

Rapid Prototyping

Agenda

- 1. Ursprung des Rapid Prototyping**
- 2. Rapid Prototyping Verfahren**
- 3. Erweiterung FDM**
- 4. Slicing**

Ursprung des Rapid Prototyping

Patentschrift Lichtbogenschweißen für Metallstrukturen

Verfahren zur Herstellung dekorativer Gegenstände

Erfinder: Ralph Baker, Wilkinsburg, Pennsylvania

Zugehörigkeit: Westinghouse Electric & Manufacturing Company

Anmeldedatum: 12. November 1920

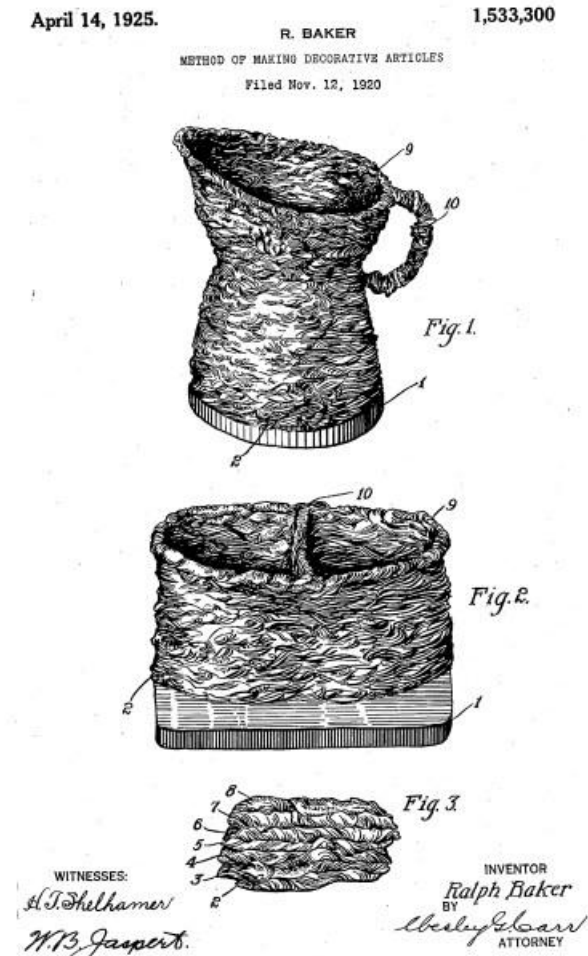
Erteilung: 14. April 1925

Beschreibung der Erfindung

Diese Erfindung betrifft ein **ornamentales Lichtbogenverfahren**, insbesondere die **Nutzung eines elektrischen Lichtbogens**, wie er gewöhnlich beim **Lichtbogenschweißen** verwendet wird, um **Metallschichten aufzubauen**, die **Gefäße oder andere dekorative und nützliche Objekte** bilden.

Baker stellte fest, dass Metall, das durch den Stromfluss aus einer **schmelzbaren Metallelektrode** gewonnen wird, in **aufeinanderliegenden Schichten** so abgelagert werden kann, dass **verschiedene Formen** entstehen. Ziel der Erfindung ist es, auf diese Weise **künstlerische oder nützliche Objekte** herzustellen.

Ein weiterer Zweck ist die Herstellung von **Behälterwänden**, indem eine **schmelzbare Elektrode spiralförmig** bewegt wird, sodass sich gleichmäßige Metallschichten übereinanderlegen. Zusätzlich beschreibt Baker die Möglichkeit, eine **mechanische Steuerung** (z. B. pantografische Vorrichtung, wie sie Graveure verwenden) einzusetzen, um **gleichmäßige und wiederholbare Formen** zu erzeugen.





Rapid Prototyping Verfahren

Komplette Übersicht aller additiven Fertigungsverfahren

15 + x Verfahren von Desktop bis Bauwesen



Kunststoff-Verfahren

Polymer-basierte additive Fertigungsverfahren

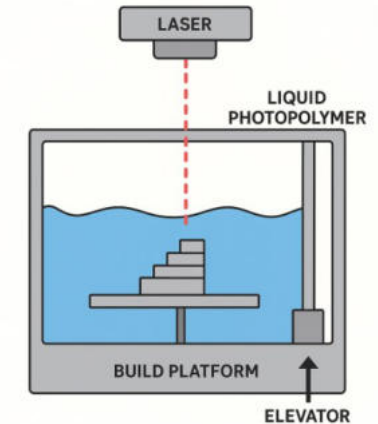
Beschreibung

Der Pionier des modernen **Rapid Prototyping (3D-Drucken)** war **Charles W. „Chuck “ Hull**. Er erfand die **Stereolithographie (SLA)**, reichte die Patentanmeldung 1984 ein und erhielt die US-Patentschrift **US 4,575,330** am **11. März 1986**.

Eines der ältesten und präzisesten 3D-Druckverfahren. Ein UV-Laser härtet flüssiges Photopolymer-Harz schichtweise aus. Das Bauteil wird in einem Harzbad von unten nach oben aufgebaut.

Vorteile: Sehr hohe Detailgenauigkeit, glatte Oberflächen, komplexe Geometrien möglich

Nachteile: Begrenzte Materialauswahl, Nachbearbeitung erforderlich, photosensitives Material



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

145 × 145 × 175 mm bis 650 × 750 × 550 mm

Schichtdicke

25 - 100 µm

Genauigkeit

± 0,1 - 0,5 mm



Heutige Einsatzgebiete

Schmuckherstellung

Dentalmedizin

Hörgeräte

Prototypenbau

Gießformen

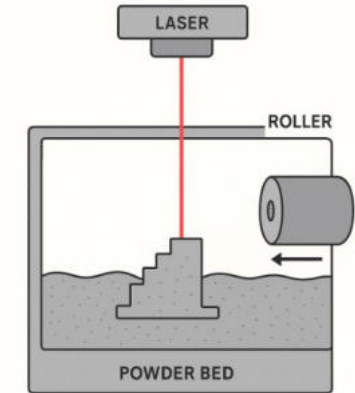
Mikrofluidik

Beschreibung

Ein Laser sintert (verschmilzt) pulverförmiges Material schichtweise zusammen. Das umgebende Pulver dient als Stützmaterial. Typische Materialien sind Polyamid (Nylon), Polystyrol oder Metallpulver.

Vorteile: Keine Stützstrukturen nötig, hohe mechanische Festigkeit, funktionsfähige Bauteile

Nachteile: Raue Oberfläche, hohe Anschaffungskosten, Pulverreste müssen entfernt werden



SLS 3D-Drucker



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

810 × 560 × 510 mm bis 1500 × 1100 × 1000 mm

Schichtdicke

100 - 200 µm

Genauigkeit

± 0,2 - 0,5 mm



Heutige Einsatzgebiete

Architekturmodelle

Topographische Karten

Großvolumige Prototypen

Gießformen (Sand)

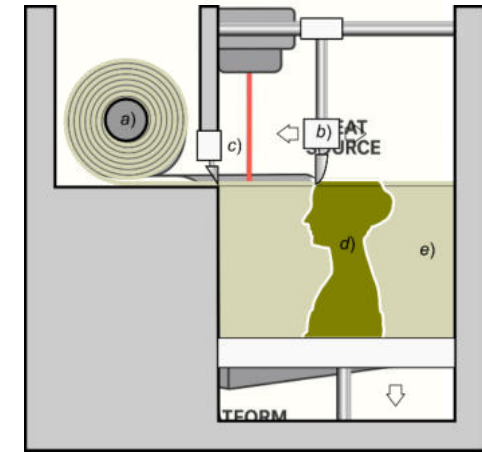
Designmodelle

Beschreibung

Papier-, Kunststoff- oder Metallfolien mit einer Klebeschicht werden übereinander laminiert. Ein Laser oder Messer schneidet die Konturen jeder Schicht aus. Das Verfahren ist kostengünstig und ermöglicht große Bauteile.

Vorteile: Große Bauteile möglich, schnell, günstig, holzähnliches Aussehen bei Papier
oder Blech (Wasserstrahlschnitt)

Nachteile: Schichtstruktur sichtbar, begrenzte Geometrien, Abfallmaterial, begrenzte mechanische Eigenschaften



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

810 × 560 × 510 mm bis 1500 × 1100 × 1000 mm

Schichtdicke

100 - 200 µm

Genauigkeit

± 0,2 - 0,5 mm



Heutige Einsatzgebiete

Architekturmodelle

Topographische Karten

Großvolumige Prototypen

Gießformen (Sand)

Designmodelle

Fused Deposition Modeling (FDM)

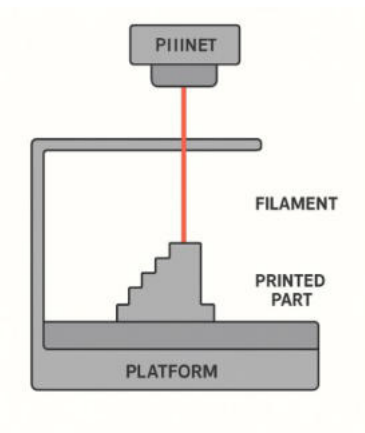
Auch: Fused Filament Fabrication (FFF)

Beschreibung

Das verbreitetste 3D-Druckverfahren. Thermoplastischer Kunststoff wird als Filament erhitzt und schichtweise durch eine Düse aufgetragen. Das Material erstarrt beim Abkühlen.

Vorteile: Günstig, große Materialvielfalt, einfache Bedienung, wartungsarm

Nachteile: Sichtbare Schichtlinien, Stützstrukturen nötig, begrenzte Detailgenauigkeit



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

300 × 300 × 300 mm bis 750 × 550 × 550 mm

Schichtdicke

80 - 150 µm

Genauigkeit

± 0,3 mm

Heutige Einsatzgebiete

Schmuck

Dentalmodelle

Hörgeräte

Miniaturmodelle

Prototypen

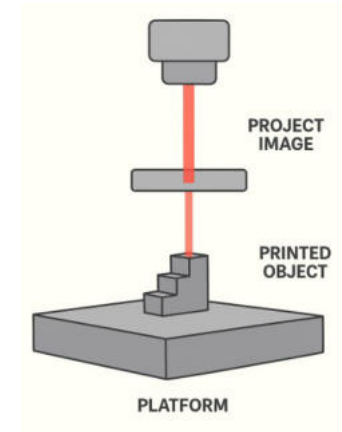
Tabletop Gaming

Beschreibung

Ähnlich wie SLA, aber statt eines Lasers wird ein digitaler Projektor verwendet, der eine gesamte Schicht gleichzeitig belichtet. Dies beschleunigt den Druckprozess erheblich.

Vorteile: Schneller als SLA, hohe Präzision, glatte Oberflächen, isotrope Eigenschaften

Nachteile: Kleinere Bauräume, begrenzte Materialauswahl, Nachbearbeitung erforderlich



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

120 × 68 × 200 mm bis 192 × 120 × 200 mm

Schichtdicke

25 - 100 µm

Genauigkeit

± 0,1 mm



Heutige Einsatzgebiete

Schmuck

Dentalmodelle

Hörgeräte

Miniaturmodelle

Prototypen

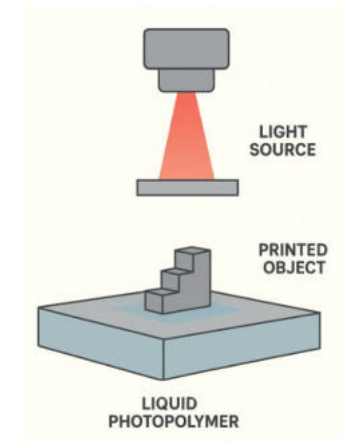
Tabletop Gaming

Beschreibung

Eine Weiterentwicklung von DLP. Durch eine sauerstoffdurchlässige Membran wird eine "tote Zone" erzeugt, die ein kontinuierliches Ziehen des Bauteils aus dem Harzbad ermöglicht - bis zu 100× schneller als herkömmliche Verfahren.

Vorteile: Extrem schnell, glatte Oberflächen, isotrope Eigenschaften, keine Schichtlinien

Nachteile: Proprietäres System (Carbon), hohe Kosten, begrenzte Materialauswahl



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

144 × 81 × 330 mm bis 189 × 118 × 326 mm

Schichtdicke

75 - 100 µm (kontinuierlich)

Geschwindigkeit

Bis zu 100× schneller als SLA

Heutige Einsatzgebiete

Endverbraucher-Produkte

Automobilteile

Medizintechnik

Sportartikel

Konsumgüter

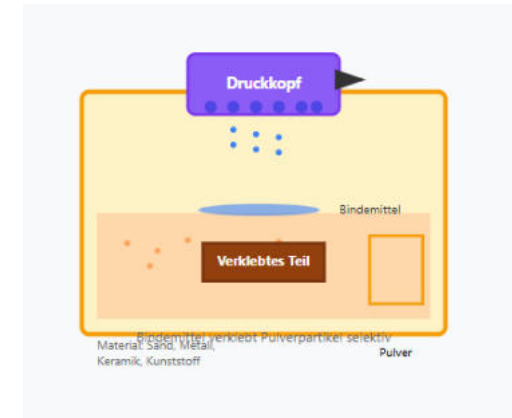
Elastomere Bauteile

Beschreibung

Ein flüssiges Bindemittel wird selektiv auf ein Pulverbett aufgetragen und verbindet die Pulverpartikel. Nach dem Druckvorgang können Bauteile gesintert oder infiltriert werden. Funktioniert mit Metall, Keramik, Sand und Kunststoff.

Vorteile: Schnell, große Bauteile möglich, Vollfarb-Druck, keine thermische Belastung

Nachteile: Poröse Struktur, Nachbehandlung nötig, geringere Festigkeit



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

400 × 250 × 250 mm bis 1800 × 1000 × 700 mm

Schichtdicke

50 - 200 µm

Genauigkeit

± 0,2 - 0,5 mm



Heutige Einsatzgebiete

Sandguss-Formen

Metallteile

Architekturmodelle

Vollfarb-Prototypen

Gießereiwesen

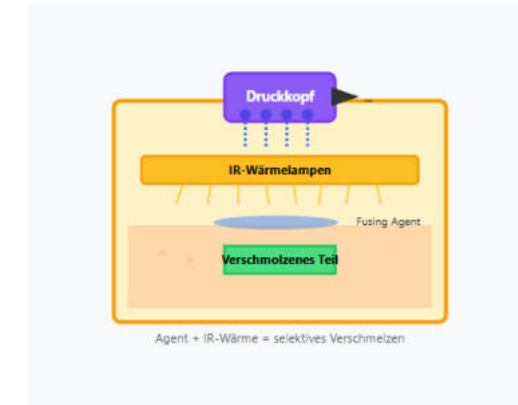
Keramikteile

Beschreibung

Ein selektives Fusing-Mittel wird auf Kunststoffpulver aufgetragen, dann schmilzt eine Infrarot-Wärmequelle das Material. Detailing-Mittel verhindert Verschmelzung an Randgebieten. Schneller und präziser als SLS.

Vorteile: Sehr schnell, hohe Detailgenauigkeit, gleichmäßige mechanische Eigenschaften, Vollfarb-Option

Nachteile: Proprietäre Technologie (HP), begrenzte Materialauswahl, hohe Investitionskosten



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

380 × 284 × 380 mm bis 420 ×
340 × 340 mm

Schichtdicke

80 µm

Genauigkeit

± 0,3 mm

Druckgeschwindigkeit

Bis zu 5× schneller als SLS



Heutige Einsatzgebiete

Funktionale Prototypen

Endverbraucher-Produkte

Automobilkomponenten

Medizintechnik

Orthopädische Hilfsmittel

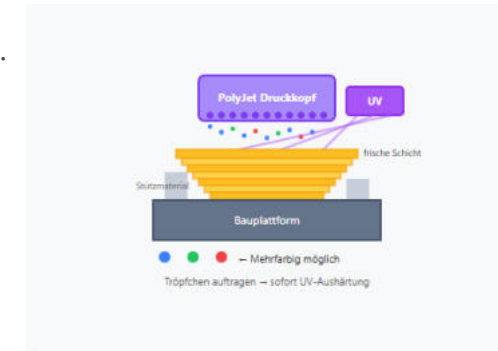
Industrielle Kleinserien

Beschreibung

Photopolymere werden tröpfchenweise aus mehreren Düsen aufgetragen und sofort durch UV-Licht ausgehärtet. Ähnlich wie Tintenstrahldrucker können mehrere Materialien gleichzeitig verarbeitet werden.

Vorteile: Mehrfarbig, verschiedene Materialien gleichzeitig, sehr glatte Oberfläche, hohe Präzision

Nachteile: Hohe Kosten, begrenzte mechanische Eigenschaften, Stützmaterial muss entfernt werden



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

294 × 192 × 148 mm bis 490 × 390 × 200 mm

Schichtdicke

16 - 32 µm

Genauigkeit

± 0,1 - 0,2 mm



Heutige Einsatzgebiete

Realistische Prototypen

Medizinische Modelle

Designstudien

Formenbau

Konsumgüter-Design

Zahnmedizin



Metall-Verfahren

Additive Fertigung für metallische Werkstoffe

Selektives Laserschmelzen (SLM/DMLS)

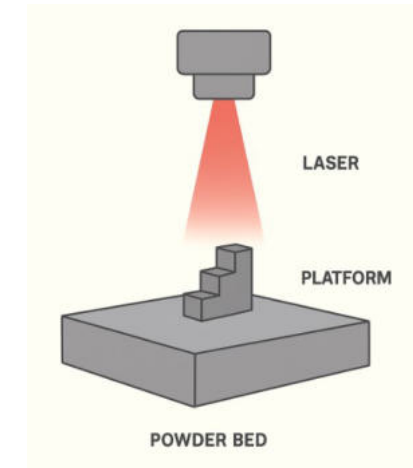
Selective Laser Melting / Direct Metal Laser Sintering

Beschreibung

Ein Hochleistungslaser schmilzt Metallpulver vollständig auf und verschweißt es schichtweise. Im Gegensatz zum SLS werden die Partikel komplett aufgeschmolzen, was zu höherer Dichte führt. Prozess findet unter Schutzgasatmosphäre statt.

Vorteile: Hochfeste Metallbauteile, komplexe Geometrien, nahezu volle Dichte

Nachteile: Sehr hohe Kosten, begrenzte Bauraumgröße, aufwändige Nachbearbeitung, thermische Spannungen



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

250 × 250 × 325 mm bis 500 ×
500 × 500 mm

Schichtdicke

20 - 100 µm

Genauigkeit

± 0,1 - 0,2 mm

Materialien

Titan, Aluminium, Edelstahl,
Inconel, Kobalt-Chrom



Heutige Einsatzgebiete

Konzeptmodelle

Prototypen

Ersatzteile

Werkzeuge

Bildung

Hobby & Maker

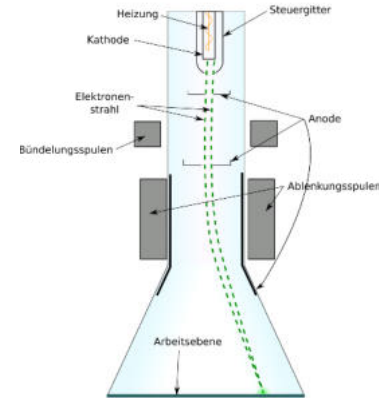
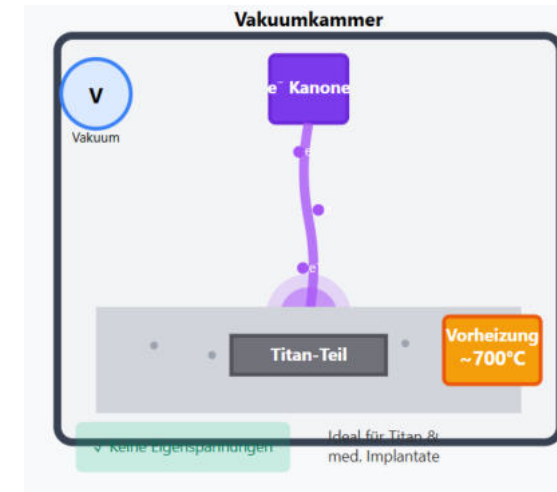
Architektur

Beschreibung

Ein Elektronenstrahl schmilzt Metallpulver in einer Vakuumkammer schichtweise auf. Das Verfahren arbeitet bei höheren Temperaturen als SLM und ist besonders für reaktive Metalle wie Titan geeignet.

Vorteile: Sehr hohe Baugeschwindigkeit, exzellente mechanische Eigenschaften, geringere Eigenspannungen, ideal für Titan

Nachteile: Raue Oberfläche, sehr hohe Anschaffungskosten, Vakuumumgebung erforderlich, begrenzte Materialauswahl



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

200 × 200 × 350 mm bis 350 × 380 × 380 mm

Schichtdicke

50 - 200 µm

Genauigkeit

± 0,2 - 0,4 mm

Prozesstemperatur

700 - 1000°C

Heutige Einsatzgebiete

Medizinische Implantate

Orthopädie

Luft- & Raumfahrt

Titan-Komponenten

Hüft- & Knieprothesen

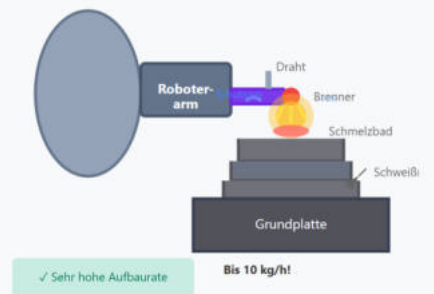
Turbinenteile

Beschreibung

Ein elektrischer Lichtbogen schmilzt Metaldraht auf und trägt ihn schichtweise auf. Basiert auf etablierter Schweißtechnik. Besonders geeignet für große Metallbauteile mit hohen Aufbauraten bis zu 10 kg/h.

Vorteile: Sehr hohe Aufbauraten, große Bauteile, kostengünstig, etablierte Materialien, geringe Materialverschwendung

Nachteile: Raue Oberfläche, Nachbearbeitung nötig, geringe Detailgenauigkeit, thermische Verzüge



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

1000 × 1000 × 1000 mm bis unbegrenzt
(mit Roboter)

Schichtdicke

1 - 5 mm

Aufbauraten

1 - 10 kg/h

Materialien

Stahl, Titan, Aluminium, Nickel-Legierungen



Heutige Einsatzgebiete

Fassadenelemente

Freiformstrukturen

Brückenbau

Tunnelsanierung

Architektonische Bauteile

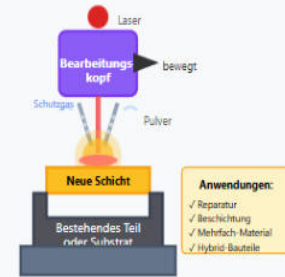
Bewehrte Betonelemente

Beschreibung

Metallpulver oder -draht wird durch eine Düse zugeführt und gleichzeitig durch einen Laser, Elektronenstrahl oder Plasmastrahl aufgeschmolzen. Besonders geeignet für Reparatur und Beschichtung bestehender Bauteile.

Vorteile: Reparatur möglich, Mehrfachmaterialien, große Bauteile, hohe Aufbaurrate, Beschichtung

Nachteile: Geringere Genauigkeit als Pulverbett-Verfahren, raue Oberfläche, komplexe Prozesssteuerung



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

500 × 500 × 500 mm bis 1500 × 1500 × 1500 mm

Schichtdicke

0,25 - 2 mm

Aufbaurrate

0,5 - 4 kg/h

Genauigkeit

± 0,5 - 1 mm

Heutige Einsatzgebiete

Bauteilreparatur

Turbinenschaufeln

Verschleißschutz-Beschichtungen

Luft- & Raumfahrt

Werkzeugbau

Hybride Bauteile



Bau-Verfahren

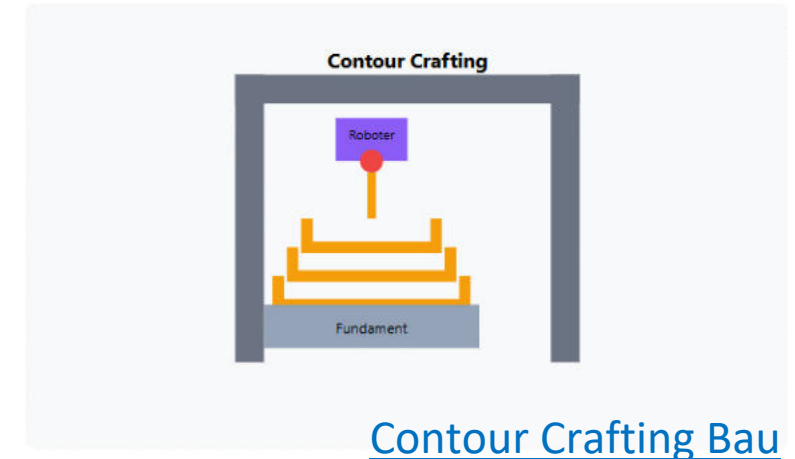
Großformatige additive Fertigung für Bauanwendungen

Beschreibung

Spezieller Beton wird durch eine große Düse extrudiert und schichtweise aufgetragen, um Wände und Gebäudestrukturen zu erstellen. Ein Roboterarm oder ein Portalsystem bewegt sich entlang vorprogrammierter Bahnen. Keine Schalung erforderlich.

Vorteile: Schneller Hausbau (ca. 20 Std. für 230 m²), weniger Arbeiter nötig, Designfreiheit, reduzierter Abfall

Nachteile: Begrenzt auf einfache Geometrien, Installation vor Ort komplex, Bewehrung muss separat integriert werden



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

Bis zu 12 × 12 × 6 m (ein Haus)

Schichtdicke

10 - 50 mm

Druckgeschwindigkeit

1 - 2 m/min (linear)

Bauzeit

20 - 48 Stunden für ein Einfamilienhaus

Heutige Einsatzgebiete

Sozialwohnungen

Notunterkünfte

Kommerzielle Gebäude

Brücken

Schallschutzwände

Infrastruktur

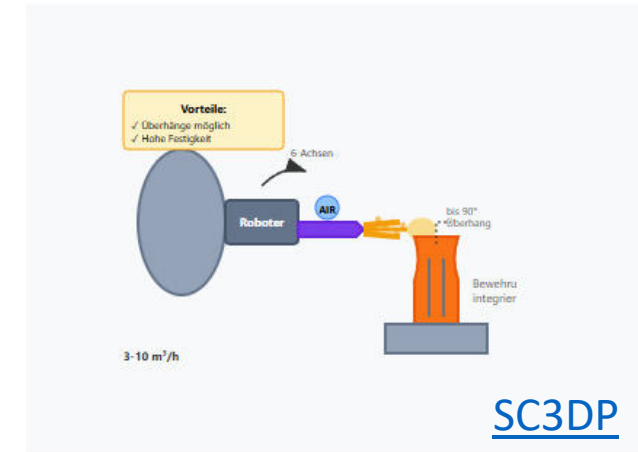
Militärbauten

Beschreibung

Beton wird mit hoher Geschwindigkeit durch Druckluft auf eine Oberfläche gespritzt. Ein 6-Achsen-Roboter positioniert die Spritzdüse präzise. Ermöglicht auch vertikale Überhänge und die Integration von Bewehrung während des Druckprozesses.

Vorteile: Hohe interschichtfestigkeit, horizontale Überhänge möglich, Bewehrung integrierbar, flexible Bauformen

Nachteile: Materialverlust durch Rückprall, raue Oberfläche, komplexe Steuerung, hoher Energieverbrauch



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

Abhängig von Roboterreichweite: 3 - 15 m Radius

Schichtdicke

20 - 80 mm

Spritzgeschwindigkeit

3 - 10 m³/h

Überhangwinkel

Bis zu 90° (vertikal)

Heutige Einsatzgebiete

Fassadenelemente

Freiformstrukturen

Brückenbau

Tunnelsanierung

Architektonische Bauteile

Bewehrte Betonelemente



Medizin und Nahrungsmittel



Beschreibung

Bioprinter können mehrere Fertigungstechnologien in einer Maschine vereinen. Dazu zählen extrusionsbasierte Verfahren, lichtbasierte Verfahren und tröpfchenbasierte Verfahren.

- Extrusionsbasierte Verfahren: Pneumatische Systeme, Kolbenextrusion (Spritzenextrusion), Exzentrerschneckenextruder, Schneckenextruder (-> FDM)
- Lichtbasierte Verfahren: z. B. „Laser-Guided Direct Writing “, „Laser-Induced Forward Transfer “ (LIFT), Stereolithographie
- Tröpfchenbasierte Verfahren: z. B. Inkjet-Printing

Vorteile: bei Nutzung eigener Körperzellen kein Abstoßung, Ersatz Organspende, CO² neutral

Nachteile: teilweise Stützstrukturen nötig (GEL), zur Zeit Gewebemix nicht stabil, teuer



3D Bioprinting

Heutige Einsatzgebiete

Gewebe (Haut, Knorpel, Zähne)

Fleisch

Experimentell (Blutgefäße, Knochen, Herz, Lunge, Leber, Nieren)

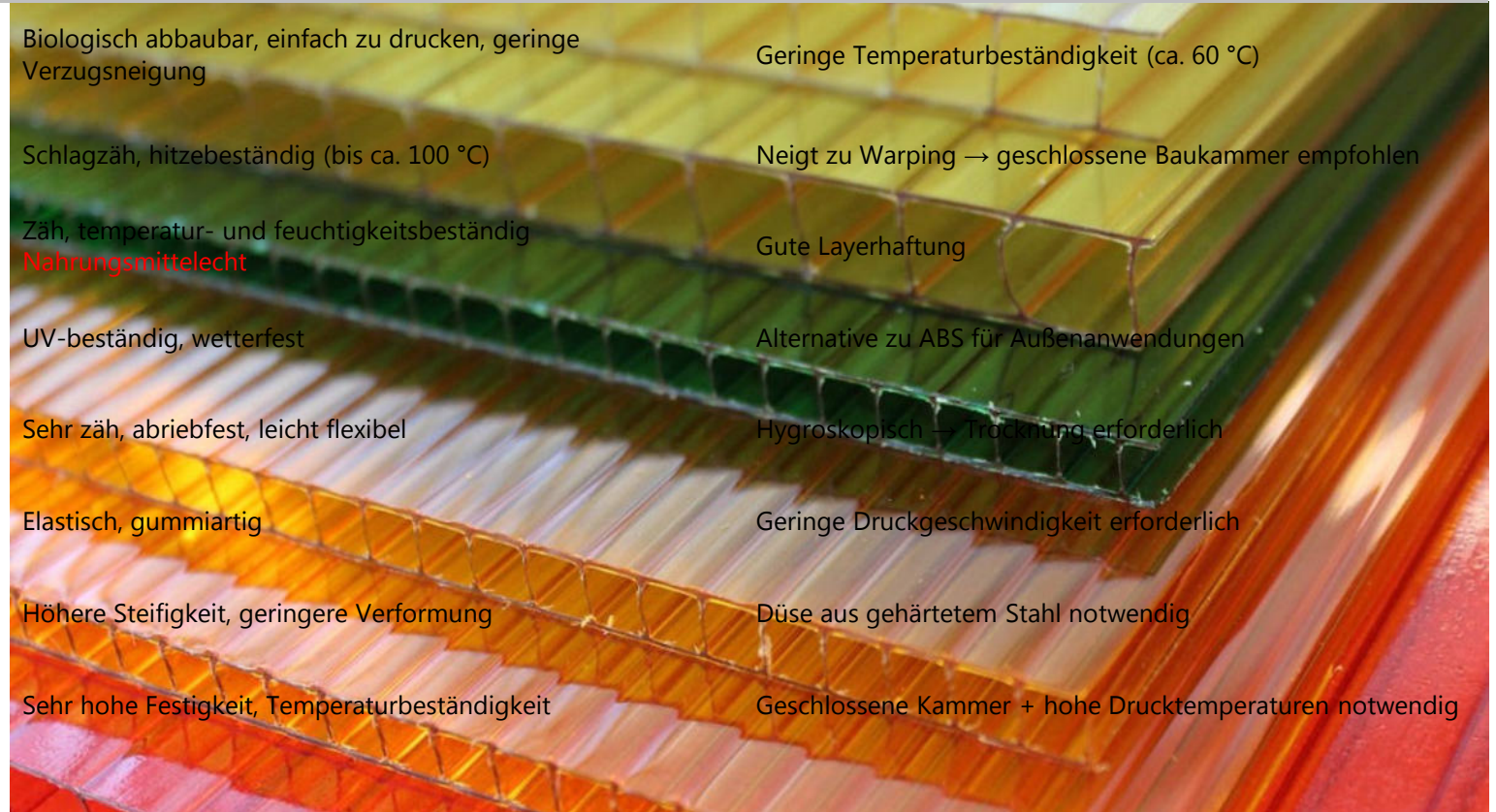
Erweiterung FDM



Einsatzbare Materialien mit typischen Anwendungsfällen

Typische Filamente (Kunststoffe) sind:

Material		Eigenschaften	Bemerkungen
PLA (Polylactid)		Biologisch abbaubar, einfach zu drucken, geringe Verzugsneigung	Geringe Temperaturbeständigkeit (ca. 60 °C)
ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)		Schlagzäh, hitzebeständig (bis ca. 100 °C)	Neigt zu Warping → geschlossene Baukammer empfohlen
PETG (Polyethylenterephthalat Glykol)		Zäh, temperatur- und feuchtigkeitsbeständig Nahrungsmittelleicht	Gute Layerhaftung
ASA (Acrylnitril-Styrol-Acrylat)		UV-beständig, wetterfest	Alternative zu ABS für Außenanwendungen
Nylon (PA6, PA12)		Sehr zäh, abriebfest, leicht flexibel	Hygroskopisch → Trocknung erforderlich
TPU / TPE (flexible Materialien)		Elastisch, gummiartig	Geringe Druckgeschwindigkeit erforderlich
CF-gefüllte Filamente (z. B. PLA+CF, Nylon+CF)		Höhere Steifigkeit, geringere Verformung	Düse aus gehärtetem Stahl notwendig
PC (Polycarbonat)		Sehr hohe Festigkeit, Temperaturbeständigkeit	Geschlossene Kammer + hohe Drucktemperaturen notwendig





Mechanische Eigenschaften (Vergleich)

Werkstoff / Verfahren	Zugfestigkeit	Steifigkeit / E-Modul	Bemerkung
PLA (FDM)	50–70 MPa	3,5 GPa	Spröde, stabil in XY-Richtung
ABS (FDM)	35–45 MPa	2 GPa	Z-Achse ~30 % schwächer
Nylon (FDM)	40–75 MPa	1,7 GPa	Sehr zäh, flexibel
Spritzguss-ABS	45–55 MPa	2 GPa	Homogen, isotrop
Aluminium (z. B. AlSi10Mg)	~300 MPa	~70 GPa	Sehr hohe Steifigkeit



➡ **Fazit:** FDM-Bauteile erreichen ca. **30–70 % der Festigkeit** eines spritzgegossenen Kunststoffes, bei deutlich geringerer Z-Festigkeit.

Megapascal (MPa - Metrisch), druck



Verarbeitungshinweise

Aspekt	Empfehlung
Temperatursteuerung	Beheiztes Druckbett (z. B. 60–110 °C) verhindert Warping
Einhausung	Stabilisiert Temperatur, verhindert Zugluft und Schrumpfverzug
Feuchtigkeit	Filamente trocken lagern, ggf. vor dem Druck trocknen
Düsengröße	Typisch 0,4 mm; kleinere Düsen (0,2 mm) für höhere Detailgenauigkeit
Schichthöhe	0,05 – 0,3 mm (feine Auflösung = längere Druckzeit)
Kühlung	PLA benötigt aktive Kühlung, ABS eher keine (Rissbildung!) Klebstoff, BuildTak, PEI-Platte oder Magigoo zur Haftverbesserung Achtung Fett auf Druck-Blech vermeiden!
Haftung auf Druckbett	Reinigen des Druckbettes Standardmäßig mit Isopropanol. Tiefergehende Reinigung zunächst mit Spülmittel und Wasser versuchen in Ausnahmefällen mit Aceton reinigen
Nachbearbeitung	Schleifen, Lackieren, Dampfglätten (z. B. bei ABS mit Aceton)



Vorteile und Nachteile

-
- ☒ **Geringe Kosten** für Maschine und Material
 - ☒ **Einfache Handhabung und Wartung**
 - ☒ **Große Materialauswahl** (auch Verbundwerkstoffe)
 - ☒ **Schnelle Umsetzung** von Prototypen und Einzelstücken
 - ☒ **Geringer Materialverlust** (additives Verfahren)
 - ☒ **Teile können funktional getestet werden**
-
- ☒ **Schichtlinien sichtbar**, Oberfläche meist rau
 - ☒ **Anisotrope Festigkeit** (Z-Achse schwächer als X/Y)
 - ☒ **Geringere Maßgenauigkeit** als bei SLA oder SLS
 - ☒ **Materialschrumpfung und Warping** bei bestimmten Kunststoffen
 - ☒ **Begrenzte Temperatur- und Chemikalienbeständigkeit**
 - ☒ **Mechanische Eigenschaften deutlich unter Spritzgussniveau**



Ergänzende Hinweise

- **Mehrfarb- und Multimaterialdruck** durch Mehrfachextruder möglich
- **Supportstrukturen** erforderlich bei Überhängen $> 45^\circ$ (Prusa bis 60°)
- **CAD-Design anpassen:** Fasen, Stützstrukturen, Wandstärken $> 1\text{ mm}$
- **Nachhaltigkeit:** PLA umweltfreundlich, Recycling von Filamentresten möglich
- **Software:** Slicer wie PrusaSlicer, Cura, Bambu Studio, Simplify3D, OcraSlicer

Slicing



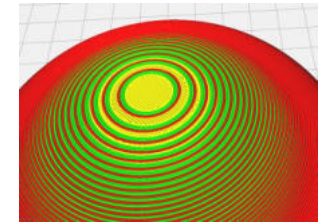
Slicing

Mit den Slicing-Einstellungen entscheidest du über die Qualität deines Druckergebnisses. Durch das Slicing wird das 3D-Modell auf der Basis deiner Einstellungen in zweidimensionale Schichten zerlegt.

Schichthöhe

Alternative Bezeichnung:

Layerhöhe



Die Schichthöhe spielt eine zentrale Rolle für die Qualität des Druckes. Hier wird auch von der Layerhöhe gesprochen.

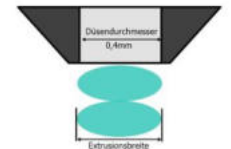
Die oft verwendeten Schichthöhen reichen von 0,02mm bis 0,5mm.

Bei einem hochqualitativen Druck liegt die Layerhöhe in der Regel bei 0,10mm oder niedriger. Bedenke – je kleiner die Schichthöhe, desto länger dauert der Druck.

Extrusionsbreite

Alternative Bezeichnung:

Linienbreite



Hier wird im Allgemeinen von der Linienbreite gesprochen, also die Breite des gedruckten Filamentfadens.

Diese wird von der Nozzlegröße vorbestimmt. Kleine Abweichungen vom Nennwert (negativ) der Düse können zu besseren Druckergebnissen führen. Hier sollte man es aber nicht übertreiben.



[Non-Planar 3D printing](#)

Tipps und Tricks



Tipps und Tricks

Erhöhung der Steifigkeit

- **Druckgeschwindigkeit reduzieren**
- **Ausrichtung des Bauteiles so, das die Belastungsrichtung nicht i der Z-Ebene liegt**
- **Perimeter (vertikale Konturhülle) verdoppeln zu Standard**
- **Infill-Füllmuster nicht Gitternetz, sondern eher kubisch**
- **Druckdüsendurchmesser kleiner angeben (bis max. 80%)**
- **Teil in Teil drucken. Soll heißen, in einen Winkel einen kleineren Winkel integrieren, der aber als Einzelteil behandelt wird.**
- **In zu belastende Winkel einen Radius vorsehen.**



CAD Tools

- [Autodesk Fusion kostenlos herunterladen | Kostenlose Testversion | Autodesk](#) für Profis
- [Tinkercad](#)
- [Figuro: Easy 3D Modeling Online](#)
- [3D modeling software | Free online cad for everyone](#)
- [FreeCAD: Ihr parametrischer 3D-Modellierer](#) soll alles können!



3D Modelfundus

-
- [3D-Modell-Datenbank | Printables.com](#)
 - [Thingiverse - Digital Designs for Physical Objects](#)
 - [Beste 3D-Modelle von Autos, Objekten und mehr - 3DModels Shop](#)
 - [3D-Modelle für Experten :: TurboSquid](#)
 - [Cults ▪ Laden Sie kostenlose 3D-Drucker-Modelle ▪ STL, OBJ, 3MF, CAD](#)
 - [Find all 3D models to download - Creality Cloud](#)
 - [3D-Modelle – MakerWorld](#)
 - [3D-Drucker-Vorlagen kostenlos: Die besten Seiten | All3DP](#)
 - [3D-Modelle kostenlos - Free3D.com](#)

Und viele mehr!

Teilweise sind die Modelle kostenpflichtig!!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fused Deposition Modeling (FDM+)

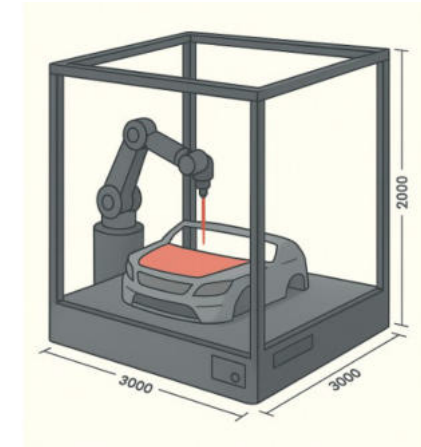
Auch: Fused Filament Fabrication (FFF)

Beschreibung

Das verbreitetste 3D-Druckverfahren. Thermoplastischer Serien-Kunststoff wird als Filament erhitzt und schichtweise durch eine Düse aufgetragen. Das Material erstarrt beim Abkühlen.

Vorteile: Günstig, große Materialvielfalt, einfache Bedienung, wartungsarm

Nachteile: Sichtbare Schichtlinien, Stützstrukturen nötig, begrenzte Detailgenauigkeit



Technische Spezifikationen

Bauraum (typisch)

3000 x 3000 x 2000 mm

Schichtdicke

80 - 150 μ m

Genauigkeit

$\pm 0,3$ mm



Heutige Einsatzgebiete

Fahrzeugkomponenten

Prototypen