



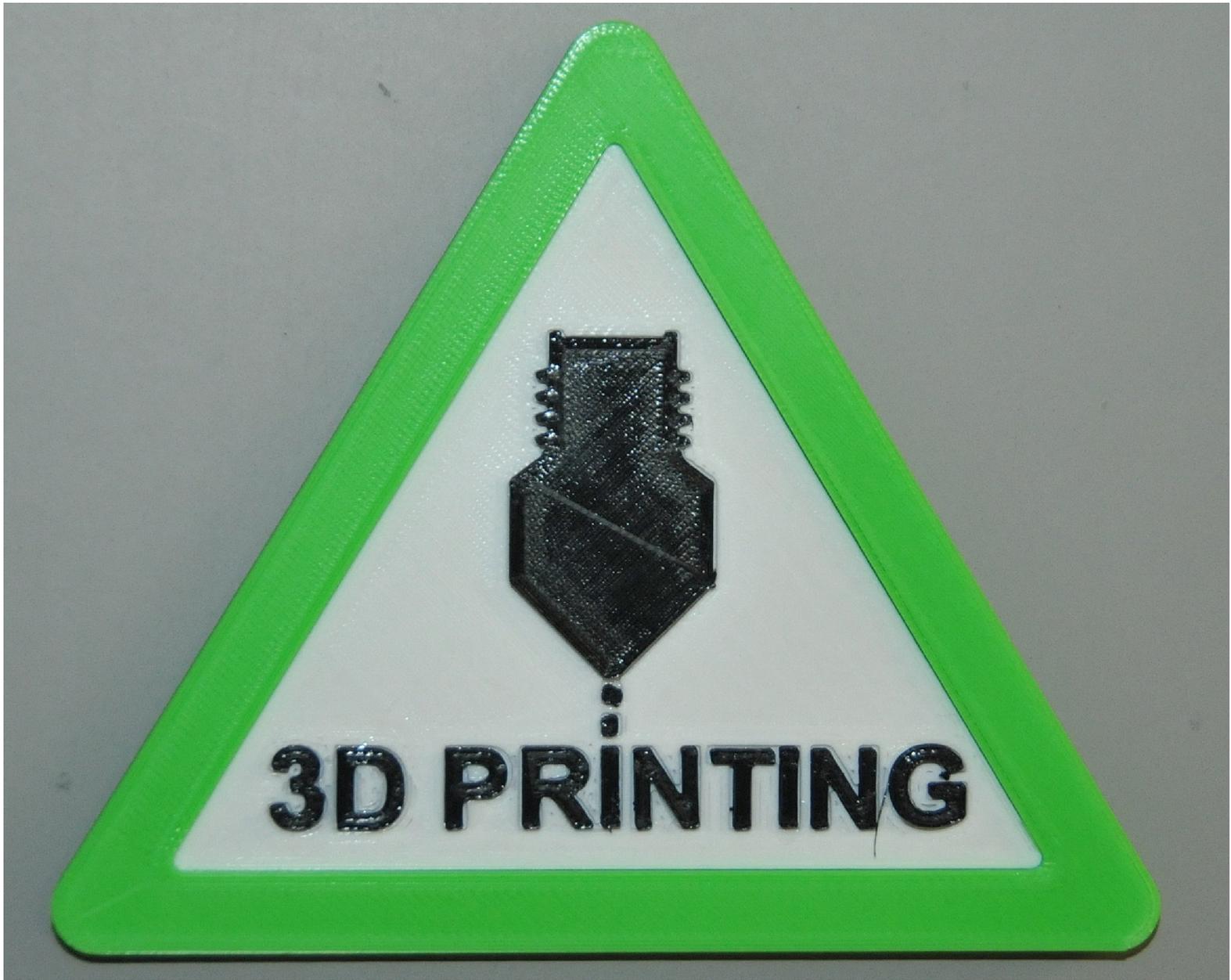
3D Drucktechnik

-Heute und in Zukunft-



Referenten:
Erwin Beilfuss
Leonhard Deutsch

Vortrag am 12.11.2019



3D PRINTING

Schüler programmieren 3D-Drucker

Mechatronik AG am Gymnasium Oberursel kooperiert mit Darmstädter Hochschule



Fertigen von Bauteilen;

Geschichte und Zukunft

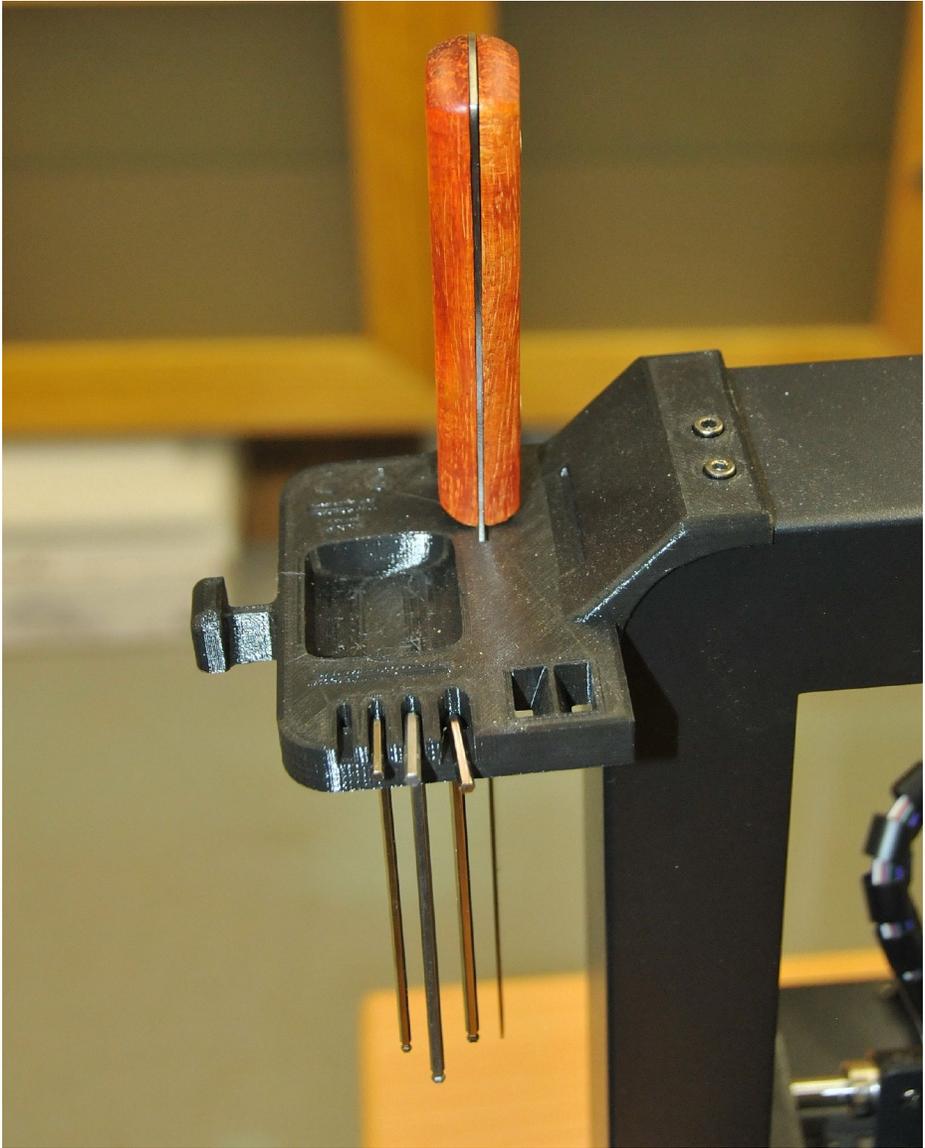
- **Bisher**: Fertigen von Bauteilen bei großen Stückzahlen wirtschaftlich möglich; -Standard-
- **Heute**: Durch das Anwenden der 3D Drucktechnik, ist das Fertigen von Bauteilen, auch bei kleinen Stückzahl wirtschaftlich möglich.
(Stückkosten bis zu 70% günstiger)
- **Zukünftig**: Durch 3D-Drucktechnik werden viele neue Anwendungen und Fertigungsverfahren möglich die bisher noch nicht bekannt sind.

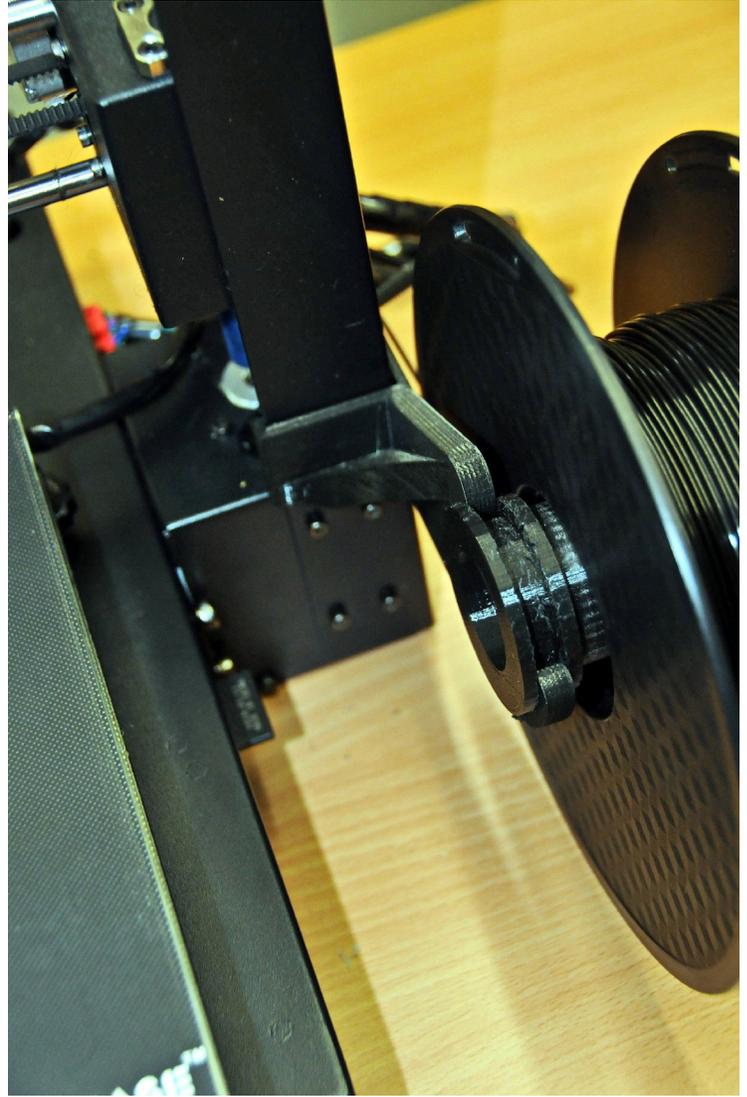
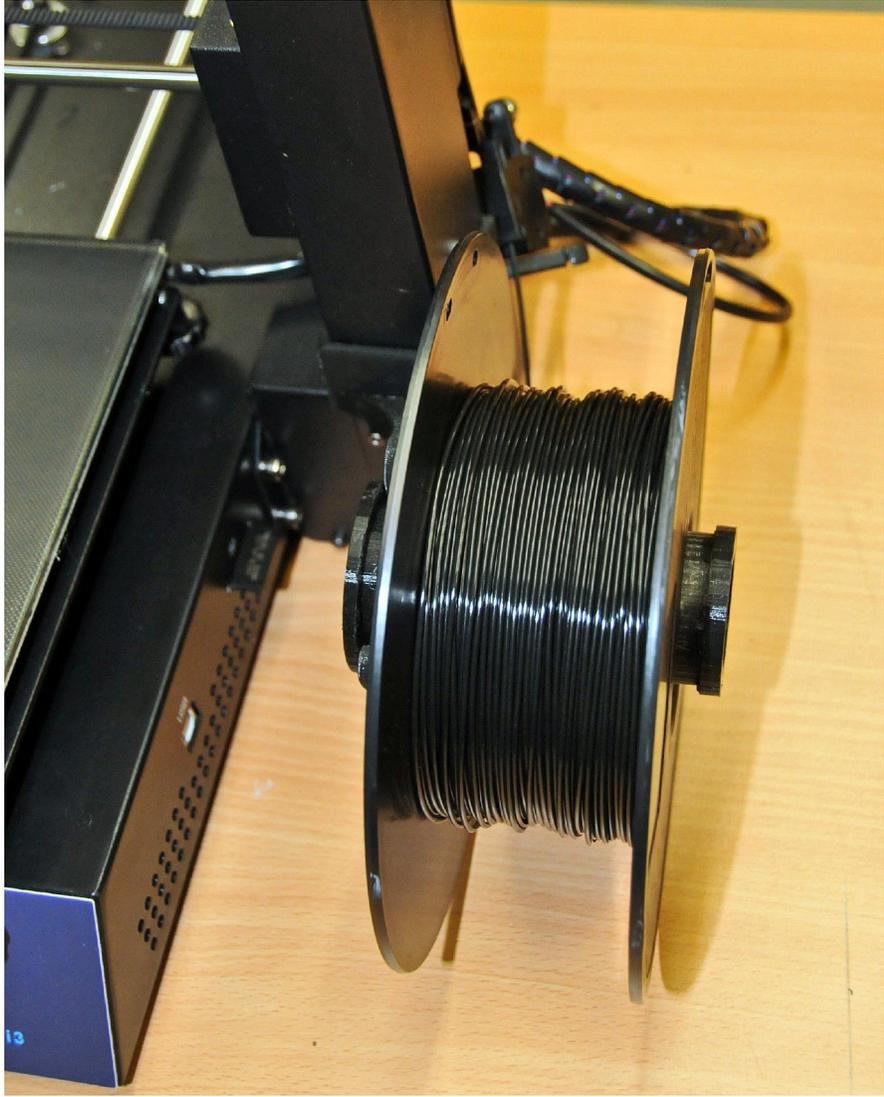
Fertigen von Bauteilen;

Was ist für den 3D Druck erforderlich?

- Datenverarbeitung (Computer)
- Software
 - CAD Programme
 - Umwandlung der Daten in Maschinencode
- Hardware
- Lasertechnik
- Geeignetes Druckmaterial







Verschiedene 3D Druckverfahren

- Für den Einsatz im Privatbereich
 - FDM-Verfahren (= Fused Deposition Modelling)
- Für den Einsatz nur im Industriebereich
 - FDM-Verfahren (= Fused Deposition Modelling) in hoher Qualität und mit spezielle Kunststoffen
 - Selektive Laserschmelzen (SLM) als „3D Druck Metall“ bekannt
 - Selektive Schweißschmelze als „3D Druck Metall“
 - Stereolithographie (SLA/STL)
 - Polyjet-Verfahren
 - Multijet Fusion (MJF)

FDM-Verfahren (= Fused Deposition Modelling)

Beim FDM-Verfahren liegt das Ausgangsmaterial als ein thermoplastischer Kunststoffdraht (=Filament) vor, der von einer Spule abgewickelt wird.

Das Filament wird in eine beheizte Düse geführt und verflüssigt. Die Düse legt dann Faden auf Faden über- und nebeneinander. Die halbflüssigen Kunststoffäden verschmelzen an ihrer Oberfläche miteinander und bilden einen festen Körper.

Hauptvorteil des Verfahrens ist die große Materialbandbreite aus verschiedenen Thermoplasten. Es wird damit also Originalmaterial verwendet, wie es später in der Serie, zum Beispiel im Spritzguss, auch eingesetzt wird.

FDM-Verfahren

Das FDM-Verfahren (= Fused Deposition Modelling) hat sich in letzter Zeit vor allem im Consumer-Markt einen Namen gemacht.

Einfache FDM-Drucker sind hier schon für wenige hundert Euro erhältlich.
(100€ – 600 € +++)

Die Druckergebnisse mit den einfachen FDM-Drucker genügen nicht den Anforderungen der Industrie.

In der Industrie sind beim 3D-Druck eine Vielzahl von Materialien zu verarbeiten und es werden 3D-Druckteile mit hoher Genauigkeit gefordert.

Hochwertige 3D-Drucker kommen zum Einsatz. (10.000 € - 30.000 € +++)

FDM-Verfahren (Industrie)

Verwendete Kunststoffe in der Industrie

- Aus industrieller Sicht interessant sind vor allem die verfügbaren Hochtemperaturmaterialien wie Ultem, die neben einer hohen Festigkeit zugleich eine hohe chemische Beständigkeit aufweisen.
- Damit lassen sich hervorragend Vorrichtungen und individuelle Spannmittel erzeugen, die sonst aufwendig aus Halbzeug gedreht und gefräst werden müssten.
- Teilweise können beim FDM-Verfahren auch Endlosfasern aus Carbon oder Glasfaser eingesetzt werden, um die Bauteile zu verstärken.

Nachteile:

- Zum Nachteil gereicht dem Verfahren, dass es relativ langsam abläuft und immer nur ein Einzelteil gebaut werden kann. Der Einsatz beschränkt sich daher auf Einzelteile wie Prototypen und Vorrichtungen. Ebenfalls nachteilig ist die raue Oberfläche, die sich aus dem Nebeneinanderlegen der Kunststoffäden ergibt. Für Sichtteile ist das Verfahren daher weniger gut geeignet.
- **Anwendungen:**
- Prototypen und Einzelteile
- Vorrichtungen
- Spannmittel
- Werkzeuge

3D Druck Metall Selektive Laserschmelzen (SLM)

Beim selektiven Laserschmelzverfahren, zur Herstellung dreidimensionaler Metallteile, handelt es sich prinzipiell um ein Schweißverfahren.

In der grundlegenden Funktion ist SLM also direkt verwandt mit den bekannten Elektroden- oder Schutzgas-Schweißverfahren.

Die Unterschiede:

Statt eines Lichtbogens dient bei SLM ein Laser als Wärmequelle, der das in Pulverform vorliegende Metall in einer inerten Atmosphäre verschweißt. Als Schutzgas wird reines Argon verwendet. Der Schweißprozess läuft zur Stabilisierung unter Vakuum ab.

Das selektive Laserschmelzen zählt zu den additiven Fertigungsverfahren und ist umgangssprachlich auch als **3D-Druck Metall** bekannt.



Anwendungsbeispiele

„Tor zur Zukunft“ aus dem Drucker

Das Deutsche Museum in München wird umgebaut und erhält einen futuristisch anmutenden Eingang hinter einer 750 Quadratmeter großen 3D-Druck-Fassade.

Die etwa 1 x 1 Meter großen Fassadenelemente, für deren Erstellung die 3D-Druck-Technologie der Firma BigRep verwendet wird, sollen mit ihren Wölbungen für eine maßgeschneiderte Verschattung und Akustik sorgen.

„Tor zur Zukunft“ aus dem Drucker



Deutsches Museum in München
neue 3D-Druck-Fassade im Eingangsbereich

Mauerziegel aus dem Drucker

BAU 2019: UNIPOR ZEIGT 3D-DRUCK VON MAUERZIEGELN

Ein Forschungsprojekt der Unipor-Gruppe macht den 3D-Druck jetzt auch für die Mauerwerksproduktion nutzbar.

Der 3D-Druck von Mauerziegeln eröffnet neue Möglichkeiten:

Eine individuelle Gestaltung des Ziegelinneren war jedoch bislang unmöglich beziehungsweise bei kleinen Stückzahlen zu teuer.

Mauerziegel aus dem Drucker



„Gedruckte“ Unipor-Mauerziegel sind Sonderanfertigungen, die etwa aufgrund ihrer Geometrie bestimmte Funktionen im Gebäudebau übernehmen können.

Sie werden herkömmlichen Mauerziegeln in der Anwendung zur Seite gestellt..

Erste 3D-gedruckte Brücke



Autocad-gestütztes 3D-
Metalldruck-Verfahren

Erste 3D-gedruckte Brücke



Quelle: Autodesk / MX3D, Evelyn Denda

Die im 3D-Metalldruckverfahren entwickelte Brücke während des Fertigungsprozesses.

„Druck Dich“ in 3D



Unsere doobs ... (Figuren)

... bestehen aus Gipspolymer und gelten aufgrund ihrer fragilen rauen Struktur als Anschauungsobjekte.

Das Material ist empfindlich und mag keine Sonneneinstrahlung, mechanische Belastung oder Flüssigkeiten aller Art.

„Druck Dich“ in 3D



... scannt Dich innerhalb von nur 0,01 Sekunden. Dabei werden ganz viele Einzelaufnahmen von Dir aus verschiedenen Perspektiven gemacht.

Keine Angst! Es tut nicht weh und ist natürlich auch nicht gefährlich.

Spektakuläre Fortschritte der Medizintechnik

- **3D-DRUCKER HELFEN, GESICHTER ZU REKONSTRUIEREN**

Nach schweren Unfällen oder Krebserkrankungen müssen in aufwendigen Operationen oft Gesichter mit Implantaten rekonstruiert werden.

Die fehlenden oder zerstörten Gesichts- oder Kieferknochen werden dabei durch Implantate ersetzt.

Moderne Werkzeugmaschinen wie 3D-Drucker machen den Mediziner ihr Handwerk aber bereits mit zunehmender Verbreitung leichter.

So werden mit einem auf Laser-Technik basierendem 3D-Drucker exakt angepasste und saubere Implantate aus Titan gefertigt.

Spektakuläre Fortschritte der Medizintechnik

- **ORGANE AUS DEM 3D-DRUCKER STEHEN IN DEN STARTLÖCHERN**

Trotz etlicher Fortschritte in jüngster Zeit bleiben komplexe menschliche Organe aus dem 3D-Drucker noch ein Traum.

Mit „Biodruckern“ die Zellen in einer flüssigen Matrix zu Strukturen „drucken“ können, lassen sich bislang nur wenige verschiedene Zelltypen „additiv“ zusammensetzen.

„Einfachere“ Strukturen wie hautähnlich zumindest zweischichtige Gewebestücke, etwa zur Abdeckung und besseren Heilung großflächiger Wunden lassen sich dagegen bereits produzieren. Auch Ohrmuscheln aus Knorpelmasse wurden bereits erfolgreich gedruckt und implantiert.

Erst im März 2019 gelang es südafrikanischen Medizinerinnen; ein Mittelohr aus dem 3D-Drucker erfolgreich einzusetzen.

Stereolithographie (SLA/STL)

Die Stereolithographie ist das älteste 3D-Druckverfahren auf dem Markt. Bereits Anfang der 80er-Jahre wurden die ersten Systeme hergestellt. Bis sie dann prozesssicher waren und auf den Markt kamen, dauerte es noch einige Zeit.

Ende der 80er-, Anfang der 90er-Jahre fanden die ersten frei verfügbaren Maschinen ihre Anwender.

Der SLA-Prozess und die Vorteile:

- Als Baumaterial wird ein UV-lichtempfindliches Harz (Photopolymer) eingesetzt, das durch einen UV-Laser ausgehärtet wird. Die Schichtinformationen werden in Lagen à 0,125 Millimeter Höhe (generell bei VMR) aufgebaut. Hinterschnitte und Überbauungen werden mit einer aus dem gleichen Material gebauten Stützstruktur gestützt. Das von VMR eingesetzte Photopolymer Watersched XC 11122 verfügt über ABS-ähnliche Eigenschaften und ist glasklar transparent. So eignet es sich sehr gut, um beispielsweise Lichtleiter und Sichtscheiben zu bauen. Aber auch für Urmodelle für Vakuumguss oder PA-Guss setzen wir es bevorzugt ein, weil es eine hohe Abbildungsgenauigkeit ermöglicht. Mit entsprechender Nachbearbeitung können sehr glatte Oberflächen erreicht werden, so dass die Teile auch hohen optischen und haptischen Anforderungen entsprechen.

Selektives Lasersintern (SLS)

- Das SLS-Verfahren ist ebenfalls seit vielen Jahren auf dem Markt und daher das Verfahren, das am weitesten verbreitet ist. Es gibt kaum einen Entwickler, der die typischen weißen und rauen Teile nicht kennt – Teile die sich teilweise extrem belasten lassen, ohne zu brechen.
- **Der SLS-Prozess und die Vorteile:**
- Das SLS-Verfahren ist ein Pulverbett-Verfahren. Das bedeutet, dass ein Laser das auf die Substratplatte (=Bauplattform) aufgetragene Pulver Schicht für Schicht verschmilzt, bis ein vollständiger 3D-Körper daraus entstanden ist. Stützstrukturen an und zwischen den Teilen sind hier (im Gegensatz zum 3D-Druck in Metall) nicht notwendig. Die Teile werden im Bauraum allein durch das Pulverbett gestützt. So kann der Bauraum über und über mit Teilen vollgepackt werden, was je Baulauf zu maximaler Ausbringung, hoher Effektivität und damit günstigen Preisen für die Einzelteile führt. Die Teile sind relativ genau und lassen sich – solange keine hohen Umgebungstemperaturen herrschen – gut als einfache und belastbare Anschauungs- und Funktionsmuster einsetzen, an die geringe optische und haptische Anforderungen gestellt werden. Verfügbare Materialien sind meist PA11 und PA12 mit und ohne Brandschutzausrüstung

- **Die Nachteile:**

- Hauptsächlicher Nachteil ist die begrenzte Einsatzfähigkeit von unlackierten SLA-Teilen. Da das Material als Photopolymer fortwährend UV-Licht aufnimmt, versprödet es relativ schnell. Es nimmt ferner Luftfeuchtigkeit auf und verändert so seine Materialeigenschaften innerhalb von einigen Wochen. Lackierte Teile sind vor Licht und Feuchtigkeit geschützt. Bei Urmodellen spielt dies keine Rolle, da hier nicht die Notwendigkeit der langen Lagerung besteht.

- **Anwendungen:**

- Prototypen
- Messemuster und Modelle mit hohem Anspruch
- Urmodelle für den Vakuumguss

Polyjet-Verfahren

- Das Polyjet-Verfahren haben wir seit Anfang der 2000er-Jahre im Einsatz. Die Besonderheit des Verfahrens ist die hohe Auflösung mit nur 0,016 Millimeter pro Baustufe. Damit lassen sich sehr genaue Bauteile auch mit dünnen Wandstärken ab 0,1 mm bauen. Auch in Optik und Haptik können Polyjet-Modelle überzeugen. Neben Polyjet wird auch häufig der Begriff Multijet-Modelling (MJM) verwendet.
- **Der Polyjet-Prozess und die Vorteile:**
- Durch einen Druckkopf mit 960 Materialdüsen, die in zueinander versetzten Reihen neben- und hintereinander angeordnet sind, wird ein flüssiger Kunststoff ausgespritzt, also wie im Tintenstrahldrucker tatsächlich gedruckt. Seitlich am Druckkopf finden sich starke UV-Leuchten, die das ausgespritzte Material sofort verfestigen. Daher handelt es sich beim Polyjet-Verfahren ebenfalls um ein Material aus Photopolymer. Die hohe Auflösung, die dünnen, möglichen Wandstärken und die Abbildung von kleinsten, feinsten Details sind die Hauptvorteile des Verfahrens. Wir setzen es daher sehr gerne auch für kleine Urmodelle für das Vakuumgießen ein.

- **Nachteile:**

- Da es sich beim Material um Photopolymer handelt, ist die Dauerhaltbarkeit der Teile begrenzt. Auch für mechanisch hoch belastete Prototypen eignet es sich weniger gut, weil das Material unter Last zum Fließen neigt. Hinterschneidungen und Überbauungen werden im Prozess mit einem wachsartigen Zusatzmaterial gestützt, das nach dem Aufbau des Bauteils wieder entfernt werden muss. Bei geschlossenen Teilen oder Teilen mit einkonstruierter Innenstruktur kann das sehr schwierig, aufwendig oder gar unmöglich sein.

- **Anwendungen:**

- Prototypen
- hoch funktionelle Einzelteile und Baugruppen
- Urmodelle für den Vakuumguss

Multijet Fusion (MJF)

- Das MJF-Verfahren ist seit etwa 2017 auf dem Markt und stellt eine Alternative zum SLS-Verfahren dar. Die Materialauswahl ist derzeit noch auf PA12 beschränkt. Der Hersteller HP hat aber weitere Materialien angekündigt.
- **Der MJF-Prozess und die Vorteile:**
- Das MJF-Verfahren ist ebenfalls ein Pulverbett-Verfahren. Mit Chemikalien, Lage für Lage in das Pulverbett gespritzt, werden die Bereiche markiert, die von starken Wärmeleuchten verschmolzen werden sollen. Der Hauptvorteil gegenüber dem SLS-Verfahren ist das geschlossene, homogene Gefüge wie bei einem Spritzgussteil. Das Verfahren zielt bereits schon heute auf die Fertigung von Kleinserien im 3D-Druck und stellt attraktive Teilepreise in Aussicht. Das MJF-Verfahren eignet sich für Anschauungs- und Funktionsmuster, an die geringe optische und haptische Eigenschaften gestellt werden.

- **Die Nachteile:**

- Als aktueller Nachteil ist die aktuell geringe Materialauswahl zu nennen. Die Oberfläche der Werkstücke ist ebenfalls rau, wenn auch etwas feiner als beim SLS. Nach dem Prozess und dem anschließenden Glasperlenstrahlen, um die Teile zu reinigen, sind sie unansehnlich grau. Nach einer Infiltrierung mit schwarzer Farbe halten sie dann auch optischen Ansprüchen stand.

- **Anwendung:**

- Prototypen
- Kleinserien im nicht sichtbaren Bereich



Besten Dank