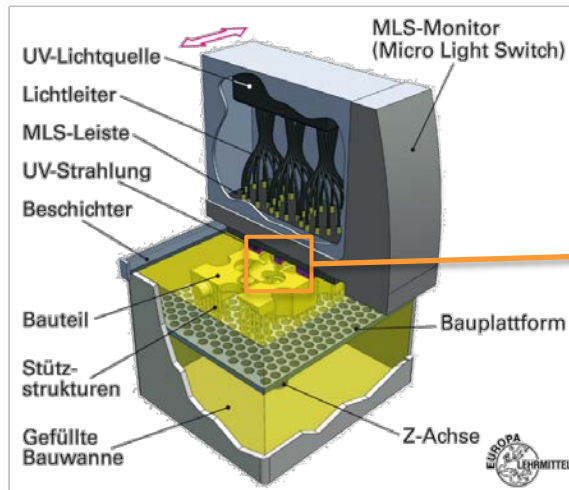
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS

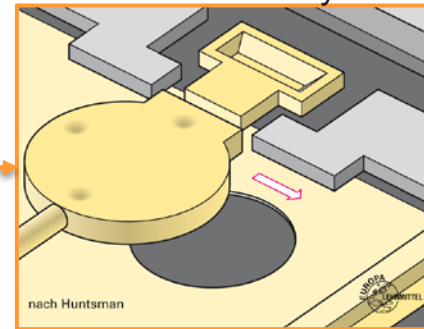


### Belichtung mit Microshutter (MLS-Technologie)

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



### Mikroverschlussystem



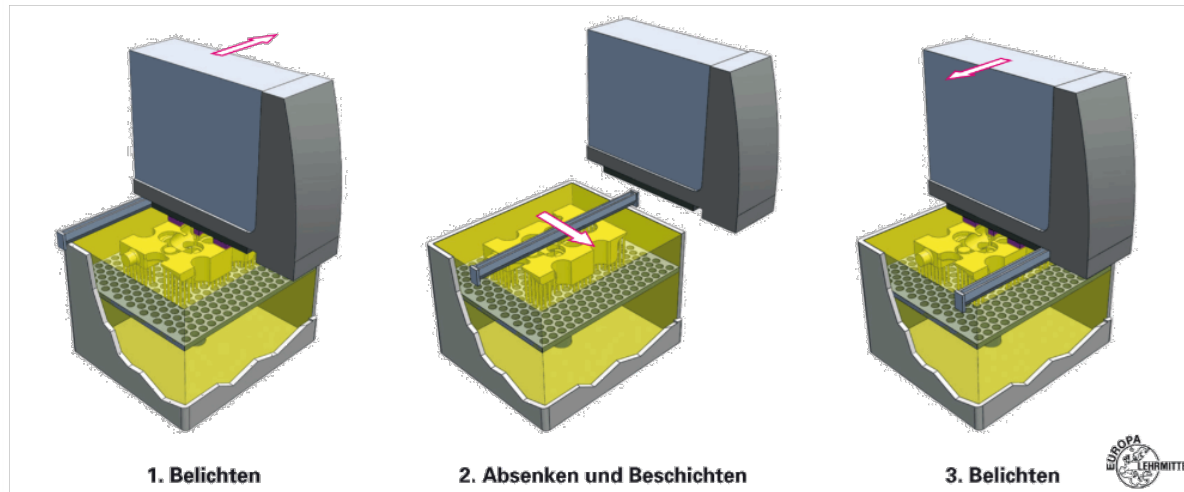
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# BAUPROZESS



### Belichtung mit Microshutter (MLS-Technologie)

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



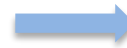
## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# NACHBEARBEITUNG

Vorbereitungsphase



Bauprozess



Nachbearbeitung

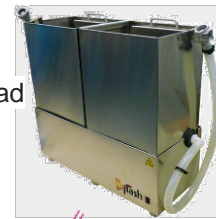
### Notwendige Nachbearbeitungsschritte

- Reinigung der Bauteile von flüssigen Materialresten
- Entfernung der Stützkonstruktionen

### Optional:

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

Ultraschallbad



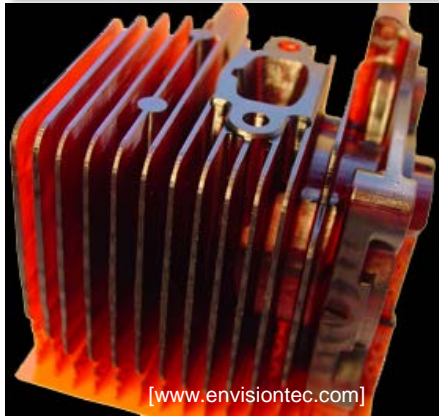
Reinigung mit Pinseln,  
evtl. Entfernen von  
Stützstrukturen

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

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



## 6 Additive Fertigungsverfahren – Photopolymerisation

# ANLAGEN

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





Additive Fertigung

# Additive Fertigung 20 – 06-04

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



**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

06-04\_03\_29