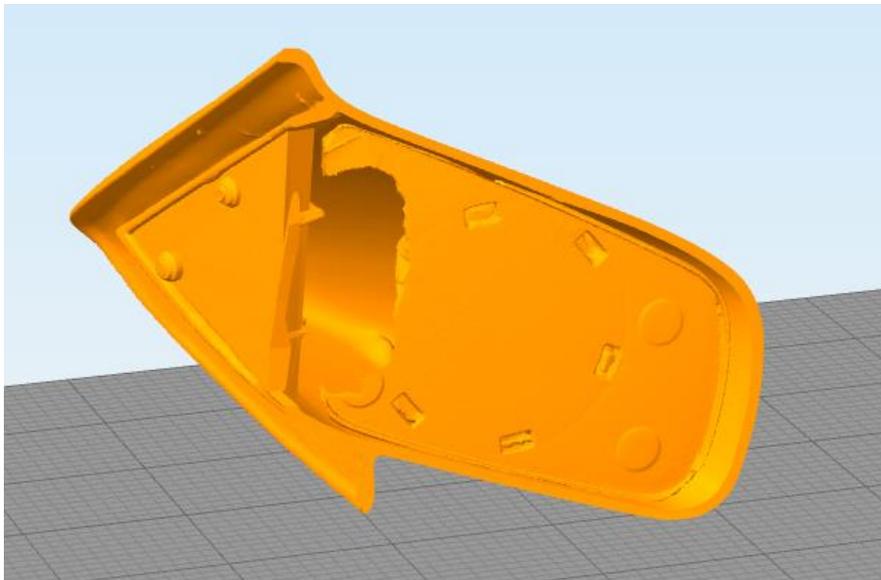




MULTEC

BEISPIEL DRUCKTEILANALYSE: SEITENSPIEGELGEHÄUSE



3D-Druck 4.0

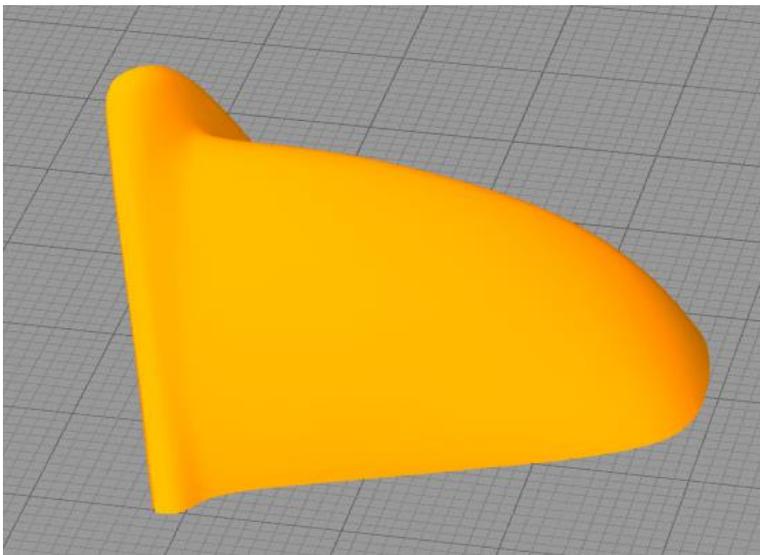
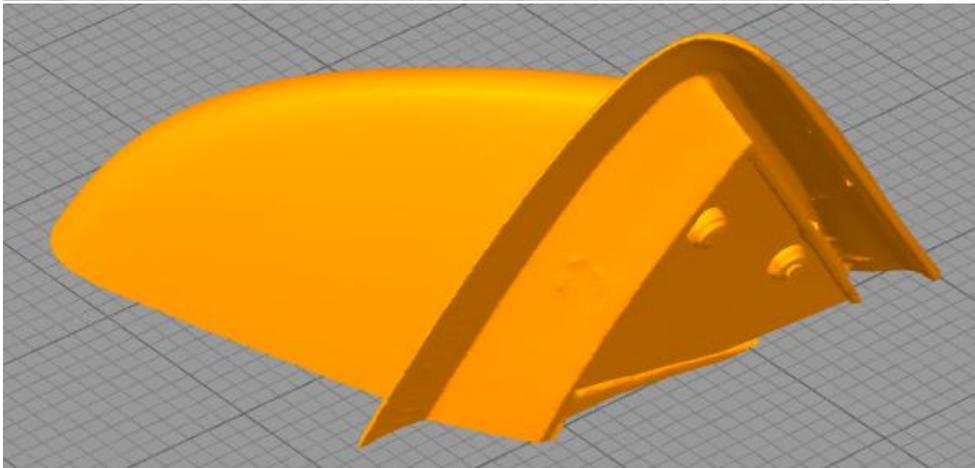
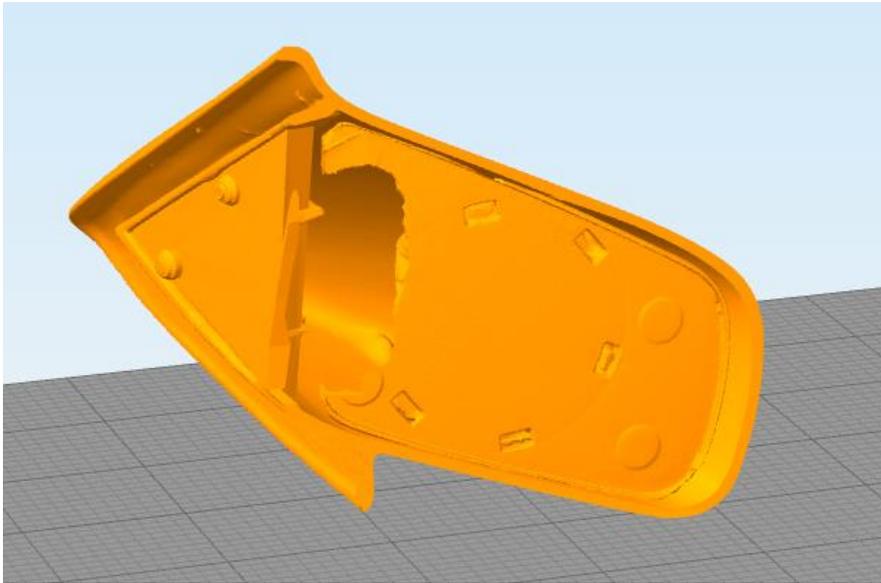
4 Materialien • 4 Farben • 4 Düsendrößen

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Gesendete Datei: Seitenspiegel.....	3
1.1	Druckeignung FFF/FFF-Technologie	4
1.2	Kundenvorgaben mit Multec Kommentar	4
1.3	Multec Druckempfehlung	5
2.	Kostenanalyse.....	7
2.1	Maschinenstundensatz	7
2.1.1	Maschinenstundensatz M500.....	7
2.1.2	Maschinenstundensatz M800.....	8
3.	Merkblatt FFF-Drucktechnologie.....	9
3.1	Technologie-Merkmale	9
3.1.1	Festigkeiten und Grenzen der Technologie	9
3.1.2	Erreichbare Genauigkeiten der FFF-Technologie.....	9
3.1.3	Druckdauer/Druckgeschwindigkeit.....	10
3.1.4	Gewinde in der FFF-Technologie	10
3.1.5	Stützmaterial und geometrische Optimierung	10
3.2	Einfluss des 3D-Modells (Datei) auf Druckergebnisse und Maßhaltigkeit	10
3.3	Einfluss der 3D-Drucker-Geräte auf Druckergebnisse	11
3.4	Einfluss der Technologie- und Software-Kenntnis des Anwenders	11
4.	Kontaktdaten Multec GmbH.....	11

1. GESENDETE DATEI: SEITENSPIEGEL

Anmerkung: Das 3D-Modell wurde nicht auf konventionellem Weg per CAD-Software sondern mit unserem 3D-Scanner (Scan-in-a-box FX, Vertrieb durch Multec) gescannt und anschließend digital aufbereitet.



1.1 DRUCKEIGNUNG FFF/FFF-TECHNOLOGIE

Das Bauteil ist sehr gut geeignet für die FFF-Drucktechnologie. Die Wandstärken sind in allen Bereichen gut dimensioniert, sodass sehr hohe Festigkeiten erzielt werden können und das Seitenspiegelgehäuse optimal für den realen Einsatz am Fahrzeug geeignet ist.

Je nach Bauteilorientierung im Druckraum wird Supportmaterial (Unterstützung in überhängenden Bereichen) benötigt. Mit den Multec-Mehrfachdruckköpfen Multec2Move (2 Extruder) und Multec4Move (4 Extruder) können Bauteil und Supportstruktur mit unterschiedlichen Materialien gedruckt werden. Als Support-Material eignet sich Multec SmartSupport, welches beste Oberflächenqualität bei geringem Nacharbeitsaufwand garantiert.

1.2 KUNDENVORGABEN MIT MULTEC KOMMENTAR

Kundenvorgaben:

- Spiegelgehäuse ist Einzelanfertigung für Rennsporteinsatz
- Sehr hohe Festigkeitsanforderungen
- Material muss Randbedingungen (Temperaturen, Wetter/Regen/Sonne,...) im Rennsporteinsatz standhalten
- Optik spielt untergeordnete Rolle, wird ggf. im Nachgang lackiert

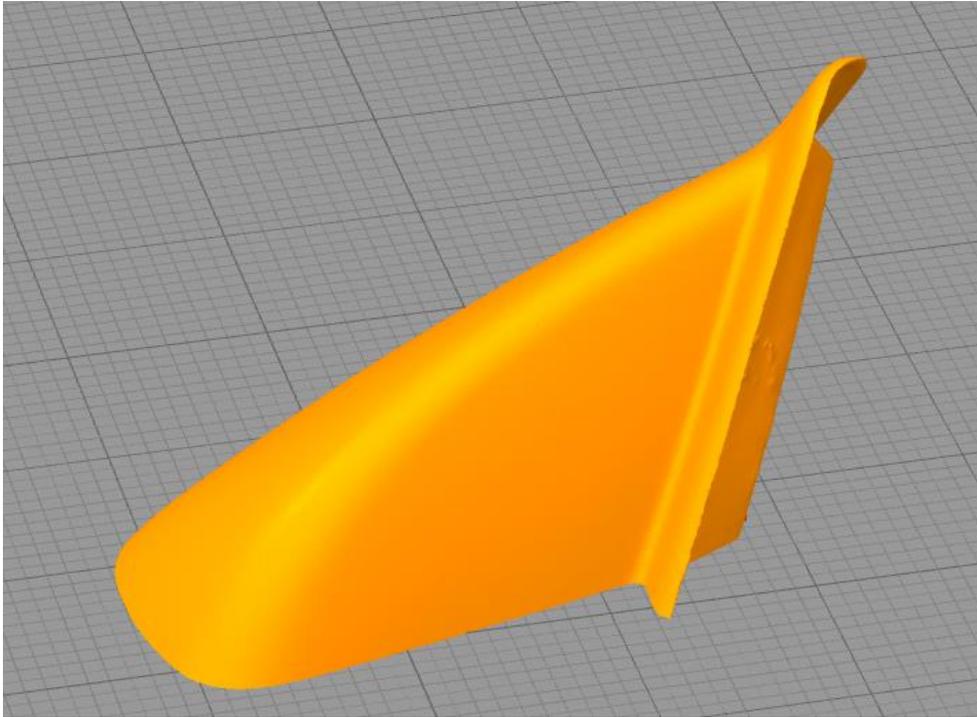
Multec Kommentar:

Kundenvorgaben sind mit entsprechenden Druckparametern und Hochleistungsmaterial Multec PLA-HT zu erfüllen. Multec PLA-HT ist eine Eigenentwicklung mit optimalen Eigenschaften für den 3D-Druck. Das Material ist lebensmittelecht, hat eine geringe Schrumpfung und sehr gute thermische & mechanische Eigenschaften (z.B. 40% höhere Schlagfestigkeit als ABS, höhere Festigkeiten und Wärmeformbeständigkeit als PLA). PLA-HT ist sehr gut schleif- und lackierbar. Materialkennwerte können der folgenden Tabelle entnommen werden:

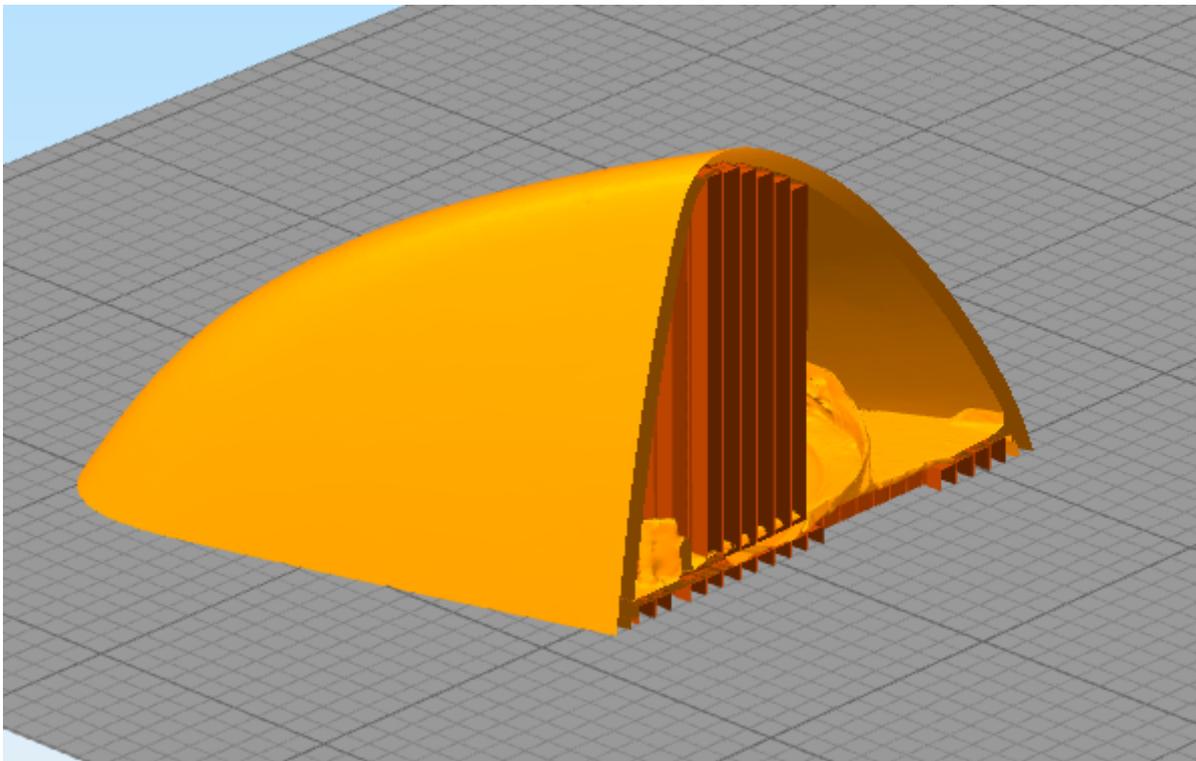
Dichte, g/cm ³ , DIN EN ISO 1183	1,26
Streckspannung, MPa, DIN EN ISO 527	39
Dehnung bei Streckspannung, %, DIN EN ISO 527	1,3
Zug-E-Modul, MPa, DIN EN ISO 527	3800
Shorehärte D (15 s), DIN EN ISO 868	77
Vicat B, °C, DIN ISO 306	86
Kerbschlagzähigkeit, kJ/m ² , ISO 179	23

1.3 MULTEC DRUCKEMPFEHLUNG

- Druckteilausrichtung: Die Spiegellinnenseite eignet sich am besten als Unterseite für den Druck, da sich so eine ebene Auflagefläche ergibt.

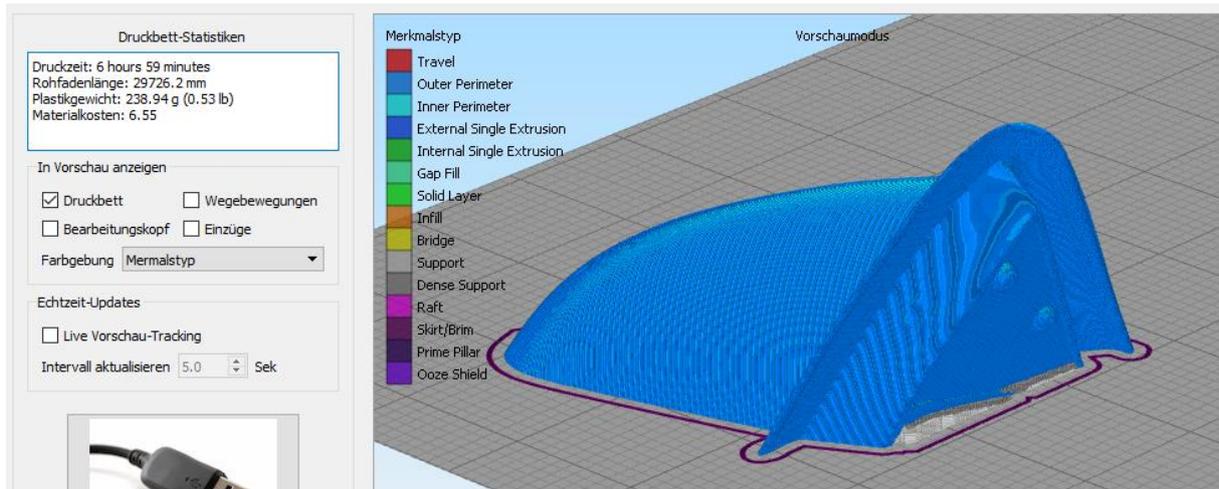


- Material: Mehrfachdruck mit PLA-HT für das Bauteil und Multec SmartSupport für die Supportstruktur. Durch die Materialkombination ergeben sich saubere Trennflächen zwischen Bauteil und Supportstruktur und geringerer Nacharbeitsaufwand. Die folgende Abbildung zeigt die Supportstruktur:



Variante 1:

- Schichthöhe: 0,4mm
- Anzahl Perimeter: 2
- Füllgrad: 50%
- Druckzeit: ca. 7 Stunden
- Gewicht (inklusive Support-Struktur): ca. 250g
- Materialkosten: ca. 7€
- Mit einem durchschnittlichen Maschinenstundensatz von 4 € (z.B. M500) bedeutet dies für Ihr Bauteil, dass Gesamtkosten von ca. **35 €** entstehen.



Variante 2: Feinere Oberfläche

- Schichthöhe: 0,2mm
- Anzahl Perimeter: 3
- Füllgrad: 50%
- Druckzeit: ca. 16 Stunden
- Gewicht (inklusive Support-Struktur): ca. 250g
- Materialkosten: ca. 7€
- Mit einem durchschnittlichen Maschinenstundensatz von 4 € (z.B. M500) bedeutet dies für Ihr Bauteil, dass Gesamtkosten von ca. **70 €** entstehen.

2. KOSTENANALYSE

2.1 MASCHINENSTUNDENSATZ

Der Maschinenstundensatz eines 3D-Druckers berechnet sich aus den folgenden Bestandteilen:

Fixe Kosten pro Jahr

- kalk. Abschreibungen
- kalk. Zinsen
- Instandhaltung und Reparatur
- Platzkosten
- fixe Energiekosten
- sonstige fixe Kosten

Zu den fixen Kosten kommen noch die variablen Kosten pro Jahr dazu.

Variable Kosten pro Jahr

- Instandhaltung und Reparatur
- Energiekosten
- sonstige variable Kosten

2.1.1 MASCHINENSTUNDENSATZ M500

Ein durchschnittlicher Multec-Kunde hat im Jahr ca. 3.500 Betriebsstunden und schreibt die Maschine über 4 Jahre ab. Daraus ergibt sich ein Maschinenstundensatz für einen Multirap M500 von **4,04 €**.

Die Maschinenstundensätze für andere Betriebsstunden und Nutzungsdauern können Sie nachstehender Tabelle entnehmen:

		Betriebsstunden pro Jahr							
		1000	2000	3000	3500	4000	5000	6000	7000
Nutzungs- dauer in Jahren	1	45,50 €	22,78 €	15,20 €	13,04 €	11,41 €	9,14 €	7,63 €	6,54 €
	2	24,50 €	12,28 €	8,20 €	7,04 €	6,16 €	4,94 €	4,13 €	3,54 €
	3	17,50 €	8,78 €	5,87 €	5,04 €	4,41 €	3,54 €	2,96 €	2,54 €
	4	14,00 €	7,03 €	4,70 €	4,04 €	3,54 €	2,84 €	2,38 €	2,04 €
	5	11,90 €	5,98 €	4,00 €	3,44 €	3,01 €	2,42 €	2,03 €	1,74 €
	6	10,50 €	5,28 €	3,54 €	3,04 €	2,66 €	2,14 €	1,79 €	1,54 €
	7	9,50 €	4,78 €	3,20 €	2,75 €	2,41 €	1,94 €	1,63 €	1,40 €
	8	8,75 €	4,40 €	2,95 €	2,54 €	2,23 €	1,79 €	1,50 €	1,29 €
	9	8,17 €	4,11 €	2,76 €	2,37 €	2,08 €	1,68 €	1,40 €	1,21 €
	10	7,70 €	3,88 €	2,60 €	2,24 €	1,96 €	1,58 €	1,33 €	1,14 €

2.1.2 MASCHINENSTUNDENSATZ M800

Ein durchschnittlicher Multec-Kunde hat im Jahr ca. 3.500 Betriebsstunden und schreibt die Maschine über 4 Jahre ab. Daraus ergibt sich ein Maschinenstundensatz für einen Multirap M800 von **5,70 €**.

Die Maschinenstundensätze für andere Betriebsstunden und Nutzungsdauern können Sie nachstehender Tabelle entnehmen:

		Betriebsstunden pro Jahr							
		1000	2000	3000	3500	4000	5000	6000	7000
Nutzungs- dauer in Jahren	1	66,24 €	33,16 €	22,14 €	18,99 €	16,62 €	13,32 €	11,11 €	9,54 €
	2	35,24 €	17,66 €	11,80 €	10,13 €	8,87 €	7,12 €	5,94 €	5,11 €
	3	24,91 €	12,50 €	8,36 €	7,18 €	6,29 €	5,05 €	4,22 €	3,63 €
	4	19,74 €	9,91 €	6,64 €	5,70 €	5,00 €	4,02 €	3,36 €	2,89 €
	5	16,64 €	8,36 €	5,60 €	4,81 €	4,22 €	3,40 €	2,84 €	2,45 €
	6	14,57 €	7,33 €	4,91 €	4,22 €	3,71 €	2,98 €	2,50 €	2,15 €
	7	13,10 €	6,59 €	4,42 €	3,80 €	3,34 €	2,69 €	2,25 €	1,94 €
	8	11,99 €	6,04 €	4,05 €	3,49 €	3,06 €	2,47 €	2,07 €	1,79 €
	9	11,13 €	5,61 €	3,77 €	3,24 €	2,85 €	2,29 €	1,93 €	1,66 €
	10	10,44 €	5,26 €	3,54 €	3,04 €	2,67 €	2,16 €	1,81 €	1,56 €

3. MERKBLATT FFF-DRUCKTECHNOLOGIE

3.1 TECHNOLOGIE-MERKMALE

Multec erhält viele Anfragen für Drucke aus Kunden-Dateien. Aus diesem Grund haben wir ein kurzes Merkblatt erstellt, das unseren Kunden bereits vorab ein paar wichtige Technologie-Themen der FFF-Drucktechnologie vorstellt.

Denn die Technologie hat große Vorteile in Bezug auf Festigkeit und Produktionskosten, sie kann als Technologie ganz neue Geometrien abbilden und hat damit eine weitaus höhere Form-Freiheit wie z.B. spanende Fertigung oder auch der Spritzguss. Diese Formfreiheit kann zu Gunsten höherer Festigkeiten optimiert werden, hat aber auch gewisse Grenzwerte.

Daher ist es sehr hilfreich, wenn bereits bei der geometrischen Konstruktion folgende Punkte beachtet werden:

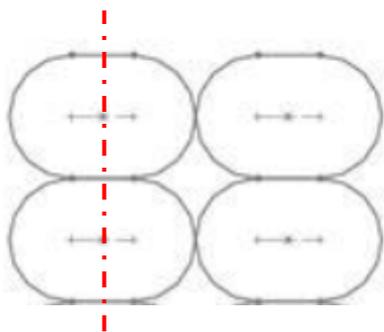
3.1.1 FESTIGKEITEN UND GRENZEN DER TECHNOLOGIE

- Wandstärken sollten mindestens 0,5mm betragen, bei entsprechenden Festigkeitsansprüchen mehr
- Schichthöhen: je feiner die Oberfläche, desto geringer die Festigkeit, desto länger die Druckdauer, daher ist Optimierung von Druckteilen elementar davon abhängig, wo die Kundenwünsche liegen. Am besten ist es, wenn man Konstruktionen festigkeitsoptimiert erstellt und dann auf dieser Basis die Oberflächen/Druckdauern entsprechend den Erfordernissen optimiert.
- Man kann mit dieser Technologie sehr effizient Material sparen, allerdings macht man das mit anderen geometrischen Mitteln als z.B. beim spanenden Bearbeiten, da man hier auch auf z.B. Reduktion von Stützmaterial geht und auch innere Füllungen und Wandstärken entsprechend anpasst.
- Es stehen auch ganz andere Möglichkeiten zur Verfügung festigkeitsoptimierte Konstruktionen zu nutzen wie z.B. bionische Strukturen mit innenliegenden Hohlräumen, völlig anders wie beim Fräsen/Spritzguss bisher konstruiert wird.
- Sehr wichtig ist auch, dass Druckkörper die starken Krafrichtungen in x/y und die schwächeren in Z-Achse beachten sollten.

3.1.2 ERREICHBARE GENAUIGKEITEN DER FFF-TECHNOLOGIE

Die Technologie an sich hat Toleranzen, die auch durch die präziseste Maschine nicht ausgeglichen werden kann.

Dies erklärt sich durch das raupenförmige Ablegen der Kunststoff-Fäden, das im Querschnitt folgendermaßen aussieht:



Diese Raupen können sehr fein sein (z.B. 0,05mm Höhe, Breite mindestens 120% des Düsendurchmessers), die Maschine verfährt genau in der Mitte der Raupen (rote Linie). Die Außenkontur ist jedoch abhängig vom Volumenstrom und der Viskosität des Kunststoffes und erzeugt so eine gewisse eigene Fertigungstoleranz.

Diese ist zwar im Zehntel-Millimeterbereich justierbar, das ist jedoch geometrie-abhängig feinzustimmen z.B. mit sehr langsamen Druckgeschwindigkeiten und weiteren Maßnahmen.

3.1.3 DRUCKDAUER/DRUCKGESCHWINDIGKEIT

- Auch hier stehen die technologischen Einflüsse deutlich vor Maschinen-Geschwindigkeiten
- Dies basiert auf den physikalisch/chemischen Kunststoffeigenschaften: die Viskositäten der Kunststoffe bei schnellen Strömungsgeschwindigkeiten ist der limitierende Faktor, nicht die Maschine an sich. Einfach formuliert: die gedruckten Kunststoff-Fäden reißen ab, beulen ein oder bilden ungleichmäßige Lagen.
- Je kleiner die gewünschten Schichthöhen umso länger die Druckdauer

3.1.4 GEWINDE IN DER FFF-TECHNOLOGIE

- Es macht in der FFF-/FFF-Technologie höchstens bei sehr großen Gewinden Sinn, diese zu drucken. Dies ist ebenfalls nicht die Einschränkung durch die Maschinen-Genauigkeit, sondern durch die Technologie.
- Zum einen ist dies in der Schichtung erklärt und zum anderen in der Festigkeit.
- Man setzt bei gedruckten Gewinden dann eher auf eine Art Trapezgewinde oder ein Rundgewinde.
- Des Weiteren empfehlen sich bei Gewinden, die mehr als nur einmal fixiert werden Gewinde-Einsätze.

3.1.5 STÜTZMATERIAL UND GEOMETRISCHE OPTIMIERUNG

- FFF-Technologie benötigt für Überhänge >50-70° einen Unterbau aus Stützkonstruktion
- Diese Stützkonstruktion hat großen Einfluss auf Druckdauer, Druckoberfläche und Materialverbrauch, im Fall von löslichem Stützmaterial überproportional auf die Kosten. Es gibt relativ einfach konstruktive Möglichkeiten, hierauf Einfluss zu nehmen, indem man z.B. Radien statt rechtwinkliger Konturen setzt. Gern können wir Sie dazu beraten.
- Oberflächenoptimierung von Außen-/Sichtflächen ist ebenfalls sehr gut konstruktiv steuerbar, da Flächen, die nicht supportet werden müssen optisch bessere Ergebnisse erzielen.

Diese Auflistung zeigt in aller Kürze, dass Kundendruckteile, die auf konventionelle Weise konstruiert sind sehr häufig nicht ohne Weiteres in der FFF-Drucktechnologie gute und feste Produkte erzielen.

Daher empfehlen wir in einer kurzen Anwendungsberatung Ihren Entwurf zu besprechen, um Ihnen die möglichen Optimierungen Ihres Teils zu erläutern, bzw. die Fertigung Ihres Teils mit der FFF-Technologie zu besprechen.

3.2 EINFLUSS DES 3D-MODELLS (DATEI) AUF DRUCKERGEBNISSE UND MAßHALTIGKEIT

Die STL- oder OBJ-Dateien sollten ebenfalls ein paar wichtige Themen beachten:

- ausreichende Facetten-Zahl, da sonst anstatt Kreisen Vielecke entstehen
- Volumenkörper geschlossen (keine offenen Oberflächenkörper)
- Spezielle maßhaltige Bereiche sollten gekennzeichnet werden, damit hier die Facettenstruktur auch gemessen/kontrolliert werden kann.
- Am hilfreichsten sind Step-Dateien und Zeichnungen mit Toleranz-Angaben

3.3 EINFLUSS DER 3D-DRUCKER-GERÄTE AUF DRUCKERGESBNISSE

Die vorgenannten technologischen Grenzen und Möglichkeiten gelten für alle 3D-Drucker-Geräte gleichermaßen, diese können zwar verbessert werden wie z.B. durch unsere absolut tropffreien Mehrfachdruckköpfe, im Grundsatz sollten sie immer beachtet werden.

Die qualitativen Differenzen von guten 3D-Druck-Geräten zu schlechteren zeigen sich in folgenden Punkten (vorausgesetzt es werden Druckteile erzeugt, die obige Themen beachten):

- Genauigkeiten der Basismaschine
- Zuverlässigkeit (Druckabbrüche, Wiederholgenauigkeit, Überwachungsfunktionen)
- Starke und gleichmäßige Extrudervorschübe, optimierte Düsen-Hotends (Düsen und Vorschübe)
- Schwingungsarme, stabile (schwere) Maschinenkonstruktion
- Langlebige Maschinenkonstruktion
- Einhaltung aller Sicherheitsvorschriften (CE, Maschinenrichtlinie, Produkt-Sicherheitsgesetz)
- Gleichmäßige und gut geregelte Temperaturführung
- Gute, geregelte Druckkühlung
- Sehr gutes Druck-Rohmaterial (Kunststoff-Filament)

3.4 EINFLUSS DER TECHNOLOGIE- UND SOFTWARE-KENNTNIS DES ANWENDERS

Die FFF-Technologie erlaubt einen sehr großen Einflussbereich auf Druckparameter, wie z.B. beim Fräsen durch Schruppfräsen und Feinschlichten ganz unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden, so ist dies durch Fein-Einstellungen der Druckparameter vergleichbar.

Gute Druckergebnisse hängen also sehr stark von der Benutzereinstellung ab, sehr wichtig sind sie in den Bereichen Druckdauer-Optimierung, Oberflächen- und Festigkeitsoptimierung.

4. KONTAKTDATEN MULTEC GMBH

Multec GmbH

Gewerbestr. 12

88636 Illmensee

Mail: kontakt@multec.de

Website: www.multec.de

Telefon: + 49 (0) 7558 / 949 999 – 0