

Konstruktion komplexer Geometrie zur
Realisierung mittels RP-Verfahren

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Motivation



- ca. 12% des Gesamtpreises eines Produktes entfallen auf die Konstruktion
- ca. 75% des Gesamtpreises werden durch die Festlegungen des Konstrukteurs bestimmt
- mittels RP kann geometrisch ist „fast“ jede Form hergestellt werden

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Allgemeine Konstruktionsrichtlinien

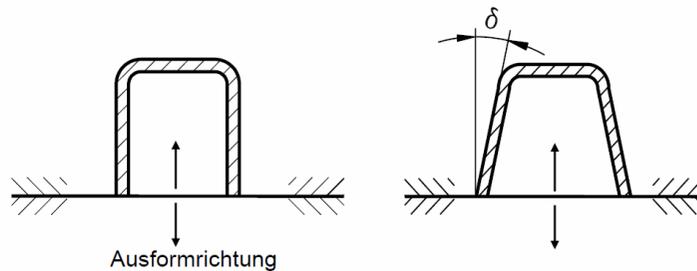
- Minimierung der Anzahl und der Vielfalt der Bauelemente
- Minimierung der Werkstoffvielfalt
- leichtes Abstimmen der Bauteile aufeinander ermöglichen
- für genormte Werkzeuge gestalten
- montagegerechte Konstruktion
- kraftgerechte Konstruktion
 - Steifigkeit zur Funktion und der gesamten Lebenszeit (Transport, Lagerung, Temperaturänderung,...)
 - Ressourcenschonend (minimale Wandstärke)
 - Inhomogenität in der Kraftleitung vermeiden (Oberflächenstörungen)
- statisch überbestimmte Konstruktionen vermeiden
- fertigungsgerechte Auslegung der Einzelteile

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

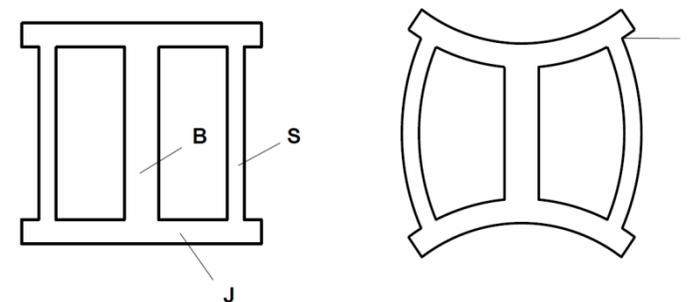
Allgemeine Konstruktionsrichtlinien Bsp. Spritzguss

Aushebeschrängen

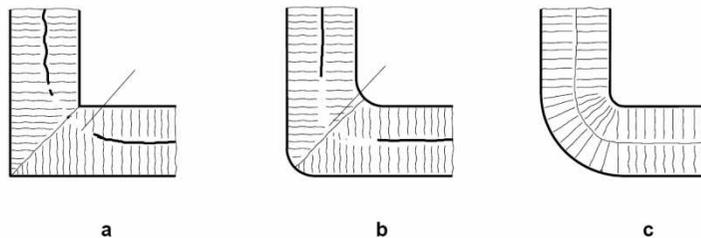
Schrägungswinkel in
Abhängigkeit von der Flächengröße



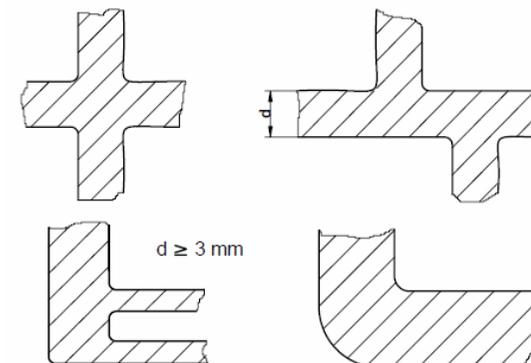
Deformation bei Abkühlung



Lunker

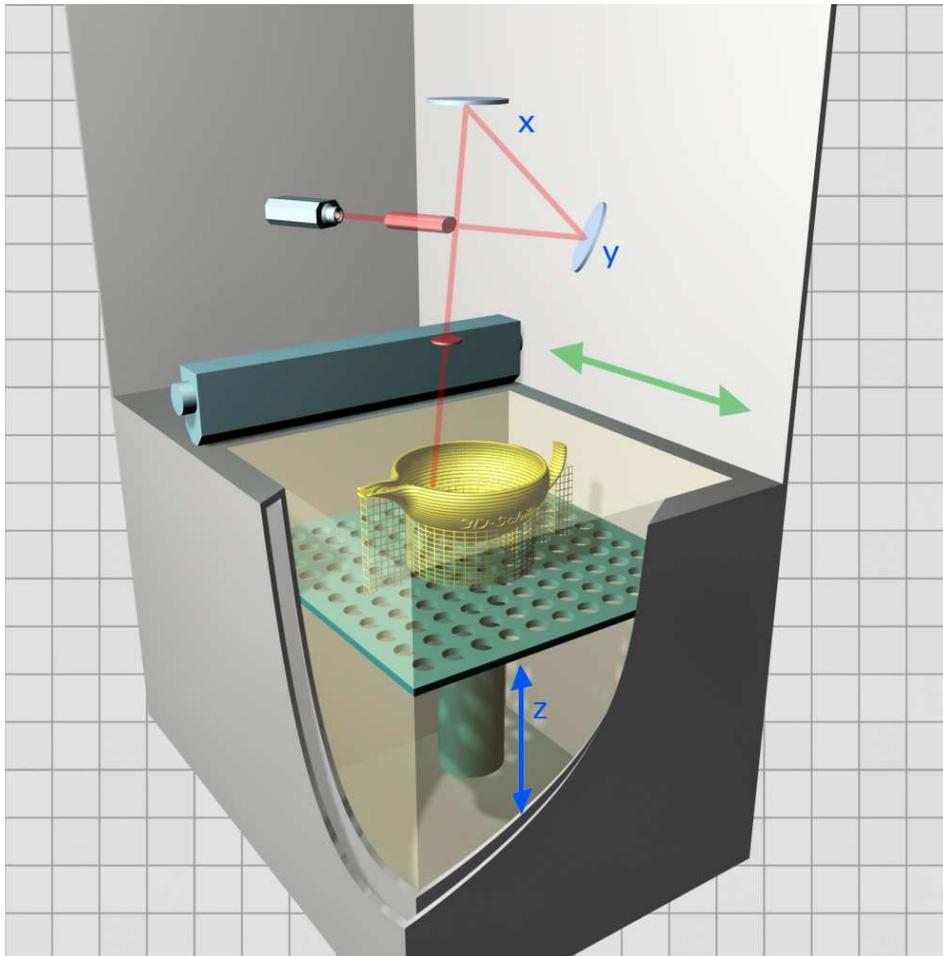


Materialanhäufungen



Quelle: [1]

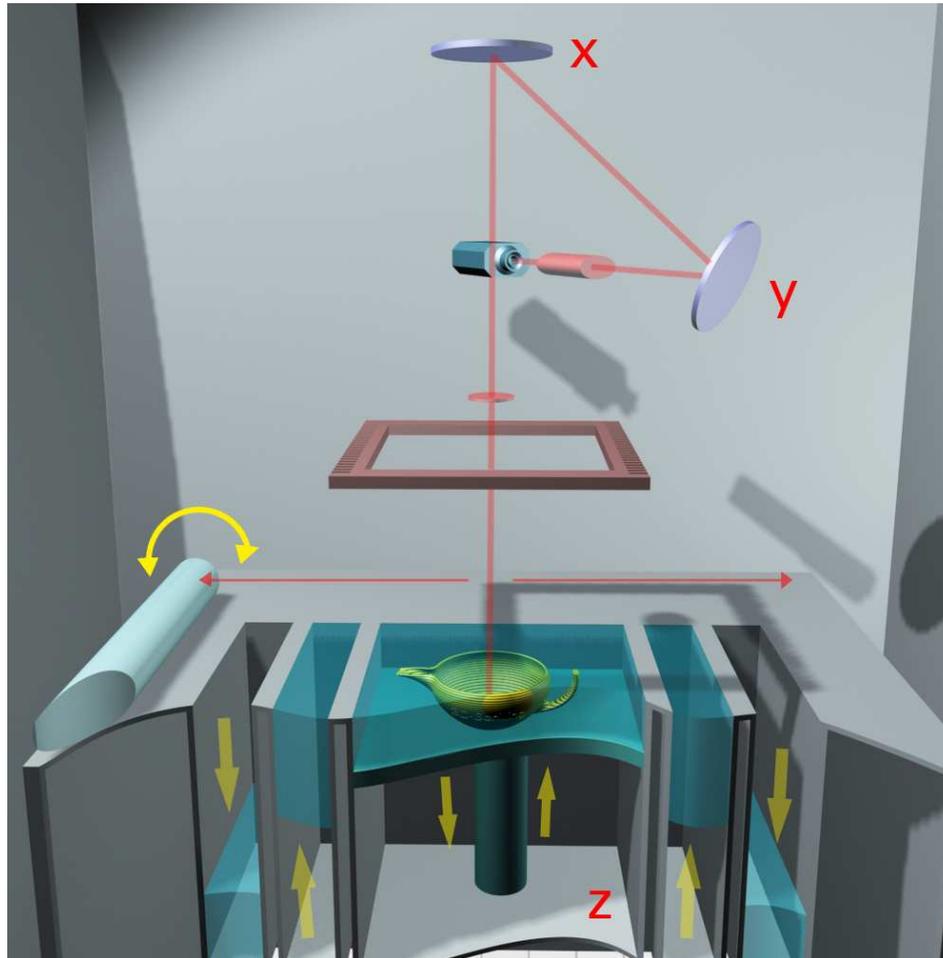
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren Stereolithografie



Gemäß des berechneten Datensatzes wird an der Oberfläche eines UV-härtenden (photochemisch-reaktiven) Flüssigharzes eine konturierte Schicht erzeugt. Durch Licht wird eine chemische Reaktion initiiert. Die Belichtung wird auf Basis der Information der jeweiligen Einzelschicht erzeugt. Bevorzugt erfolgt die Belichtung mittels Laser. Bei der Laserbelichtung wird die Fokusposition durch ein Scansystem (Ablenkspiegel für x und y) bestimmt.

Nach dem Aushärten einer Einzelschicht wird die Oberfläche neu benetzt und der Elevator um die Schichtstärke nach unten (z) bewegt. Überhänge werden mit Hilfe einer Stütz-Konstruktion stabilisiert.

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren Lasersintern



Dass im Pulverbett angeordneten Pulver bildet die Basis für die Herstellung der definiert konturierten Schicht. Der „generative“ Sintervorgang ist das kurzzeitige thermische Aktivieren der lose nebeneinander liegenden Partikel im Pulverbett, so dass die Oberfläche angeschmolzen wird und die Partikel sich beim Abkühlen verbinden. In der Regel sind die Bauteile porös. Werden die Partikel vollständig geschmolzen, dann entsteht ein dichteres Bauteil.

Bei einer Vielzahl von SLS-Anlagen erfolgt das thermische Aufwärmen mittels Laserstrahl. Die Positionierung des Laserstrahls erfolgt analog der Stereolithografie. Das Pulverbett wird entsprechend dem jeweiligen thermoplastischen Kunststoff so temperiert, dass das Pulver noch nicht plastisch ist und erst durch Einbringen der Aktivierungsenergie die Oberfläche angeschmolzen wird.

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

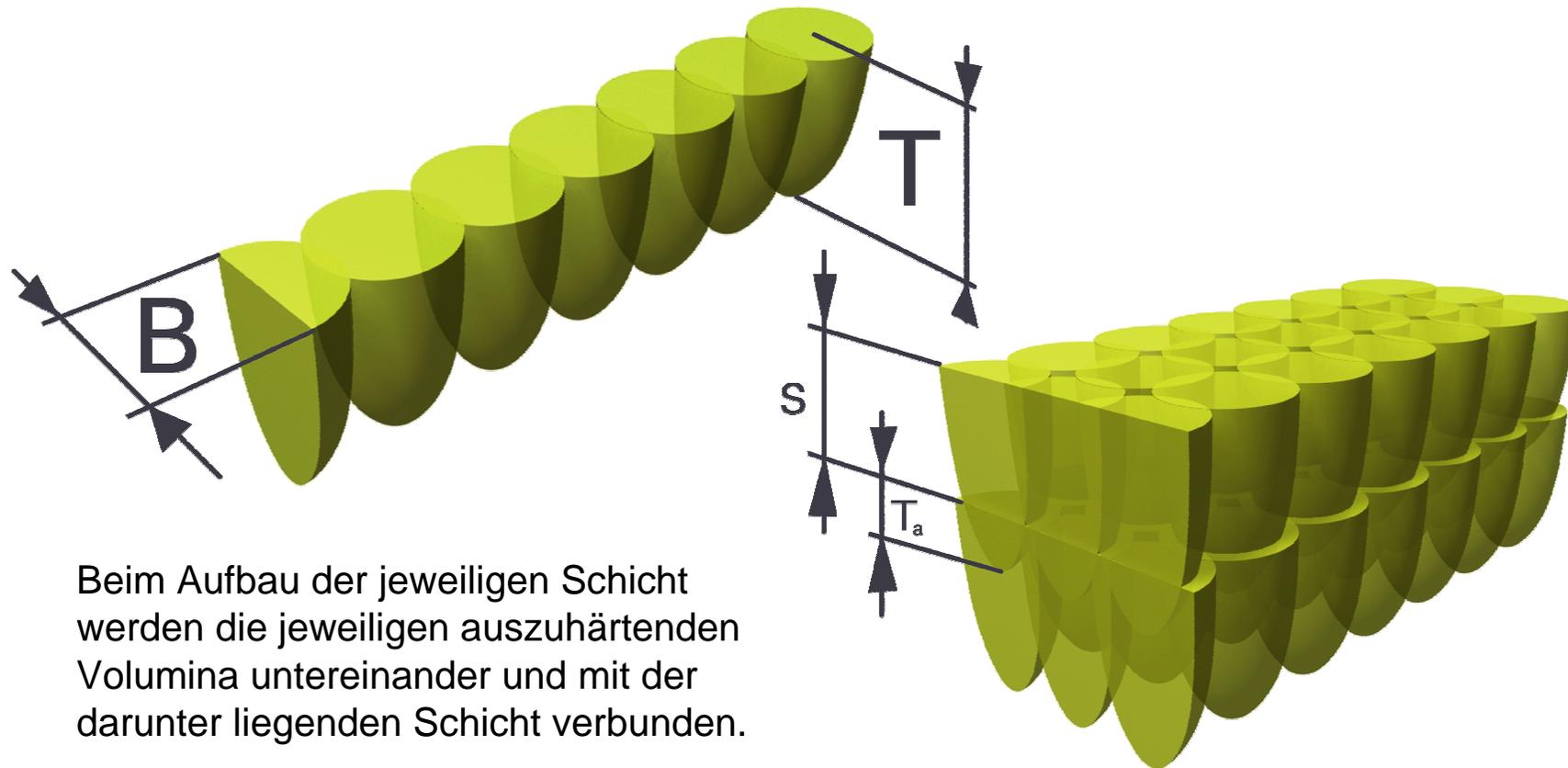
Maskensintern



Das Maskensintern ist eine spezielle Form des Lasersinterns. Eine Maske (im Bild blau) wird für die jeweilige Schicht so konfiguriert, dass die an den Stellen, wo die Schicht entstehen soll, „Energie durchlässig“ ist. Beim Maskensintern wird immer eine Schicht komplett belichtet.

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

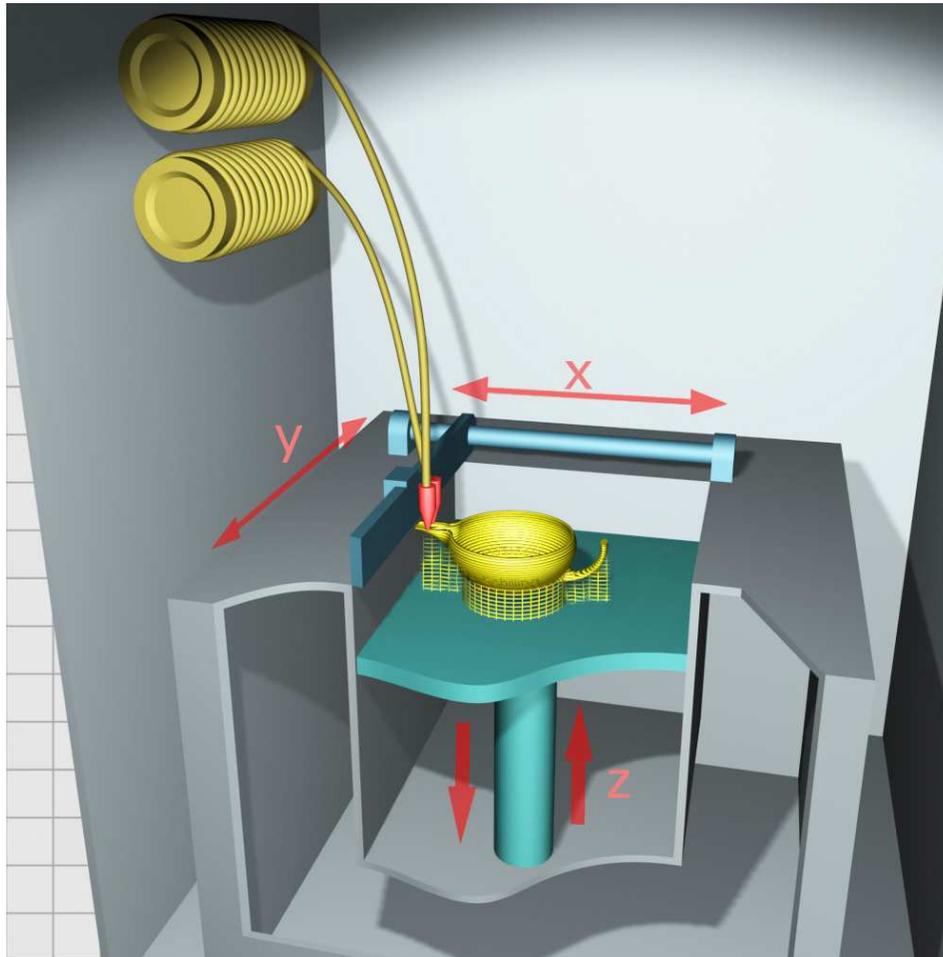
Schichtaufbau bei Stereolithografie & Lasersintern



Beim Aufbau der jeweiligen Schicht werden die jeweiligen auszuhärtenden Volumina untereinander und mit der darunter liegenden Schicht verbunden.

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

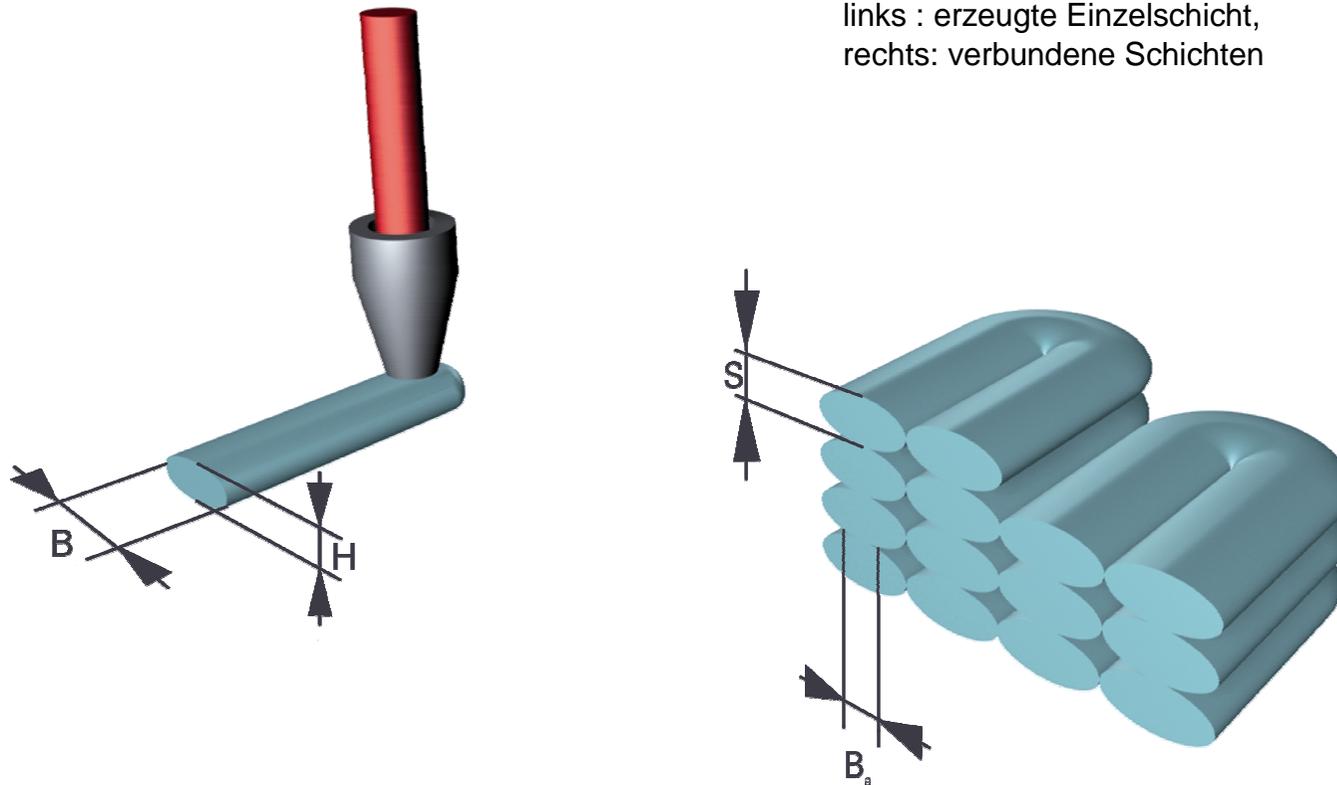
FDM



Beim FDM-Verfahren werden thermoplastische Werkstoffe erhitzt und über eine feine Düse als Endlosfaden extrudiert. Der Kunststoffaden wird konturgerecht Schicht für Schicht aufeinander gelegt und schmilzt dabei auf die darunter liegende Struktur. Überhänge wurden mit einer Stützkonstruktion aus einem anderen Material, das meist gut löslich ist, abgestützt.

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Schichtaufbau FDM



Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Materialien der Schichtbauverfahren

Stereolithografie	Lasersintern	FDM	3D-Printing	SLM
Lichthärtende Polymere - Acrylate - Epoxy hybrid - Epoxy gefüllt	Pulver - Thermoplaste - PS - PA - Metall - Stahl - Kobalt/Chrom	Thermoplaste - ABS - PC - PC-ABS	Binder + Pulver - Legierungen - Keramik - lichthärtende Polymere - Wachse / digitale Materialien - organische Materialien	Metalle - Stahl - Kobalt/Chrom - Alu - Kupfer

RP-Materialien sind ein wichtiges Entwicklungsfeld der Schichtbauverfahren, Neu- und Weiterentwicklungen erweitern die Einsatzbereiche und Konstruktionsmöglichkeiten ständig.

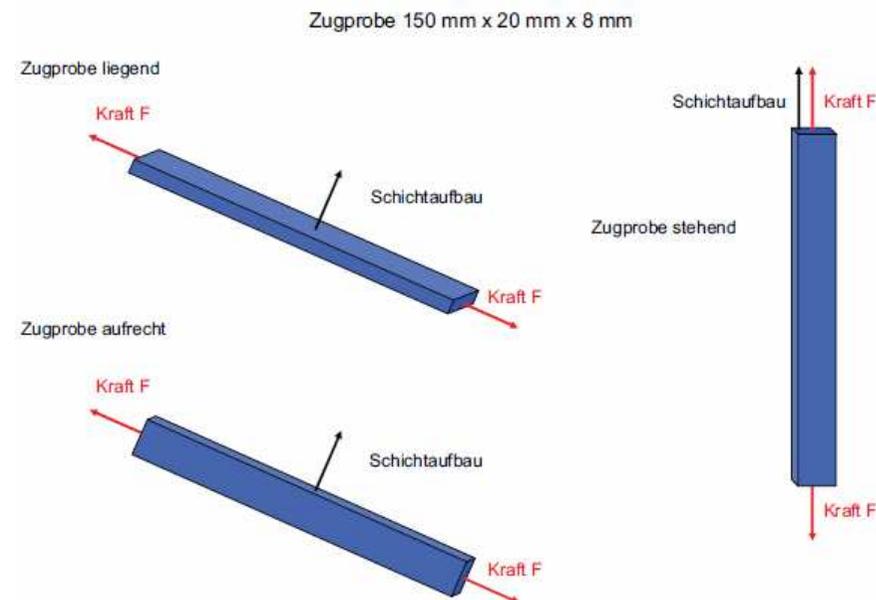
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Materialien der Schichtbauverfahren

Zusammenfassung Teil 1

- unterschiedliche Fertigungsverfahren durch unterschiedliche Schichtbauprinzipien
- → es ergeben sich Unterschiede in den einzelnen Prototypen
 - Belastbarkeit, (x, y, z Richtung)
 - Genauigkeit (Laser, Düse, Maske)
 - Material
- Finish ist je nach Verfahren unterschiedlich

→ **Individuelle Konstruktionsrichtlinien für die Erstellung von Prototypen entsprechend des Einsatzgebietes**

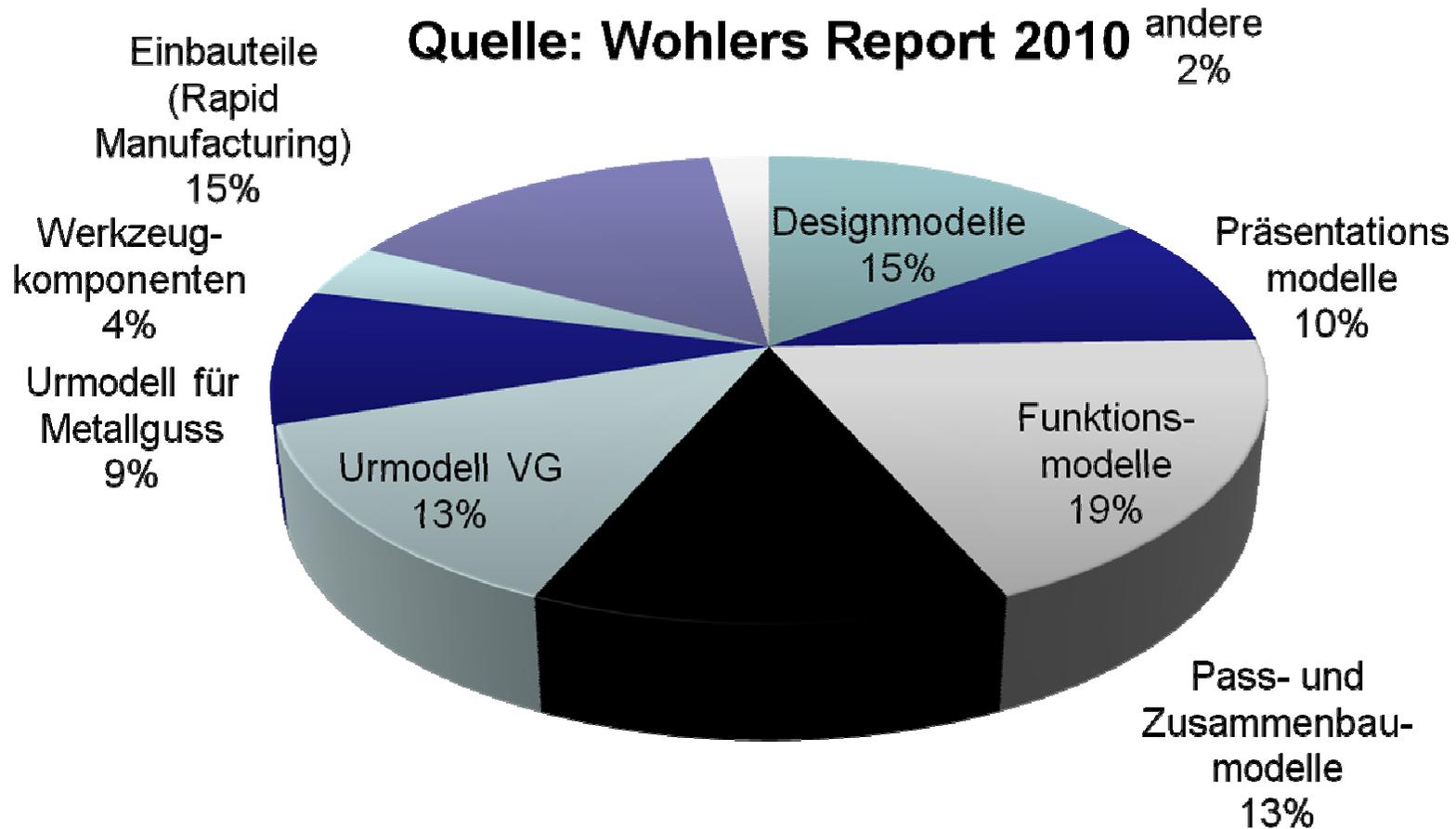


Zugprobe	Baumodus	Zugfestigkeit
Liegend	Solid	20,4 N/mm ²
Aufrecht	Solid	22,4 N/mm ²
Stehend	Solid	10,4 N/mm ²
Liegend	Sparse	7,6 N/mm ²
Aufrecht	Sparse	6,6 N/mm ²
Stehend	Sparse	4,69 N/mm ²

Quelle: Fachhochschule Augsburg

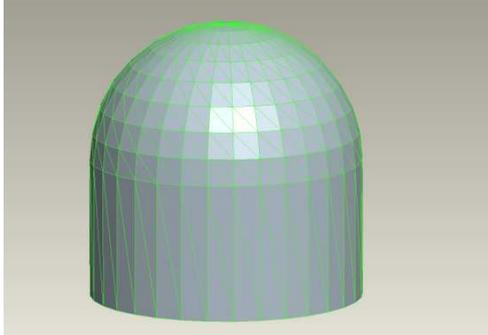
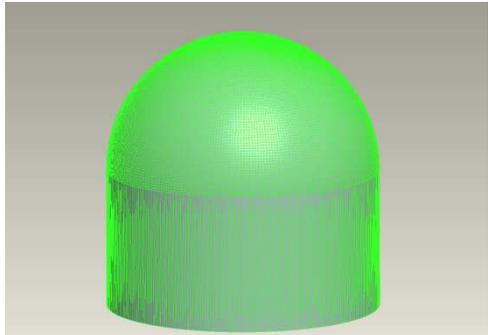
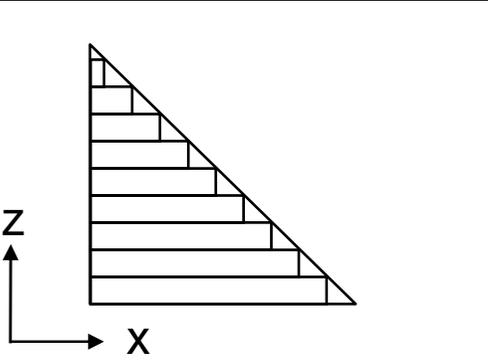
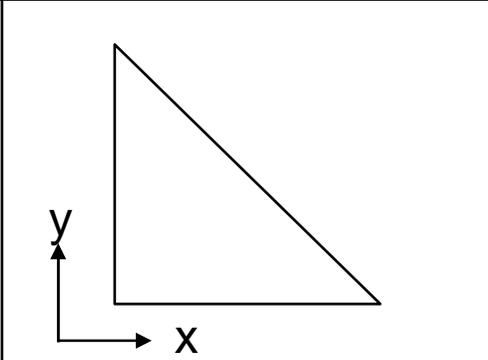
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Einsatzbereiche Schichtbauteile



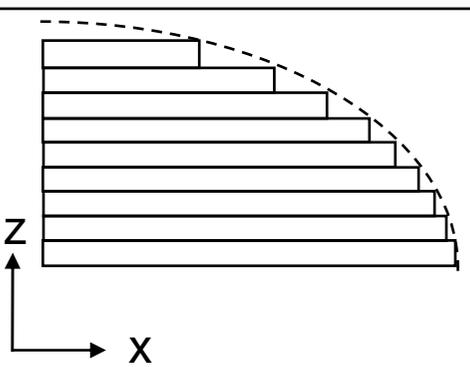
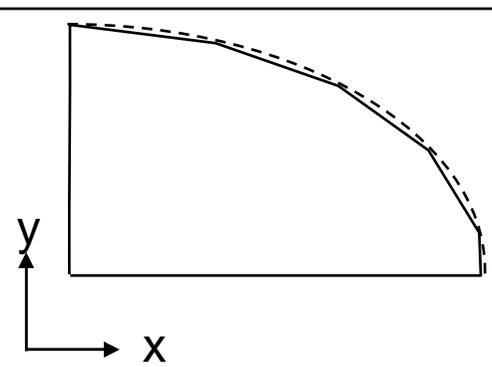
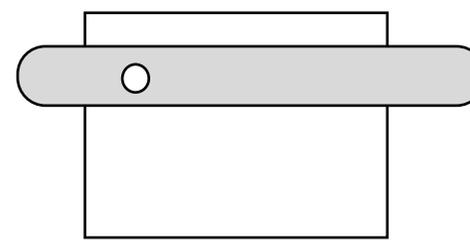
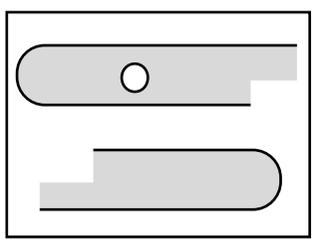
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Prototypinggerechtes Konstruieren

	ungünstig	günstig
Tesselierung		
Oberflächenrauigkeit		

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Prototypinggerechtes Konstruieren

	ungünstig	günstig
Geometrieabbildung	 <p>A diagram showing a curved surface (dashed line) approximated by a series of horizontal layers (solid lines). The x and z axes are shown, with z pointing upwards.</p>	 <p>A diagram showing a smooth curved surface (dashed line) with a smooth transition. The x and y axes are shown, with y pointing upwards.</p>
Schneiden von Bauteilen	 <p>A diagram showing a part with a hole and a rectangular cutout. The label "Bauraum" is present below the diagram.</p> <p>Bauraum</p>	 <p>A diagram showing a part with a hole and a rectangular cutout, illustrating a design that is more suitable for RP.</p>

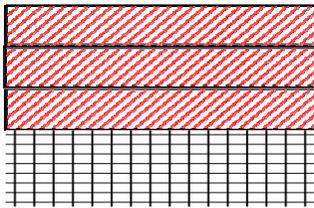
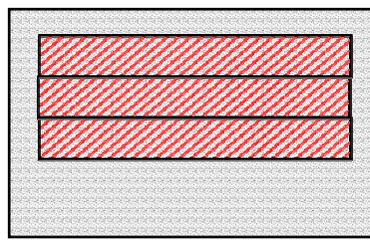
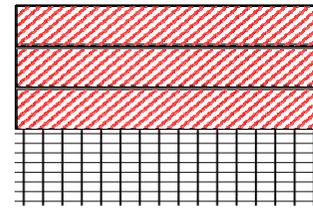
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Prototypinggerechtes Konstruieren

	SLA	SLS	FDM
Festigkeit Baurichtung	homogen (ergibt sich aus Schichtaufbau + Flüssigkeit)	$XY > XZ/YZ$ (ergibt sich aus Schichtaufbau + Pulver)	$XY > XZ/YZ$ (ergibt sich aus Schichtaufbau + Extrusions- faden)
Wandstärken für kleinste Struktur	Laserbreite (Viper 0,2)	Laserbreite (Formiga 0,4)	Düsenbreite

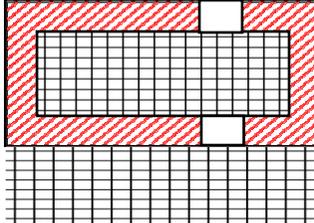
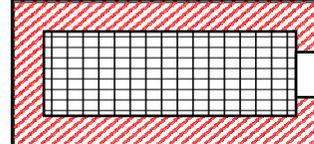
Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Prototypinggerechtes Konstruieren

	SLA	SLS	FDM
Bodenschicht	 <ul style="list-style-type: none"> - fester Support - gleiches Material wie das Bauteil 	 <ul style="list-style-type: none"> - loses Pulverbett - erste Schicht dicker 	 <ul style="list-style-type: none"> - fester Support - kann durch Lösungsmittel entfernt werden
Spaltmaße	>0,2 (unüblich aufgrund des Supports)	>0,3 für bewegliche Elemente	>0,3 sonst keine Stützstruktur

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Prototypinggerechtes Konstruieren

	SLA	SLS	FDM
Hohlräume	<p>- zusätzliche Löcher</p> 	 <p>- zusätzliche Löcher wenn nötig, sonst egal</p>	 <p>- zusätzliches Loch zum ausspülen des Support</p>
Materialanhäufung	<p>- keinen Einfluss auf die Geometrie</p> <p>- lange Bauzeit → hohe Baukosten</p>	<p>- kann zu Verzug beim Abkühlen führen</p>	<p>- können zu Eigenspannungen im Teil führen, die wiederum ein Ablösen von der Bauplattform begünstigen können</p>

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Kontakt

**Geschäftsführer:**

Dr.-Ing. Martin Schilling

Konstruktion & Entwicklung:

Dr.-Ing. Thomas Schilling

Werkzeugbau & Fertigung

Dipl.-Ing. Frank Hennemann

Vertrieb:

Christian Schilling

Qualitätsmanagement:

Dipl.-Ing. Kerstin Schilling

Telefon: +49 (0) 3632 770230

Mail: sla@3D-Schilling.de

WWW: 3D-Schilling.de

Konstruktion komplexer Geometrie zur Realisierung mittels RP-Verfahren

Quellen

[1] TU-Ilmenau

- Vorlesungen
 - Gestaltungslehre
 - Fertigungsgerechtes Konstruieren

[2] IMW – Institutsmitteilungen Nr.25 (2000)

- Trenke, D.: „Konstruktionsregeln für eine Rapid Tooling gerechte Gestaltung von Werkzeugen und Prototypen“

[3] Hochschule Bremen (2008)

- Schäfer, R.: „Design Guidelines for Rapid Prototyping Entwicklung von Konstruktionsrichtlinien für ein fertigungsgerechtes Gestalten anhand des Fused Deposition Modeling“

[4] Berufsakademie Eisenach

- Schilling, M.: „Prototypenbau zwischen Entwicklung und Produktion – Überblick und aktuelle Trends“