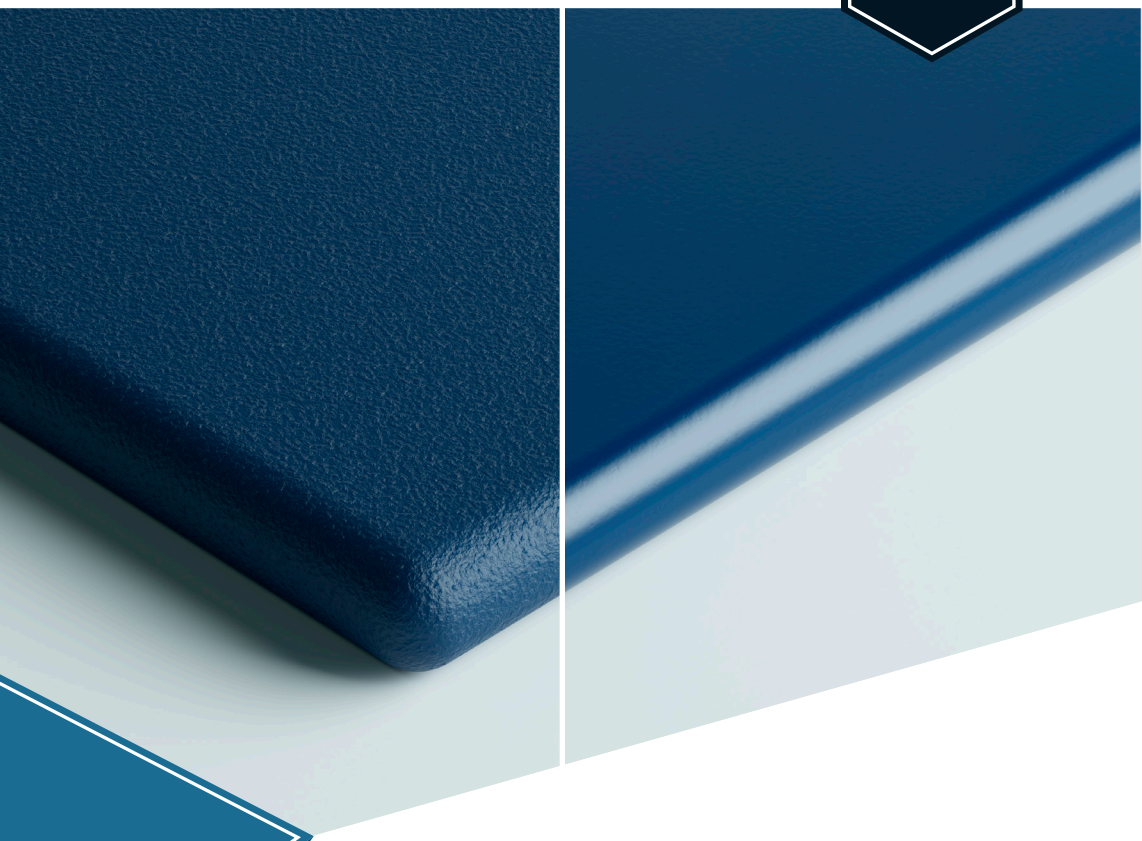
WHITEPAPER

solidpro

Ein Unternehmen der Bechtle Gruppe

DYE MANSION

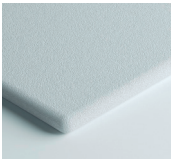


# STATE-OF-THE-ART SURFACING

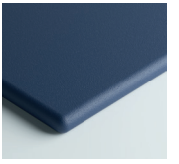
## EIN ÜBERBLICK FÜHRENDER VERFAHREN FÜR SLS & MJF BAUTEILE

# ZUSAMMENFASSUNG

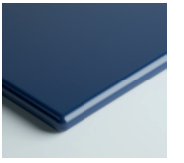
Mit der stetigen Weiterentwicklung der additiven Fertigung und ihren Einsatzfeldern steigen auch die Erwartungen an die damit hergestellten Bauteile. Marktreife Produkte, die heute mit Powder Bed Fusion Technologien wie Selektivem Laser Sintering (SLS) oder Multi Jet Fusion (MJF) hergestellt werden, müssen nicht nur ästhetische, sondern auch funktionale Anforderungen erfüllen. Diese können je nach Produkt, Industrie und Einsatzzweck sehr unterschiedlich ausfallen. Bedingt durch den schichtweisen Aufbau der Verfahren weisen die Bauteile im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsmethoden eine hohe Oberflächenrauheit auf. Zusätzlich ist die Oberfläche im unbearbeiteten Zustand anfällig für Verschmutzung. Eine entsprechende Nachbearbeitung der Bauteile hilft, diese Eigenschaften zu verbessern. Während beispielsweise Gleitschleifen als abrasive Methode für additiv gefertigte Bauteile meist kontraproduktiv ist, da hierbei Material abgetragen wird, gibt es mittlerweile echte Alternativen, die nahezu mit jeder Bauteilgeometrie kompatibel sind und diese auch nicht verändern. Gerade bei Bauteilen, die gefärbt werden sollen, ist eine vorhergehende Homogenisierung der Oberfläche unabdingbar, da nur so gleichmäßige Ergebnisse gewährleistet werden können. Dieses Whitepaper veranschaulicht, wie Lösungen zur Oberflächenbearbeitung von 3D-gedruckten Rohteilen deren Oberflächenqualität potenzieren. Als führender Anbieter für industrielle Systeme zur Oberflächenbearbeitung bietet DyeMansion zwei verschiedene, eigens entwickelte Verfahren an und unterscheidet hierbei zwischen mechanischen und chemischen Lösungen. Anhand von konkreten Tests verschiedener Materialien (PA12 & TPU) werden die Vorteile, Unterschiede und Limitationen der beiden Verfahren PolyShot Surfacing (mechanisch) und VaporFuse Surfacing (chemisch) aufgezeigt.



Keine Oberflächenbearbeitung



PolyShot Surfacing + DeepDye Coloring

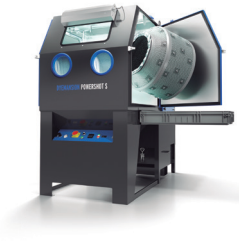


VaporFuse Surfacing + DeepDye Coloring

© Copyright 2019 DyeMansion GmbH. 11/2019.
Änderungen an diesen Informationen sind ohne Ankündigung vorbehalten.
Für die aktuellsten technischen Daten wenden Sie sich bitte an das DyeMansion Team.

# POLYSHOT SURFACING (PSS)

## Die Lösung für anspruchsvolle Produkte mit hochwertigem Finish



MECHANISCHES VERFAHREN

### FUNKTIONSWEISE

Während des PolyShot Surfacing (PSS) Prozesses werden durch Druckluft beschleunigte Kugeln auf die Oberfläche der Bauteile geschossen. Durch Impulsübertragung wird, abhängig von Geschwindigkeit und Masse der Kugeln, Energie auf die Oberfläche übertragen. Das Angleichen von Bergen und Tälern verringert die Rauheit und die Oberfläche wird dadurch homogenisiert. Im Gegensatz zum Gleitschleifen, bei dem Material abgetragen wird, dominiert beim PSS vor allem die plastische Verformung im mikroskopischen Bereich, wodurch kein Material abgetragen wird und die ursprüngliche Geometrie des Bauteils erhalten bleibt. In der DyeMansion Powershot S können bei einer Durchlaufzeit von 10 Minuten pro Batch etwa 3/4 eines EOS P396 oder ein voller HP Jet Fusion 4200/5200 Bauraum bearbeitet werden.

### EIGENSCHAFTEN

**Matt-glänzende Oberflächen mit angenehmer Haptik und verbesserten Eigenschaften**

Das PolyShot Surfacing (PSS) erzielt für harte Polymere wie PA11 und PA12 matt -glänzende Oberflächen mit homogener Oberflächenqualität. Durch das Verfahren wird nicht nur die Kratzbeständigkeit erhöht, sondern auch eine schmutzresistente Oberfläche erreicht.

**Homogenisierung der Oberfläche als Schlüssel zum guten Färbeergebnis**

Die homogenisierte Oberfläche ist nicht nur von Vorteil, wenn weitere Verarbeitungsschritte wie Kleben oder Lackieren durchgeführt werden sollen, sondern sorgt auch dafür, dass beim späteren Färben die Farbe gleichmäßiger und besser von dem Bauteil aufgenommen wird.

## LIMITATIONEN

Bei dünnen Rohren oder Labyrinthstrukturen kann der durch das PSS erreichte Homogenisierungsgrad variieren, da der Energieeintrag auf innenliegende Geometrien außerhalb der Sichtlinie nach vorangehender Reflektion der Strahlkugeln geringer ausfällt. Dieser Effekt kann teilweise durch eine längere Strahldauer kompensiert werden. Schwere Teile mit fragilen Geometrien wie Antennen oder Pins können während des PSS Prozesses beschädigt werden. Während das PSS Verfahren perfekt auf die Bearbeitung von harten Kunststoffen wie PA11 oder PA12 ausgelegt ist, eignet es sich nicht für elastische Materialien wie TPU, da durch den hohen Anteil elastischer Verformung kaum eine Homogenisierung erreicht werden kann.

## ANWENDUNGSFELDER

Der PSS Prozess hat sich seit 2016 sehr stark auf dem Markt etabliert und einen völlig neuen Oberflächenstandard gesetzt. Vor allem die Bearbeitung von harten Kunststoffen ist effizienter und einfacher nicht möglich. Das Verfahren eignet sich für alle Anwendungen, die eine kratzfeste, matt-glänzende und für das Färben optimal vorbereitete Oberflächen erfordern. Eine homogenisierte, aber nicht vollständig versiegelte Oberfläche kann außerdem vorteilhaft sein, falls weitere Bearbeitungsschritte wie Kleben oder Lackieren erfolgen sollen. Von Prothesen und Orthesen in der Orthopädietechnik über Brillen und Schmuck in im Lifestyle Sektor bis hin zu Automobil-Interieur Teilen wird das Verfahren bereits in den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt.

Beinprothese von Gottinger, Brillen von Götti
Finish: PolyShot Surfacing

# VAPORFUSE SURFACING (VFS)

## Die Clean Vapor Technologie für Bauteile auf Spritzgussniveau

CHEMISCHES VERFAHREN

### FUNKTIONSWEISE

Das VaporFuse Surfacing (VFS) Verfahren greift in die Polymerketten ein, welche in thermoplastischen Polymeren über Wasserstoffbrückenbindungen und Van-der-Waals Kräfte verbunden sind. Der polare Lösemitteldampf, mit dem die Kammer der Powerfuse S geflutet wird, kondensiert an der Oberfläche der Bauteile und löst diese Verbindungen. Durch das Bestreben die Gesamtoberfläche und damit die Oberflächenenergie zu minimieren, ordnen sich die Molekülketten neu. Dieser Vorgang resultiert in einer Glättung der Oberfläche. Indem das Lösemittel mittels Vakuumtrocknen aus den Teilen entfernt wird, erstarrt die Oberfläche in ihrer neuen, glatteren Form.

### EIGENSCHAFTEN

#### Versiegelte Oberflächen auf Spritzgussniveau

VaporFuse Surfacing (VFS) verleiht additiv gefertigten Kunststoffteilen eine versiegelte und abwaschbare Oberfläche auf Spritzgussniveau. Der Prozess reduziert die Oberflächenrauheit um Ra kleiner 2, auch bei komplexen Geometrien und innenliegenden Flächen.

#### Zugelassen für den Kontakt mit Lebensmitteln

Das verwendete VaporFuse Eco Fluid Lösemittel ist nach Verordnung (EU) 10/2011 für die Bearbeitung von Kunststoffen mit Lebensmittelkontakt zugelassen. VFS ermöglicht einen nachhaltigen und kontaktfreien sowie für den Anwender sicheren Prozess ohne chemische Abfälle.

## LIMITATIONEN

Da die Oberfläche des ganzen Bauteiles angelöst wird, verbleiben nach dem Prozess Stellen, an denen das Bauteil Kontakt mit einer Bauteilaufhängung hatte. Wenn die Bearbeitung mittels VFS vorgesehen ist, sollte das in dem Entwurfsprozess und der Erstellung der CAD Dateien berücksichtigt werden, um dieser Besonderheit vorzubeugen. Es kann beispielsweise ein Haken hinzugefügt werden, an dem das Bauteil aufgehängt werden kann. Außerdem kann die Funktionalität von beweglichen Komponenten nach dem VFS eingeschränkt sein. Vor der Bearbeitung muss sichergestellt werden, dass die Bauteile ausreichend entpulvert sind, da Restpulver ebenfalls gelöst wird und mit den Bauteilen verschmilzt. Falls weitere Bearbeitungsschritte wie Kleben oder Beschichten erfolgen sollen, kann eine glatte Oberfläche in einigen Fällen einen positiven oder negativen Einfluss darauf haben.

## ANWENDUNGSFELDER

VFS erschließt durch die Möglichkeit, abwaschbare Oberflächen auf porösen, flexiblen Materialien zu erzeugen, völlig neue Applikationen. Das Verfahren bietet vor allem im Sport- und Lifestyle Bereich, beispielsweise für 3D-gedruckte Schuhsohlen, oder im Medizinbereich großes Potenzial. Durch eine minimierte Porosität werden Applikationen im medizinischen Bereich, in dem hochreine Oberflächen von Nöten sind, möglich. Auch aus ästhetischen Gründen kann eine glänzende Oberfläche vorteilhaft sein, beispielsweise wenn Ersatzteile für ursprünglich im Spritzgussverfahren gefertigte Bauteile additiv gefertigt werden sollen. Die glatte Oberfläche ist vorteilhaft bei luft- oder fluidführenden Bauteilen, da die Strömungswiderstände und Turbulenzen verringert werden. Mit VFS behandelte Bauteile können problemlos im Reinraum eingesetzt werden. Die wasserabweisende Oberfläche ist zudem leichter zu reinigen, was für Applikationen, die in Kontakt mit Lebensmitteln kommen, von Vorteil ist.

Industrieller Greifer, Automobil-Interieur Cover I Finish: VaporFuse Surfacing

# UNTERSUCHTE OBERFLÄCHENPARAMETER

## OBERFLÄCHENGÜTE

Die Oberflächenqualität eines Bauteils kann nicht nur subjektiv beurteilt, sondern auch durch verschiedene Messungen genauer charakterisiert werden. Für 3D-gedruckte Bauteile sind hier besonders Rauheit und Glanz sowie wasserabweisende Eigenschaften entscheidend.

## RAUHEIT

In der Vergangenheit wurde die Oberflächenrauheit vor allem durch die 2D-Parameter Ra (arithmetische mittlere Höhe einer Linie) und Rz (maximale Profilhöhe einer Linie) charakterisiert, da die ersten verfügbaren Rauheitsmessgeräte taktile Systeme waren, welche nur diese 2D-Werte bestimmen konnten.

Allerdings ist eine Oberfläche viel komplexer und kann durch 3D-Rauheitsparameter detaillierter und mit höherem statistischen Gewicht beschrieben werden. Für 3D-Rauheitsmessungen kann man allerdings nicht auf taktile Messgeräte zurückgreifen. Stattdessen kommen Streifenlicht-Messgeräte zum Einsatz. Analog zu den 2D-Werten Ra und Rz existieren die entsprechenden 3D-Rauheitswerte Sa und Sz. Auch wenn diese Oberflächenparameter genauere Werte liefern, enthalten sie nicht alle Informationen, die erforderlich sind, um eine Oberfläche in Bezug auf Optik und Haptik ausreichend zu charakterisieren. Daher sind in der ISO 25178 zusätzliche Oberflächenstrukturparameter definiert. Unter ihnen befinden sich die sogenannten Hybridparameter, die sowohl die Berge und Täler einer Oberfläche sowie deren Anzahl und Abstände zueinander berücksichtigen. Diese Parameter sind gut geeignet, um Glanz und Glätte messbar zu machen. Deshalb haben wir neben den Sa und Sz Werten auch die folgenden Parameter verwendet, um den Einfluss der Oberflächenbearbeitung (PSS und VFS) genauer zu beschreiben: Sdq (quadratischer Neigungsmittelwert) und Sdr (entwickeltes Grenzflächenverhältnis).

Da Sdq die Neigung der mikroskopischen Oberflächen relativ zur makroskopischen Oberfläche beschreibt, ist es eine indirekte Messung des optischen Eindrucks einer Oberfläche. Je kleiner der Sdq Wert ist, desto mehr Oberflächen sind parallel zur makroskopischen Oberfläche. Daher erscheinen Objekte mit kleinem Sdq Wert glänzend. Bauteile, welche dagegen einen großen Sdq Wert aufweisen, haben viele Oberflächenanteile in andere Raumrichtungen. Durch diese unregelmäßige Oberfläche wird das Licht diffus gestreut und das Objekt erscheint matt und stumpf. Es gilt also: Je kleiner der Sdq-Wert desto glänzender erscheint das veredelte Bauteil.

Sdr berechnet das Verhältnis der wahren Oberfläche zur projizierten Oberfläche. Es ist ein Maß für die Anzahl, Höhe und Steilheit von Spitzen und Tälern. Daher kann es direkt mit der Haptik eines Bauteils in Verbindung gebracht werden. Je höher der Sdr-Wert, desto mehr steile Berge befinden sich auf der Oberfläche. Daher ist die Kontaktfläche zwischen z.B. einem Finger und der Oberfläche eines Materials klein. Dies führt dazu, dass sich die Oberfläche rau anfühlt. Je kleiner der Sdr-Wert desto glatter fühlt sich ein Bauteil an.

## GLANZ

Obwohl Glanz direkt mit der Oberflächenrauheit korreliert, kann man ihn abgesehen von der indirekten Sdq-Messung auch direkt mittels einfallenden und ausfallenden Lichtstrahls messen. Abhängig von der Oberfläche variiert der Anteil an Licht, welcher in einem bestimmten Winkel reflektiert wird. Durch Messen dieses reflektierten Lichtanteils lässt sich also der Glanz einer Oberfläche bestimmen. Um eine vergleichende Messung zu ermöglichen, ist es dabei essentiell, dass der Winkel konstant gehalten wird. Je glänzender die Oberfläche, desto kleiner kann der Messwinkel gewählt werden. Um auch die matte Oberfläche eines nicht bearbeiteten Bauteils als Vergleich nutzen zu können ist es daher nötig, den Glanzgrad bei einem Winkel von 85° relativ zum Lot der Oberfläche zu messen. Je größer der gemessene Wert, desto glänzender ist die Oberfläche.

## WASSERABWEISENDE EIGENSCHAFTEN

Für viele Anwendungen ist es entscheidend, dass sie eine wasserabweisende Oberfläche besitzen. Dadurch können sie sehr leicht gereinigt werden und bilden keinen Nährboden für Bakterien und Keime. Über die Benetzbarkeit können diese wasserabweisenden Eigenschaften bestimmt werden. Dafür kann sowohl der Kontaktwinkel eines Wassertropfens, bzw. der Durchmesser eines Tropfens mit definiertem Volumen, herangezogen werden, als auch die Ausbreitung eines solchen Wassertropfens analysiert werden. Je größer ein Tropfen und je schneller er verläuft, desto weniger wasserabweisend ist eine Oberfläche.

© Copyright 2019 DyeMansion GmbH. 11/2019.
Änderungen an diesen Informationen sind ohne Ankündigung vorbehalten.
Für die aktuellsten technischen Daten wenden Sie sich bitte an das DyeMansion Team.

# EXPERIMENTELLER AUFBAU

Die Basis für den Vergleich zwischen PSS & VFS Finish sowie keiner Oberflächenbearbeitung bilden PA12 und TPU Bauteile die mit SLS und MJF Verfahren produziert wurden. Vor der Oberflächenbearbeitung wurden alle Bauteile mit der DyeMansion Powershot C entpulvert und anschließend entweder mit PolyShot Surfacing in der Powershot S oder VaporFuse Surfacing in der Powerfuse S bearbeitet. Details über die Produktionsparameter und anschließende Bearbeitung der Bauteile können den Tabellen 1 und 2 entnommen werden.

| TECHNOLOGIE | SYSTEM | MATERIAL | MATERIALBEZEICHNUNG | SCHICHTDICKE |
|---|---|---|---|---|
| SLS | EOS P396 | PA12 | EOS PA 2200 | 120µm |
| MJF | HP Jet Fusion 3D 4200 | PA12 | HP 3D HR PA 12 | 80µm |
| SLS | EOS P396 | TPU | L&V LUVOSINT TPU 92A | 120µm |

**Tabelle 1:** Parameter der Druckverfahren in der Übersicht.

| PROZESS | SYSTEM | MEDIUM | PROZESSEINSTELLUNG | PROZESSDAUER |
|---|---|---|---|---|
| Cleaning | Powershot C | Powershot C Glass Beads (200-300 µm) | 3bar | 5min |
| PSS | Powershot S | Powershot S PS6 PolyBeads | 5bar | 10min |
| VFS | Powerfuse S | Vaporfuse VF47 Eco Fluid | | 45-57min (materialabhängig) |

**Tabelle 2:** Parameter der Nachbehandlungsschritte (Cleaning, PSS und VFS).

## RAUHEIT

| OBERFLÄCHEN-BEARBEITUNG (EOS PA 2200) | RA [µm] | RZ [µm] | SA [µm] | SZ [µm] | SDQ | SDR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KEINE | 7,67 | 42,2 | 8,45 | 146,0 | 0,225 | 0,0245 |
| PSS | 6,86<br>-12 % | 34,2<br>-9 % | 7,61<br>-10 % | 121,6<br>-17 % | 0,168<br>-25 % | 0,0138<br>-44 % |
| VFS | 1,89<br>-75 % | 11,60<br>-73 % | 2,34<br>-72 % | 27,8<br>-81 % | 0,095<br>-67 % | 0,00447<br>-82 % |

**Tabelle 3:** Gemittelte Oberflächenwerte für SLS Bauteile aus EOS PA 2200 ohne und mit Oberflächenbearbeitung (PSS und VFS).

Die Messwerte (siehe Tabelle 3 und 4) unterstreichen das Bild, welches man von den Bauteilen mit und ohne Veredelung hat. Bauteile, welche lediglich entpulvert wurden, zeichnen sich durch eine raue und matte Oberfläche aus. Dieses Gefühl wird durch die relativ hohen Sdq und Sdr Werte unterstrichen.

| OBERFLÄCHEN-BEARBEITUNG (HP 3D HR PA 12) | RA [µm] | RZ [µm] | SA [µm] | SZ [µm] | SDQ | SDR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KEINE | 9,79 | 50,1 | 10,8 | 130,1 | 0,270 | 0,0354 |
| PSS | 8,99<br>-8 % | 47,6<br>-5 % | 10,3<br>-5 % | 117,7<br>-10 % | 0,193<br>-29 % | 0,0184<br>-47 % |
| VFS | 1,60<br>-83 % | 10,2<br>-80 % | 1,79<br>-82 % | 21,8<br>-83 % | 0,098<br>-64 % | 0,00479<br>-86 % |

**Tabelle 4:** Gemittelte Oberflächenrauheitswerte für MJF Bauteile aus HP 3D HR PA 12 ohne und mit Oberflächenbearbeitung (PSS und VFS).

Durch die Oberflächenbearbeitung werden sowohl Sdq als auch Sdr-Wert deutlich reduziert, was sich auf das Gefühl und Aussehen der Bauteile auswirkt. Die Teile fühlen sich glatter an und weisen eine deutlich glänzendere Oberfläche auf. Die Effekte für PA12 SLS und MJF Bauteile sind vergleichbar. Durch das PSS kommt es primär zu plastischen Verformungen an der Oberfläche, wodurch Spitzen und Täler abgeflacht werden. Dadurch fühlt sich das Bauteil deutlich glatter an und weist einen matten Glanz auf, was auch durch die verringerten Sz, Sdq und Sdr-Werte bestätigt wird. Im Vergleich dazu wird durch das VFS Verfahren die Oberfläche stärker verändert.

© Copyright 2019 DyeMansion GmbH. 11/2019.
Änderungen an diesen Informationen sind ohne Ankündigung vorbehalten.
Für die aktuellsten technischen Daten wenden Sie sich bitte an das DyeMansion Team.

Durch das Anlösen der Oberfläche, die Neuorientierung der Polymerkette und das anschließende, erneute Aushärten der Oberfläche entsteht eine noch glattere Oberfläche. Dies führt dazu, dass alle relevanten Rauheitsparameter (Sa, Sz, Sdq und Sdr) um mehr als 60% reduziert werden. Dadurch fühlt sich das Bauteil nach dem VFS Prozess noch glatter an und weist eine glänzende Oberfläche auf. Die Veränderung der Oberflächen durch die Nachbehandlungsverfahren wird in Abbildung 1 und 2 gezeigt.

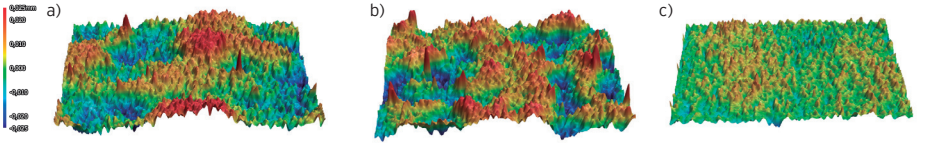



**Abbildung 1:** Oberflächenprofile von SLS Bauteilen aus EOS PA 2200: a) ohne Oberflächenbearbeitung, b) mit PSS und c) mit VFS. Alle Bilder sind in z-Richtung um das 5-fache gestreckt, um die Unterschiede der Rauheit besser zu verdeutlichen.

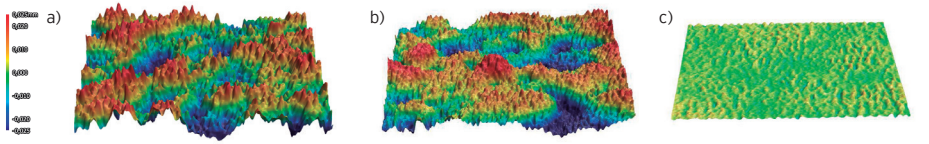



**Abbildung 2:** Oberflächenprofile von MJF Bauteilen aus HP 3D HR PA 12: a) ohne Oberflächenbearbeitung, b) mit PSS und c) mit VFS. Alle Bilder sind in z-Richtung um das 5-fache gestreckt, um die Unterschiede der Rauheit besser zu verdeutlichen.

| OBERFLÄCHEN-BEARBEITUNG (L&V LUVOSINT TPU 92A) | RA [µm] | RZ [µm] | SA [µm] | SZ [µm] | SDQ | SDR |
|---|---|---|---|---|---|---|
| KEINE | 18,9 | 105,8 | 20,7 | 267,5 | 0,588 | 0,158 |
| VFS | 3,34<br>-82 % | 17,1<br>-84 % | 5,47<br>-74 % | 73,6<br>-72 % | 0,087<br>-85 % | 0,00374<br>-98 % |

**Tabelle 5:** Gemittelte Oberflächenrauheitswerte für SLS Bauteile aus L&V LUVOSINT TPU 92A ohne und mit VFS.

Auch für SLS Bauteile aus TPU sieht man in Abbildung 3, dass VFS zu einer glatteren, glänzenderen Oberfläche führt. Da das Ausgansmaterial, das entpulverte TPU Bauteil, druck- und materialbedingt wesentlich rauer ist, als ein PA12 Bauteil, sind hier die Auswirkungen noch deutlicher sichtbar. Die Oberflächen-Parameter, zusammengefasst in Tabelle 5, werden um mindestens 72% verringert.

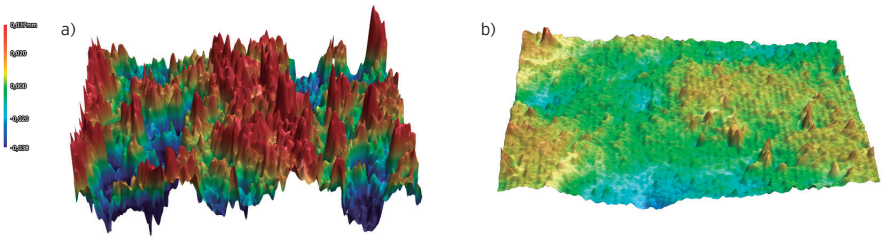



**Abbildung 3:** Oberflächenprofile von SLS Bauteilen aus L&V LUVOSINT TPU 92A: a) ohne Oberflächenbearbeitung, b) mit VFS. Alle Bilder sind in z-Richtung um das 5-fache gestreckt, um die Unterschiede der Rauheit besser zu verdeutlichen.

## GLANZ

Um den Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf den Glanz der Bauteile genauer zu bestimmen, wurden an unbehandelten sowie an PSS und VFS bearbeiteten Bauteilen Glanzmessungen unter einem Winkel von 85° (micro-TRI-gloss, BYK-Gardner GmbH) durchgeführt. Die Ergebnisse für EOS PA 2200 Bauteile sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

| OBERFLÄCHEN-BEARBEITUNG (EOS PA 2200) | GLANZHEIT [GE] |
|---|---|
| KEINE | 0,6 |
| PSS | 3,9<br>+550 % |
| VFS | 24,5<br>+3983 % |

Diese Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse der Rauheitsmessungen. Wie durch die Sdq Werte bereits bestimmt, steigt der Glanz in der Reihe: roh- PSS – VFS an.

**Tabelle 6:** Vergleich der Glanzwerte für ein unbearbeitetes Bauteil sowie Bauteile die mit PSS und VFS bearbeitet wurden.

© Copyright 2019 DyeMansion GmbH. 11/2019.
Änderungen an diesen Informationen sind ohne Ankündigung vorbehalten.
Für die aktuellsten technischen Daten wenden Sie sich bitte an das DyeMansion Team.

## BENETZBARKEIT

Um die Benetzbarkeit der rohen und veredelten Oberflächen genauer zu bestimmen wurde ein Wassertropfen mit einem Volumen von 20µL auf die Oberfläche aufgebracht. Der Radius des Wassertropfens lässt Rückschlüsse auf den Kontaktwinkel des Wassertropfens und damit die Benetzbarkeit der Oberfläche direkt nach Kontakt mit Wasser zu. Abbildung 4 zeigt die Größe des Wassertropfens direkt nach dem Auftropfen. Man sieht, dass der Wassertropfen auf den mit PSS (r= 3,8mm) und VFS (r= 2,7mm) veredelten Oberflächen kleiner ist als auf dem unbearbeiteten Teil (r= 4,5mm), was für hydrophobe Eigenschaften spricht.

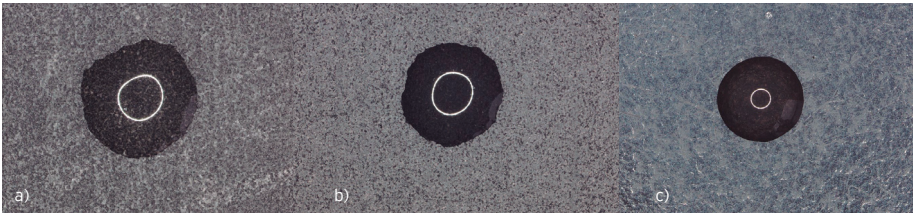
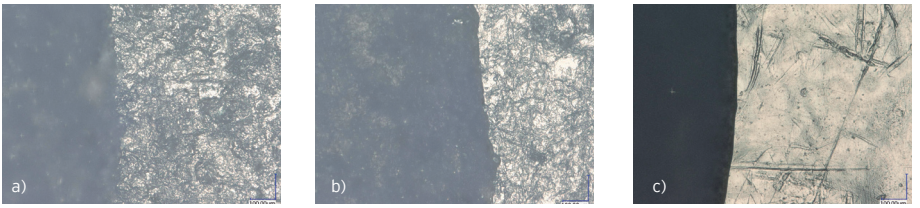
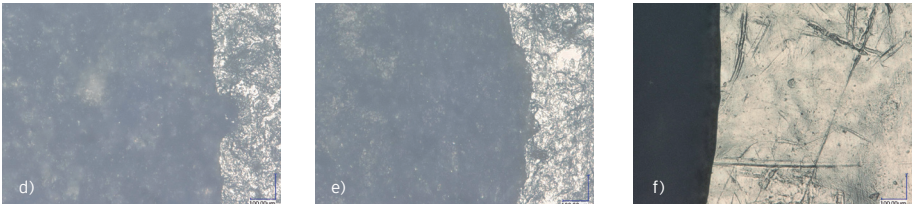



**Abbildung 4:** EOS PA 2200 Bauteile mit einem Wassertropfen mit 20µL Volumen auf unterschiedlich bearbeiteten Oberflächen. a) gefärbtes EOS PA 2200 (r=4,5mm), b) PSS behandeltes, gefärbtes EOS PA 2200 (r=3,8mm), c) VFS behandeltes, gefärbtes EOS PA 2200 (r=2,7mm).

**Abbildung 5:** Ausbreitung eines Wassertropfens auf EOS PA 2200 Bauteilen, welche unterschiedlich nachbehandelt wurden. a) und d) nur gefärbt (DDC), b) und e) PSS+DDC, c) und f) VFS + DDC.




a)-c) zeigt den Wassertropfen direkt nach dem Auftropfen.

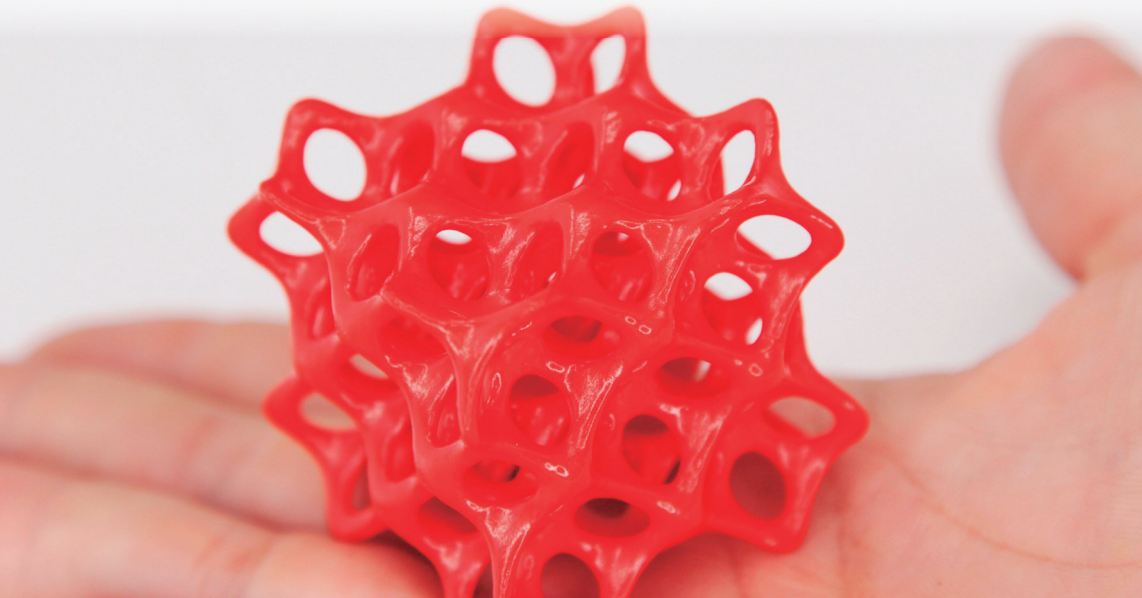



d)-f) wurden eine Minute später aufgenommen.

Betrachtet man die Veränderung des Wassertropfens mit der Zeit, so sieht man in Abbildung 5, dass sich die Front des Wassertropfens innerhalb der ersten Minute nach dem Auftropfen verändert. Die Front auf der unbearbeiteten Oberfläche ist um 300µm verlaufen, während sich die Tropfen auf den bearbeiteten Oberflächen deutlich weniger verbreitert haben. Auf der mit PSS bearbeiteten Oberfläche ist die Front ca. 50µm vorangeschritten, während bei der mit VFS bearbeiteten Oberfläche keine Vergrößerung des Tropfens detektiert werden konnte.

Diese Ergebnisse zeigen, dass durch die Oberflächenbearbeitung 3D-gedruckte Bauteile wesentlich wasserabweisender werden. Dies gilt insbesondere für Bauteile, welche mit dem VFS Prozess bearbeitet wurden. Bei diesen Teilen ist eine Benetzung mit Wasser deutlich erschwert, was im Umkehrschluss eine leichte Reinigung der Oberflächen ermöglicht.

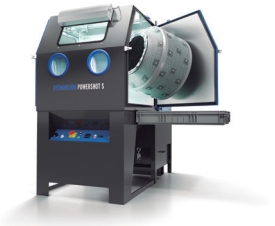
Die Tatsache, dass mit VFS bearbeitete Bauteile wasserabweisend sind, hat aber keinen Einfluss auf die Einfärbbarkeit der Bauteile durch das DeepDye Coloring (DDC). Polyamide und thermoplastische Polyurethane nehmen einen gewissen Anteil an Wasser auf und sind daher auch nach dem VFS Verfahren noch einfärbbar. Erleichternd hinzu kommt, dass das DeepDye Coloring unter Druck stattfindet, wodurch das Eindringen der Färbelösung zusätzlich unterstützt wird.



# FAZIT

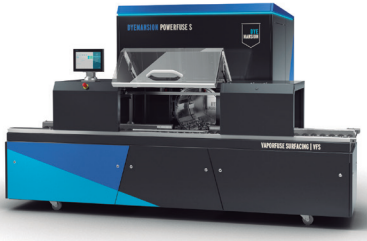
In diesem Whitepaper wurde herausgearbeitet, dass mit den Oberflächenbehandlungsmethoden PolyShot Surfacing und VaporFuse Surfacing deutlich unterschiedliche Oberflächenqualitäten erreicht werden können. Je nach Anforderung an Rauheit und Glanzgrad sowie Anwendung der Bauteile kann das passende Verfahren mit seinen individuellen Vorteilen gewählt werden. Die Effekte der im Whitepaper beschriebenen Prozesse für PA12 Bauteile sind vergleichbar: Durch das PolyShot Surfacing fühlt sich das behandelte Bauteil deutlich glatter an und weist einen matten Glanz auf, was auch durch die verringerten Oberflächenrauheiten Sz, Sdq und Sdr bestätigt wird.

Im Vergleich dazu entsteht beim VaporFuse Surfacing durch das Anlösen der Oberfläche eine noch gleichmäßigere Oberfläche. Dadurch fühlt sich das Bauteil nach dem VFS Prozess noch glatter an und weist eine glänzende und versiegelte Oberfläche auf. Das gilt auch für TPU Bauteile. Der Glanzgrad nimmt ebenfalls bei beiden Verfahren zu, wobei die mit VFS behandelten Bauteile einen höheren Glanz aufweisen als die mit PSS behandelten Teile.



**PolyShot Surfacing (PSS)**
**POWERSHOT S**

- Mechanischer Prozess
- Matt-glänzende Oberflächen
- Erhöhte Kratzbeständigkeit
- Angenehmere Haptik
- Geeignet für harte Polymere wie PA11 oder PA12



**VaporFuse Surfacing (VFS)**
**POWERFUSE S**

- Chemischer Prozess
- Oberflächen auf Spritzgussniveau
- Versiegelte, abwaschbare Oberflächen
- Lösemittel lebensmittelzertifiziert
- Geeignet für alle gängigen harten & flexiblen Kunststoffe wie PA11, PA12 und TPU

## DyeMansion GmbH

Robert-Koch-Straße 1
82152 Planegg, München
Deutschland

+49 89 4141705 00
hallo@dyemansion.com

## Für mehr Informationen:

www.dyemansion.com

## Solidpro GmbH

Benzstraße 15
89129 Langenau
Deutschland
+49 7345 9617-
info@solidpro.de

## Für mehr Informationen:

www.solidpro.de



© Copyright 2019 DyeMansion GmbH. 11/2019.
Änderungen an diesen Informationen sind ohne Ankündigung vorbehalten.
Für die aktuellsten technischen Daten wenden Sie sich bitte an das DyeMansion Team.