

MANUELLE TOPFÄRBUNG VS.
INDUSTRIELLES DEEPDYE COLORING

ZUSAMMENFASSUNG

Als man im 3D-Druck das Pulverbettverfahren hauptsächlich für die Herstellung von Prototypen verwendete, wurde die Topffärbung zu einer überaus populären Methode. Für dieses Verfahren wurden hauptsächlich Kochtöpfe und herkömmliche Textilfarben verwendet. Mit der Entwicklung des 3D-Drucks vom Prototyping zur Serienfertigung änderten sich aber auch die Standards für 3D-gedruckte Produkte. Wer für die Automobil-, Luftfahrt-, Mode- oder Medizinindustrie produziert, weiß, wie anspruchsvoll diese Normen sind. Zusätzlich zu einem reproduzierbaren Färbeprozess ist nicht nur ein detailliertes Fachwissen, sondern auch eine professionelle, kontrollierbare und rückverfolgbare Färbelösung erforderlich. Das manuelle Verfahren mit Kochtöpfen und Textilfarben kann diesen Standards oft nicht gerecht werden. Heute gibt es jedoch Alternativen, die den Anforderungen an hochwertige Produkte gerecht werden. Die marktführende Färbelösung für die industrielle Fertigung ist das DeepDye Coloring (DDC) Verfahren von DyeMansion und das System dahinter, die DyeMansion DM60.

Dieses Whitepaper vergleicht die Topffärbung und das DeepDye Coloring, beschreibt, wie beide Prozesse funktionieren und welche Anwendungsbereiche es jeweils gibt. Die Ergebnisse zeigen, wie sich das manuelle Färben im Topf und der industrielle DDC Prozess unterscheiden und damit die Bauteileigenschaften beeinflussen. Daher wurden verschiedene Parameter wie Licht- und Hitzebeständigkeit (in der Umgangssprache oft als UV-Stabilität bezeichnet), Farbechtheit sowie Kratzfestigkeit auf verschiedenen Materialien (EOS PA 2200 & HP 3D HR PA 12) bewertet. Auch die Auswirkungen einer Oberflächenbehandlung auf die Färbung wurden getestet. Darüber hinaus wird ein Überblick über die von verschiedenen Industrien geforderten Zertifizierungen gegeben und wie sich beide Verfahren in Bezug auf diese unterscheiden.





TOPFFÄRBUNG



Abbildung 1: Klassisches Set-Up für Topffärbung

FUNKTIONSWEISE

Die Topffärbung ist ein sehr einfacher, manueller Prozess. Zum Färben werden die 3D-gedruckten Kunststoffteile in einen herkömmlichen Kochtopf gegeben. Zuerst wird die Textilfarbe direkt in das bereits erhitzte Wasser gegossen, dann werden die Bauteile in das Färbebad gelegt. Da die Größe eines Kochtopfes begrenzt ist, werden für größere Stückzahlen oft mehrere Kochtöpfe genutzt.



Abbildungen 2-4 V.L.N.R.: Textilfarbe wird in den Kochtopf gegossen, Bauteile in das Färbebad gelegt und anschließend getrocknet

ANWENDUNGSFELDER

Mit dem zunehmenden Einsatz des 3D-Drucks für die Serienfertigung sind auch die Anforderungen an 3D-gedruckte Teile gestiegen. Dazu gehören verbesserte Bauteileigenschaften und die Einhaltung bestimmter Normen. Da das Färben in Töpfen diese industriellen Anforderungen oft nicht erfüllen kann, ist es für das Färben solcher Applikationen nicht geeignet. Für das Einfärben von Einzelteilen, die keine exakte Farbgenauigkeit erfordern, für nicht sichtbare Teile oder für Prototypen jedoch eignet sich das manuelle Färbeverfahren. Darüber hinaus kann auch für schwarze Teile, die keinen äußeren Einflüssen wie UV-Licht ausgesetzt sind, die Topffärbung verwendet werden.

ZERTIFIZIERUNGEN

Es ist schwierig, die genauen Inhaltsstoffe konventioneller Textilfarbstoffe und damit die Erfüllung von Gesundheits- oder Sicherheitsnormen sowie anderen Zertifizierungen festzustellen. Wenn man sich die Tests auf Hautreizung oder Zytotoxizität an 3D-gedruckten Kunststoffteilen ansieht, können keine Daten für Textilfarbstoffe gefunden werden.

LIMITATIONEN

Da die Handhabung der Farbe manuell erfolgt, ist die Topffärbung ein schwer kontrollierbarer Prozess. Darüber hinaus erfordert das Verfahren eine manuelle Reinigung der Kochtöpfe, was zu einer hohen Wahrscheinlichkeit der Verschmutzung führt, wenn keine sorgfältige Reinigung erfolgt. Für viele Anwendungen, die im Topf gefärbt werden, ist Schwarz die gängige Farbe. Aber selbst bei dieser Farbe ist die Reproduzierbarkeit nicht gegeben, wie dieses Whitepaper zeigen wird. Eine weitere Herausforderung beim Färben im Topf ist, dass Farben schnell verbleichen, wenn sie UV-Licht oder Hitze ausgesetzt sind. Wenn es um die Farbvielfalt oder die Entwicklung einer bestimmten Farbe nach Farbsystemen wie RAL oder Pantone geht, stößt das Verfahren schnell an seine Grenzen. Die Möglichkeit aber, auf jede beliebige Farbe zurückgreifen zu können, ist jedoch für sichtbare Anwendungen extrem wichtig. An dieser Stelle muss betont werden, dass die für die Topffärbung verwendeten Textilfarbstoffe nicht für die Verwendung auf 3D-gedruckten Teilen getestet oder zertifiziert sind, so dass keine ISO-Zertifizierungen hinsichtlich Zytotoxizität oder Hautreizung garantiert werden können. Wenn es um verschiedene Materialien geht, kann nur ein „Trial-and-Error“-Verfahren in Bezug auf Durchlaufzeit und erforderliche Temperatur durchgeführt werden.



DEEPDYE COLORING (DDC)

FUNKTIONSWEISE



Abbildung 5: DyeMansion DM60

Die führende industrielle Färbelösung für marktreife Applikationen in großem Maßstab ist die DyeMansion DM60 und der dazugehörige DeepDye Coloring (DDC) Prozess. Das automatisierte System ermöglicht einen stabilen Prozess, der für den Anwender nicht einfacher sein könnte und jederzeit reproduzierbar ist. Exakte Farb-rezepturen in Form von Farbkartuschen, die mit RFID-Technologie ausgestattet sind, gewährleisten einen rückverfolgbaren, QM-tauglichen Prozess ohne manuelle Pigmenthandhabung. Je nach Basismaterial, Oberflächenbeschaffenheit und Volumen der Teile wird eine bestimmte Farb-rezeptur bereitgestellt. Der Anwender muss lediglich den Chip scannen, die Kartusche in den Korb einlegen und diesen mit Teilen befüllen. Der Rest des Färbeprozesses ist voll automatisiert. Beim Arbeiten mit der DM60 können zusätzlich verschiedene Prozessparameter wie z.B. Temperatur, Zeit, Rührgeschwindigkeit und Nachbehandlung geregelt werden. Nach dem DDC Prozess garantiert ein automatisiertes Reinigungsprogramm, dass das nächste Färben der Teile einwandfrei verläuft. Dank des integrierten Reinigungsprogramms ist ein schneller Farbwechsel kein Problem.



Abbildungen 6-8 V.L.N.R.: Der DeepDye Coloring (DDC) Prozess: Einlesen der Kartusche, Einlegen in den Korb, Befüllung des Korbes mit Bauteilen

ANWENDUNGSFELDER

3D-gedruckte Produkte sind heute in vielen verschiedenen Branchen zu finden: Von perfekt sitzenden Brillen bis hin zu maßgefertigten Orthesen.

BRANCHE	BEISPIELE FÜR 3D-GEDRUCKTE APPLIKATIONEN
KONSUMGÜTER	Brillen, Schmuck, Schuhsohlen, Sportartikel, Innenausstattung etc.
AUTOMOBIL	Ersatzteile, Interior-Komponenten, Luftleitsysteme etc.
MEDIZIN	Orthesen, Prothesen, medizinische Hilfen etc.
INDUSTRIE	Außengehäuse, industrielle Greifer etc.



Abbildung 9: Brille von Götti Switzerland



Abbildung 10: Ersatzteile von Daimler Buses



Abbildung 11: Bionische Orthese von HKK Bionics



Abbildung 12: Handscanner von ProGlove

Dank der größten zertifizierten Farbdatenbank auf dem Markt kann DeepDye Coloring für die meisten 3D-gedruckten Endprodukte verwendet werden. Der DDC Prozess bietet zudem maximale Flexibilität: Individuelle Farbwünsche können mit dem DyeMansion Color Matching auf Basis physikalischer Muster oder Farbreferenzen (wie RAL oder Pantone) entwickelt werden. Wenn spezielle Bauteileigenschaften, wie z.B. eine verbesserte UV-Stabilität benötigt werden, gibt es spezielle Optionen für diese Anforderungen. Die DyeMansion Colors^x sind hier ein gutes Beispiel. Die Automotive^x und Neon^x Farben wurden speziell nach den Anforderungen einzelner Branchen entwickelt. Zum einen die Nachfrage nach kräftig leuchtenden Farben im Konsumgüter-Bereich, zum anderen nach Farben mit verbesserter Licht- und Hitzebeständigkeit im Automobilbereich. Solche individuellen Lösungen können mit der Topffärbung nicht angeboten werden.

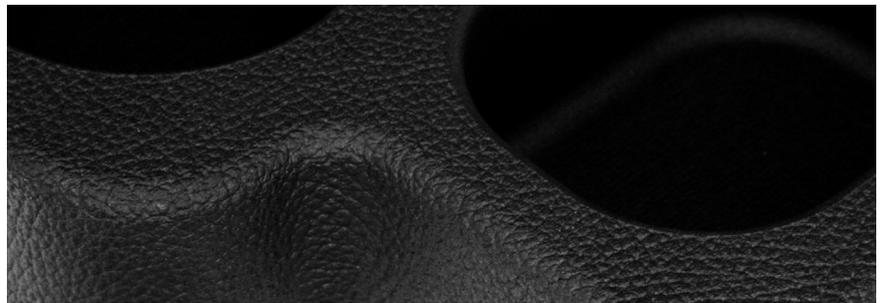


Abbildung 13: HP 3D HR PA 12 Getränkehalter, gefinisht mit PolyShot Surfacing & gefärbt in Automotive Black^x



WHITEPAPER: AUTOMOTIVE BLACK^x

Erfahren Sie mehr über Automotive Black^x, das neue 3D-gedruckte Applikationen für den Fahrzeuginnenraum ermöglicht. Diese Farblinie wurde gemäß der häufig genutzten ISO 105-B06 Norm entwickelt.



ZERTIFIZIERUNGEN

Alle oben genannten Applikationen (siehe Anwendungsbereiche) sind dem Sonnenlicht ausgesetzt oder stehen in Kontakt mit der menschlichen Haut. Daher sollten die Hersteller dieser Anwendungen auf Themen wie Hautverträglichkeit oder Licht- und Hitzebeständigkeit achten. Für den DDC Prozess, der speziell für 3D-gedruckte Kunststoffen entwickelt wurde, liegen verschiedene ISO-Zertifizierungen vor. Dies macht den DDC Prozess zu einer bewährten Technologie, die in den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt werden kann (siehe Anwendungsbereiche). Die folgenden Zertifikate können für die mit dem DDC Prozess in der DM60 gefärbten Applikationen vorgewiesen werden:

- ✓ **ZYTOTOXIZITÄT (NACH ISO 10993-5 & 10993-12)¹**
- ✓ **HAUTREIZUNG (NACH ISO PROTOKOLL TC 194 WG 8 & NORM 10933-12)¹**
- ✓ **FARBECHTHEIT²:**
 - Reibechtheit (ISO 105-X12)
 - Waschechtheit (ISO 105-C06)
 - Bleichechtheit (20105-N01)
 - Schweißechtheit (ISO 105-E04)
- ✓ **KRAZBESTÄNDIGKEIT (PV3952)²**
- ✓ **LICHT- UND HITZEBESTÄNDIGKEIT (NACH ISO 105-B06, METHODE 3)³**

Zusätzlich sind folgende Erklärungen verfügbar: REACH (Regulierung EC 1907/2006), TSCA (Toxic Substance Control Act) und RoHS (EU Richtlinie 2011/65/EU).

LIMITATIONEN

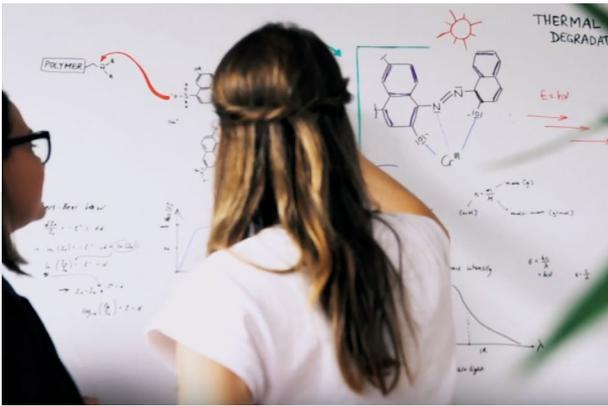
Im Vergleich zur Topffärbung ist eine mögliche Einschränkung beim DeepDye Coloring die Prozesszeit. Auch wenn die Haltezeit kürzer ist als bei der Topffärbung, benötigt die DM60 länger, um eine kontrollierte Erwärmung und Abkühlung zu gewährleisten. Aus Sicherheitsgründen können die Bauteile erst aus der DM60 entnommen werden, wenn der Prozess beendet ist. Bei der Topffärbung ist eine Abkühlung nicht notwendig, da die Teile jederzeit entnommen werden können. Aufgrund der festen Größe des Korbes ist das Färbvolumen auf die Abmessungen von 360 mm Höhe und 390 mm Durchmesser begrenzt, was wiederum wesentlich größer ist als die meisten verfügbaren Kochtöpfe. Ein weiterer Punkt ist die erforderliche Infrastruktur wie Druckluft und demineralisiertes Wasser.

¹Getestet auf EOS PA 2200 mit PSS & DDC Finish in Kombination mit allen in unseren Standard- und RAL Farben verwendeten Farbstoffen & Chemikalien.

²Getestet auf EOS PA 2200 mit PSS & DDC Finish, gefärbt mit DM Black 01.

³Getestet auf EOS PA 2200, EOS PA 1101 und HP 3D HR PA 12 mit PSS & DDC Finish, gefärbt mit Automotive Black⁴.

UNTERSUCHE BAUTEILEIGENSCHAFTEN



Die Qualität einer Färbelösung lässt sich durch folgende Messungen sehr einfach beurteilen. Für Endprodukte sind Licht- und Hitzebeständigkeit, Kratzfestigkeit und Farbechtheit besonders wichtig.

LICHT- UND HITZEBESTÄNDIGKEIT

Aufgrund der organischen Natur der Farbstoffe neigen diese dazu im Sonnenlicht zu verblassen. Künstliches Licht ermöglicht es, beschleunigte Tests der Licht- und Hitzebeständigkeit durchzuführen. Während dieser Prüfung werden gefärbte Teile bestimmten Bestrahlungs-, Hitze- und Feuchtigkeitsbedingungen ausgesetzt. Die durch die Bewitterung hervorgerufene Farbveränderung wird nach der Belichtung gemessen.

KRAZBESTÄNDIGKEIT

Kratzer sind im Alltag schwer zu vermeiden. Aus diesem Grund ist es wichtig, kratzfeste Oberflächen für Bauteile zu erzielen. Der Versuchsaufbau besteht aus der mechanischen Bewegung einer Spitze, die mit einer bestimmten Kraft über die Oberfläche des gefärbten Teils geht. Die Farbveränderung wurde gemessen, um die Kratzbeständigkeit zu bestimmen.

FARBECHTHEIT

Neben dem Sonnenlicht können eingefärbte Applikationen auch durch mechanische und chemische Kräfte ausbleichen. Dazu gehören Wasch- und Bleichmittel sowie Schweiß, der mit dem 3D-Druckteil in Berührung kommt. Daher sollte ihr Einfluss auf die Farbechtheit geprüft werden. Es gibt verschiedene Testaufbauten, um die einzelnen Einflüsse bestmöglich zu simulieren. In der Regel wird das gefärbte Teil den jeweiligen Chemikalien unter unterschiedlichen mechanischen Belastungen mit unterschiedlichen Faserstoffen ausgesetzt. Anschließend wird die Farbveränderung von dem gefärbten Teil als auch von dem verwendeten Übertragungsmedium untersucht.

UNTERSUCHE BAUTEILEIGENSCHAFTEN

Die Grundlage für den Vergleich zwischen Topffärbung und dem DDC Prozess sind Kunststoffteile, die mit der Selective Laser Sintering (SLS) und Multi Jet Fusion (MJF) Technologie produziert wurden. Die Teile wurden mit den beiden unterschiedlichen Verfahren und entsprechenden Farbstoffen schwarz eingefärbt. Für die Topffärbung wurde ein weit verbreiteter kommerziell erwerblicher schwarzer Textilfarbstoff verwendet (im Folgenden: Textilfarbstoff). Dieser wurde mit Hilfe mehrerer Videos und Anleitungen zum Färben von 3D-gedruckten Bauteilen ausgewählt. Er wurde entsprechend den Anweisungen auf der Verpackung verwendet. Für den DDC Prozess wurde die Standard Farbe Schwarz von DyeMansion, DM Black 01 genannt, und eine Kartusche in der Größe M in der DM60 verwendet. Der Testaufbau ist in Tabelle 1 & 2 (nächste Seite) zu finden.

TECHNOLOGIE	SYSTEM	MATERIAL	MATERIALBEZEICHNUNG	SCHICHTDICKE
SLS	EOS Formiga P 110	PA 12	EOS PA 2200	100µm
MJF	HP Jet Fusion 3D 4200	PA 12	HP 3D HR PA 12	80µm

Tabelle 1: Verwendete Druck-Technologien und Parameter



Abbildung 14: Ungefinishtes EOS PA 2200 Musterteil



Abbildung 15: Ungefinishtes HP 3D HR PA 12 Musterteil

PROZESS	FARBSTOFF	FÄRBEZEIT (OHNE AUFHEIZEN & ABKÜHLEN)	TEMPERATUR
Topffärbung	Textilfarbstoff	ca. 60 min.	90°C
DeepDye Coloring	DM Black 01	ca. 30 min.	115°C

Tabelle 2: Verwendete Färbeparameter



Abbildung 16: EOS PA 2200 Muster, gefärbt mit Textilfarbstoff (links) und mit DM Black 01 (rechts) - Parameter: s. Tabelle 2

ANMERKUNG

Die Ergebnisse von Topffärbung und DeepDye Coloring mit der DM60 sind sehr unterschiedlich. Während die mit dem DM Black 01 eingefärbten Teile schwarz waren, färbten sich die im Kochtopf eingefärbten Teile je nach Drucker, Material oder Drucktechnik leicht blau.

Die Testergebnisse wurden anhand eines Graumaßstabs ausgewertet und visuell überprüft. Der Graumaßstab ist eine Methode zur standardisierten Bewertung der Farbveränderung und der Helligkeit (ΔE). Er besteht aus 5 Noten und kann wie folgt interpretiert werden:

NOTE 1: Höchste Farbveränderung, schlechtestes Ergebnis

NOTE 5: Keine Farbveränderung, bestes Ergebnis

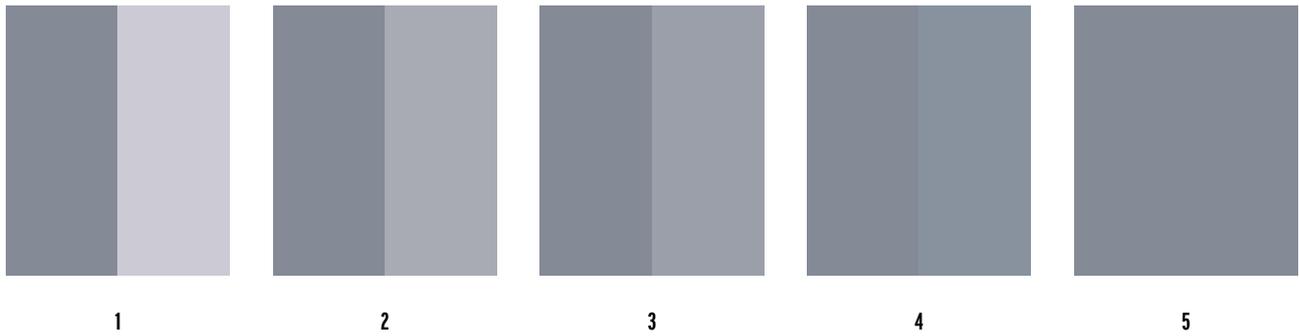


Abbildung 17: Graumaßstab



Abbildung 18: Visueller Vergleich eines Musterteils (vor und nach dem Test) anhand des Graumaßstabs

LICHT- UND HITZEBESTÄNDIGKEIT

ISO 105-B06, METHODE 3

Die Teile wurden mit dem DDC Prozess in DM Black 01 bzw. durch Topffärbung mit dem Textilfarbstoff eingefärbt. In einem Lichtechtheitsprüfgerät (Q-Lab Xe3-HBS) wurden die Teile der Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die Lichtechtheit wurde angelehnt an die Norm für Heißbestrahlung DIN EN ISO 105-B06 Methode 3 (Tabelle 3) geprüft, die von vielen Automobilfirmen für Innenteile durchgeführt werden. Die durchgeführte Lichtechtheitsprüfung nach DIN EN ISO 105-B06 umfasst eine konstante Erhitzung bei einer Kammerlufttemperatur von 65 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 %. Die 3D-gedruckten und eingefärbten Teile wurden drei Xenon-Lampen mit einer Bestrahlungsstärke von jeweils 60 W/m² ausgesetzt. Es wurden drei Zyklen mit einer Dauer von 45 h pro Zyklus durchgeführt, die insgesamt 135 h Bestrahlung ergaben.

PARAMETER	WERT
Probentemperatur (Insulated Black Panel)	100 °C
Kammerlufttemperatur	65 °C
Relative Luftfeuchtigkeit	30%
Bestrahlungsstärke (TUV Sensor 300-400 nm)	60 W/m ²
Zyklenzahl	3
Zykluszeit	45 h
Insgesamte Testzeit	135 h

Die Ergebnisse der beiden Materialien (EOS PA 2200 und HP 3D HR PA 12), die mit den beiden unterschiedlichen Farbstoffen eingefärbt wurden (Textilfarbstoff & DM Black 01) sind in Tabelle 4 (Seite 11) dargestellt. Zur Bestimmung des Einflusses der Oberflächenbehandlung auf die Färbung, wurden sowohl unbehandelte als auch mit DyeMansion's PolyShot Surfacing (PSS) behandelte Teile getestet. Während des automatisierten, mechanischen Prozesses werden die Berge und Täler der Oberfläche des Bauteils durch mit Druckluft beschleunigtes Strahlgut angeglichen, wodurch eine homogenere Oberflächenbeschaffenheit erreicht wird.

Tabelle 3: Verwendete Lichtechtheitsparameter angelehnt an die Norm DIN EN ISO 105-B06, Methode 3



Abbildung 19 & 20: Visualisierung eines HP 3D HR PA 12 Bauteils gefärbt mit DDC in DM Black 01 ohne (links) und mit PolyShot Surfacing (rechts) vor der Färbung



WHITEPAPER: STATE-OF-THE-ART SURFACING

Wenn Sie sich für die verschiedenen Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung interessieren, hilft Ihnen dieses Whitepaper. Es vergleicht unser PolyShot Surfacing (PSS) und VaporFuse Surfacing (VFS), das Spritzguss ähnliche Oberflächen liefert.



Die konventionelle Topffärbung mit dem Textilfarbstoff zeigt eine hohe Farbverblassung (Graustufe 1 - 1,5). Die DM Black 01 Färbung mit DDC hingegen schloss die Lichtechtheitsprüfung der Norm ISO 105-B06 mit einem Grauwert von 3,5 - 4 ab. Dies unterstreicht, dass mit dem Topf gefärbte Bauteile nur für nicht sichtbare Teile verwendet werden sollten, die geringe Anforderungen an die Beständigkeit gegen Sonnenlicht und Hitze haben.

MATERIAL	TECHNOLOGIE	FARBE	FINISH	ΔE	GRAUMASSSTAB
EOS PA 2200	SLS	Textilfarbstoff	Raw	24,57	1 - 1,5
			PSS	23,13	1 - 1,5
		DM Black 01	Raw	5,38	3,5 - 4
			PSS	4,11	3,5 - 4
HP 3D HR PA 12	MJF	Textilfarbstoff	Raw	16,39	1 - 1,5
			PSS	17,90	1 - 1,5
		DM Black 01	Raw	5,98	3,5 - 4
			PSS	3,89	3,5 - 4

Tabelle 4: Ergebnisse der Lichtechtheitsprüfung

EOS PA 2200



Abbildung 21: DM Black 01 auf EOS PA 2200 (PSS) vor & nach der Lichtechtheitsprüfung



Abbildung 22: Textilfarbstoff EOS PA 2200 (PSS) vor & nach der Lichtechtheitsprüfung

Die Abbildungen 21 & 22 zeigen das Material EOS PA 2200 (weißes Rohmaterial), das mit PSS behandelt und mit DM Black 01 (Abbildung 21) bzw. Textilfarbstoff (Abbildung 22) eingefärbt wurde. Jedes Bild zeigt die Teile vor (links) und nach (rechts) der Lichtechtheitsprüfung.

HP 3D HR PA 12



Abbildung 23: DM Black 01 auf HP 3D HR PA 12 (PSS) vor & nach der Lichtechtheitsprüfung



Abbildung 24: Textilfarbstoff HP 3D HR PA 12 (PSS) vor & nach der Lichtechtheitsprüfung

Die Abbildungen 23 und 24 zeigen das Material HP 3D HR PA 12 (graues Rohmaterial), das mit PSS und den links erwähnten Farbstoffen vor und nach der Lichtechtheitsprüfung gefinisht wurde. In beiden Fällen ist nach PolyShot Surfacing eine leichte Verbesserung gegenüber dem Rohmaterial zu beobachten. Mit Automotive Black^x kann die ISO 105-B06 erfüllt werden, da nach dem Bewitterungstest Graustufenwerte von 4,5 - 5 erreicht werden können.

KRAZBESTÄNDIGKEIT

PV3952

In den folgenden Tests konzentriert sich das Whitepaper auf die mit dem Textilfarbstoff eingefärbten Materialien EOS PA 2200 und HP 3D HR PA 12 sowie das Standard-Schwarz DM Black 01 von DyeMansion. Vor den Tests wurden die Proben bei Normalklima (23 °C, 50 % r. F.) für 48 h konditioniert. Kratzfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit eines Materials gegen mechanische Einwirkungen. Um diese Eigenschaft zu simulieren, wurde eine Spitze (1 mm) mit einer Kraft von 5 N verwendet. Mit einer mehrfach verwendbaren Kratzvorrichtung wurde ein Raster mit einem Linienabstand von 2 mm auf die Oberfläche aufgebracht. Die verwendeten Testparameter sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Zur Auswertung der Ergebnisse wurde die Farbe vor und nach dem Test gemessen, um die Farbveränderung zu bestimmen.

PARAMETER	WERT
Normalklima	23 +/- 5 °C; 50 % Feuchtigkeit
Kraft	5 N
Kratzgeschwindigkeit	1000 mm/min
Linienabstand	2 mm
Testbereich	40 x 40 mm
Spitze	1,0 mm
Farbmessung	45°/0° Geometrie, D65 Licht

Tabelle 5: Parameter für den Kratzbeständigkeitstest nach PV3952

Die ΔE Werte zeigen die Farbveränderung des Materials vor und nach dem Kratzfestigkeitstest an. Die Ergebnisse, die in Tabelle 6 dargestellt sind, zeigen, dass die Wahl der Farbe keinen Einfluss auf die Kratzfestigkeit des Materials hat. Bei beiden Färbeverfahren wurden ähnliche Ergebnisse mit nur einer geringen Farbabweichung im Vergleich zur Referenz erzielt.

MATERIAL	TECHNOLOGIE	KRAFT	FARBE	FINISH	ΔE
EOS PA 2200	SLS	5 N	Textilfarbstoff	PSS	1,32
			DM Black 01	PSS	1,29

Tabelle 6: Ergebnisse des Tests nach PV3952

FARBECHTHEIT



WASCHECHTHEIT: ISO 105-C06 METHODE C1S

Die Proben beider Materialien, eingefärbt in DM Black 01 bzw. dem schwarzen Textilfarbstoff, wurden mit verschiedenen Faserstoffen wie z.B. Celluloseacetat (CA), Baumwolle (CO), Polyamid (PA), Polyester (PES), Polyacrylat (PAC) und Schurwolle (WV) in Kontakt gebracht.

ABKÜRZUNG	BEZEICHNUNG
CA	Celluloseacetat
CO	Baumwolle
PA	Polyamid
PES	Polyester
PAC	Polyacrylat
WV	Schurwolle

Tabelle 7: Material-Abkürzungen

PARAMETER	WERT
Temperatur	60 +/- 2 °C
Waschmittel	4 g/L ECE
Flüssigkeitsvolumen	50 mL
pH	10,5 +/- 0,1
Stahlkugeln	25
Testzeit	30 min

Tabelle 8: Testparameter nach ISO 105-C06, Methode C1S

Anschließend wurde die Kombination aus Bauteil und Faser in einer Seifenlösung mechanisch gerührt, gespült und getrocknet. Danach wurden Musterteil und Faserstoff getrennt und die Färbung der Stoffe sowie die Farbabweichung der Proben mit dem Graumaßstab beurteilt.

Die Ergebnisse der Färbung setzen sich aus dem Durchschnitt der einzelnen Waschversuche mit den entsprechenden Faserstoffen zusammen. Die Abbildungen 25 und 26 zeigen die Ergebnisse der Farbechtheitsprüfung beim Waschen zwischen dem Textilfarbstoff und DM Black 01 auf den verschiedenen Stoffmaterialien.

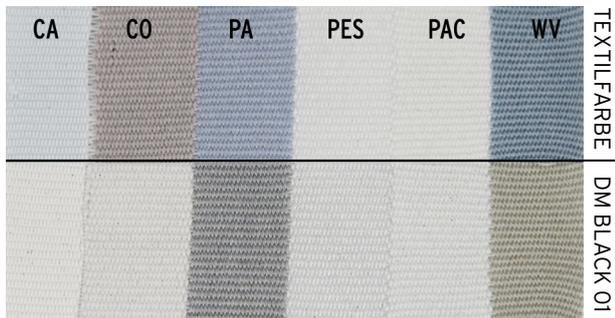


Abbildung 25: Ergebnisse für EOS PA 2200



Abbildung 26: Ergebnisse für HP 3D HR PA 12

MATERIAL	TECHNOLOGIE	FARBE	FINISH	DURCHSCHNITT ANBLUTEN	FARBVERÄNDERUNG BAUTEIL
EOS PA 2200	SLS	Textilfarbstoff	Raw	2,5 - 3	4 - 5
			PSS	2,5 - 3	3 - 4
		DM Black 01	Raw	3 - 3,5	4 - 5
			PSS	3 - 3,5	4 - 5
HP 3D HR PA 12	MJF	Textilfarbstoff	Raw	2,5 - 3	4
			PSS	2,5 - 3	4
		DM Black 01	Raw	3 - 3,5	4 - 5
			PSS	3 - 3,5	4 - 5

Tabelle 9: Ergebnisse des Waschechtheitstest nach ISO 105-C06

Tabelle 9 zeigt, dass die Färbung mit dem DDC Prozess in DM Black 01 etwas bessere Ergebnisse erzielt als die Färbung mit dem Textilfarbstoff. Für die beiden mit dem schwarzen Textilfarbstoff gefärbten Materialien EOS PA 2200 und HP 3D HR PA 12 liegt der Grauwert bei der Färbung bei 2,5 - 3. Dagegen liegt der Mittelwert des Anblutens bei beiden Materialien, die mit DM Black 01 gefärbt wurden, bei 3 - 3,5. Bei den im Topf gefärbten Materialien ist je nach Ausrüstung und Material eine Farbabweichung zwischen 3 - 4 und 4 - 5 zu beobachten. Die im DDC Prozess mit DM Black 01 eingefärbten Materialien weisen eine Farbabweichung von 4 - 5 auf. Zusammengefasst bedeutet dies, dass in DM Black 01 eingefärbte Materialien eine etwas höhere Waschechtheit aufweisen als die im Topf gefärbten Bauteile. Gleichzeitig zeigt die PSS-Behandlung keinen signifikanten Einfluss auf die Waschechtheit.

In den folgenden Farbechtheitstests werden aufgrund der Ähnlichkeit der Werte nur die mit dem PolyShot Surfacing Finish erzielten Ergebnisse dargestellt.

BLEICHECHTHEIT: ISO 105-N01

In diesem Test wurde die Farbbeständigkeit der in DM Black 01 und Textilfarbstoff gefärbten Proben gegenüber der Einwirkung von Bleichbädern, die Natriumhypochlorit in Konzentrationen enthalten, die normalerweise in kommerziellen Bleichmitteln verwendet werden, bei einer Temperatur von 20 +/- 2 °C für 30 Minuten bestimmt. Die Farbveränderung wurde mit dem Graumaßstab bewertet.

PARAMETER	WERT
Flüssigkeit	Natriumhypochlorit
Flüssigkeitsverhältnis	+/- 1:50
Temperatur	20 +/- 2 °C
Zeit	30 min
Lagerung	Dunkel

Die Ergebnisse des Farbechtheitstests auf Bleichen für Proben, die mit Textilfarbstoff und DM Black 01 gefärbt wurden, sind in Tabelle 13 dargestellt. Im Fall von EOS PA 2200 wurden mit DDC im Vergleich zur Topffärbung bessere Werte erzielt. Für HP 3D HR PA 12 erzielte DM Black 01 einen Graumaßstab Wert von 4 - 5, wohingegen die Topffärbung nur einen Wert von 3 - 4 ergibt.

Tabelle 12: Testparameter nach ISO 105-N01

MATERIAL	TECHNOLOGIE	FARBE	FINISH	FARBVERÄNDERUNG BAUTEIL
EOS PA 2200	SLS	Textilfarbstoff	PSS	4
		DM Black 01	PSS	4 - 5
HP 3D HR PA 12	MJF	Textilfarbstoff	PSS	3 - 4
		DM Black 01	PSS	4 - 5

Tabelle 13: Ergebnisse des Tests für Bleichechtheit nach ISO 105-N01

SCHWEISSECHTHEIT: ISO 105-E04

Die in DM Black 01 und Textilfarbe gefärbten Proben wurden mit benachbarten, in zwei verschiedenen Lösungen (sauer und alkalisch) getränkten Faserstoffen in Kontakt gebracht. Die Proben auf dem Stoff wurden zwischen zwei Platten bei einem bestimmten Druck in einer Testvorrichtung platziert. Alle Einzelheiten der Testparameter sind in Tabelle 14 (nächste Seite) zusammengefasst. Nach der Testperiode wurden die Proben und die angrenzenden Faserstoffe separat getrocknet und die Farbveränderung jeder Probe sowie die Färbung der Faser durch Vergleich mit dem Graumaßstab beurteilt.

	PARAMETER	WERT
PH	basisch	8 +/- 0,2
	sauer	5,5 +/- 0,2
VORBEHANDLUNG	Flüssigkeitsverhältnis	+/- 1:50
	Zeit	30 min
TESTBEDINGUNGEN	Zeit	240 min
	Temperatur	37 +/- 2 °C

Tabelle 14: Testparameter nach ISO 105-E04

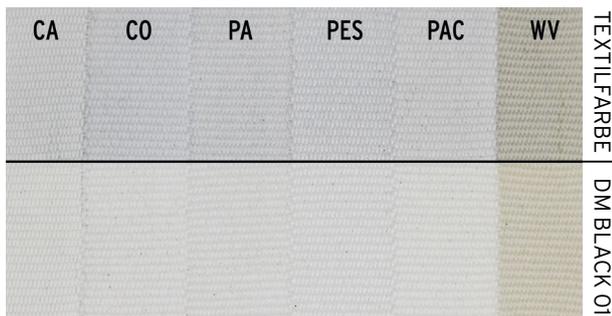


Abbildung 27: Ergebnisse für EOS PA 2200

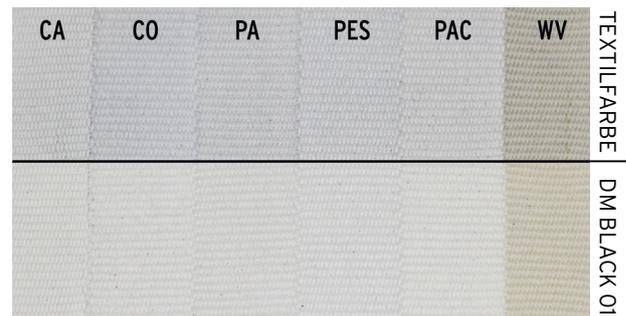


Abbildung 28: Ergebnisse für HP 3D HR PA 12

Die Abbildungen 27 & 28 zeigen die Ergebnisse der einzelnen Tests zur Schweißechtheit mit den verschiedenen Stoffmaterialien. In Tabelle 15 sind die Mittelwerte der verschiedenen Abfärbungen sowie die Farbabweichung für die sauren und alkalischen Tests aufgeführt.

MATERIAL	TECHNOLOGIE	FARBE	FINISH	BASISCH		SAUER	
				Ø ANBLUTEN	FARBVER-ÄNDERUNG BAUTEIL	Ø ANBLUTEN	FARBVER-ÄNDERUNG BAUTEIL
EOS PA 2200	SLS	Textilfarbstoff	PSS	3,5 - 4	4 - 5	2,5 - 3	3 - 4
		DM Black 01	PSS	4,5	4 - 5	3 - 3,5	4 - 5
HP 3D HR PA 12	MJF	Textilfarbstoff	PSS	3,5 - 4	4	3 - 3,5	4
		DM Black 01	PSS	4,5	4 - 5	3 - 3,5	4 - 5

Tabelle 15: Ergebnisse des Schweißechtheitstests nach ISO 105-E04

Beide Färbeverfahren erreichen bei den alkalischen Schweißechtheitstests bessere Werte als bei den sauren Tests. Für beide Materialien, EOS PA 2200 und HP 3D HR PA 12, wird beim Färben mit dem Topffärbeverfahren ein Mittelwert des Anblutens von 3,5 - 4 bzw. 2,5 - 3 erzielt. Die Farbveränderung umfasst einen Graustufenwert von 4 und 4 - 5 oder 3 - 4 und 4, je nach dem pH-Wert der Prüfung. Im Gegensatz dazu konnten beim Färben mit dem DDC Prozess große Verbesserungen beobachtet werden. Bei der Prüfung mit alkalischen Lösungen wurde ein Mittelwert des Anblutens von 4,5 und ein Farbabweichungswert von 4 - 5 erreicht. Bei Tests mit sauren Lösungen wurde ein Mittelwert des Anblutens von 3 - 3,5 erreicht. In diesem Fall zeigte die Farbveränderung einen Graustufenwert von 4 - 5.

ZUSAMMENFASSUNG

Hinsichtlich der in diesem Whitepaper untersuchten Bauteileigenschaften, wie Licht- und Hitzebeständigkeit, Kratzfestigkeit und Farbechtheit, kann das DeepDye Coloring (DDC) in den verschiedenen durchgeführten Tests bessere Ergebnisse erzielen. Insbesondere die Ergebnisse zur Licht- und Hitzebeständigkeit zeigten, dass im Topf eingefärbte Teile im Vergleich zum DDC Prozess schnell verblassen. Wenn es um die Farbvielfalt geht, stößt die Topffärbung an ihre Grenzen, da es schwierig ist, konsistente Farben mit einem Prozess zu entwickeln, der nicht zu 100% reproduzierbar ist. Für einzelne Teile, Prototypen oder nicht sichtbare Teile, die weder Hitze noch Licht ausgesetzt sind, eignet sich die Topffärbung. Das manuelle Verfahren eignet sich jedoch nicht für hochwertige und marktreife Applikationen.

Das DeepDye Coloring mit dem Kartuschensystem bietet eine Lösung für einen stabilen und reproduzierbaren Färbeprozess, der für jedes 3D-gedruckte Produkt geeignet ist.

Alle Erkenntnisse aus diesem Whitepaper in Bezug auf die beiden untersuchten Färbeverfahren sind auf Seite 18 zusammengefasst.

AUF EINEN BLICK



TOPFFÄRBUNG

- ✓ Kaum kontrollierbarer, manueller "Trial & Error"-Prozess
- ✓ Keine zertifizierte Hardware verfügbar
- ✓ Manuelle Reinigung der Töpfe erforderlich
- ✓ Stark eingeschränkte Farbauswahl
- ✓ Farben verblassen schnell unter UV-Licht und Hitze
- ✓ Konventionelle Textilfarbstoffe sind für 3D-gedruckte Kunststoffe nicht offiziell zertifiziert: Es können keine ISO-Zertifizierungen für die Biokompatibilität (Zytotoxizität, Hautreizung usw.) garantiert werden
- ✓ Anwendungsbereiche: Geeignet für Einzelstücke oder Prototypen, die keine exakte Farbgenauigkeit erfordern



DEEPLYE COLORING (DDC)

- ✓ Industrieller, rückverfolgbarer und automatisierter "Plug & Play"-Prozess
- ✓ DM60 & Zusatzlösungen als zertifizierte Hardware verfügbar
- ✓ Integriertes und automatisiertes Reinigungsprogramm
- ✓ Größte Farbvielfalt auf dem Markt - von der standardisierten Farbdatenbank bis zu maßgeschneiderten Rezepturen
- ✓ Spezielle Lösungen für die Industrie, z.B. Automotive^x Colors mit verbesserter Licht- und Hitzebeständigkeit
- ✓ Zertifizierte und bewährte Farben für die High-End-Fertigung
- ✓ Kann für jedes 3D-gedruckte Produkt verwendet werden





DyeMansion GmbH

Robert-Koch-Strasse 1
82152 Planegg-Munich
Deutschland

+49 89 4141705 00
hallo@dyemansion.com

DyeMansion North America Inc.

4020 S. Industrial Drive, #160
Austin, TX, 78744
USA

+1 737 205 5727
hello@dyemansion.com

Für mehr Informationen:

www.dyemansion.com

Folge uns auf:

 DyeMansion  DyeMansion  WeAreDyeMansion  WeAreDyeMansion  WeAreDyeMansion



**drucker
fachmann.de**

Ihre Ansprechpartner bei druckerfachmann.de
erreichen Sie unter

3d@druckerfachmann.de oder telefonisch

0800 220 21 00

**HOME OF A
COLORFUL
FUTURE.**