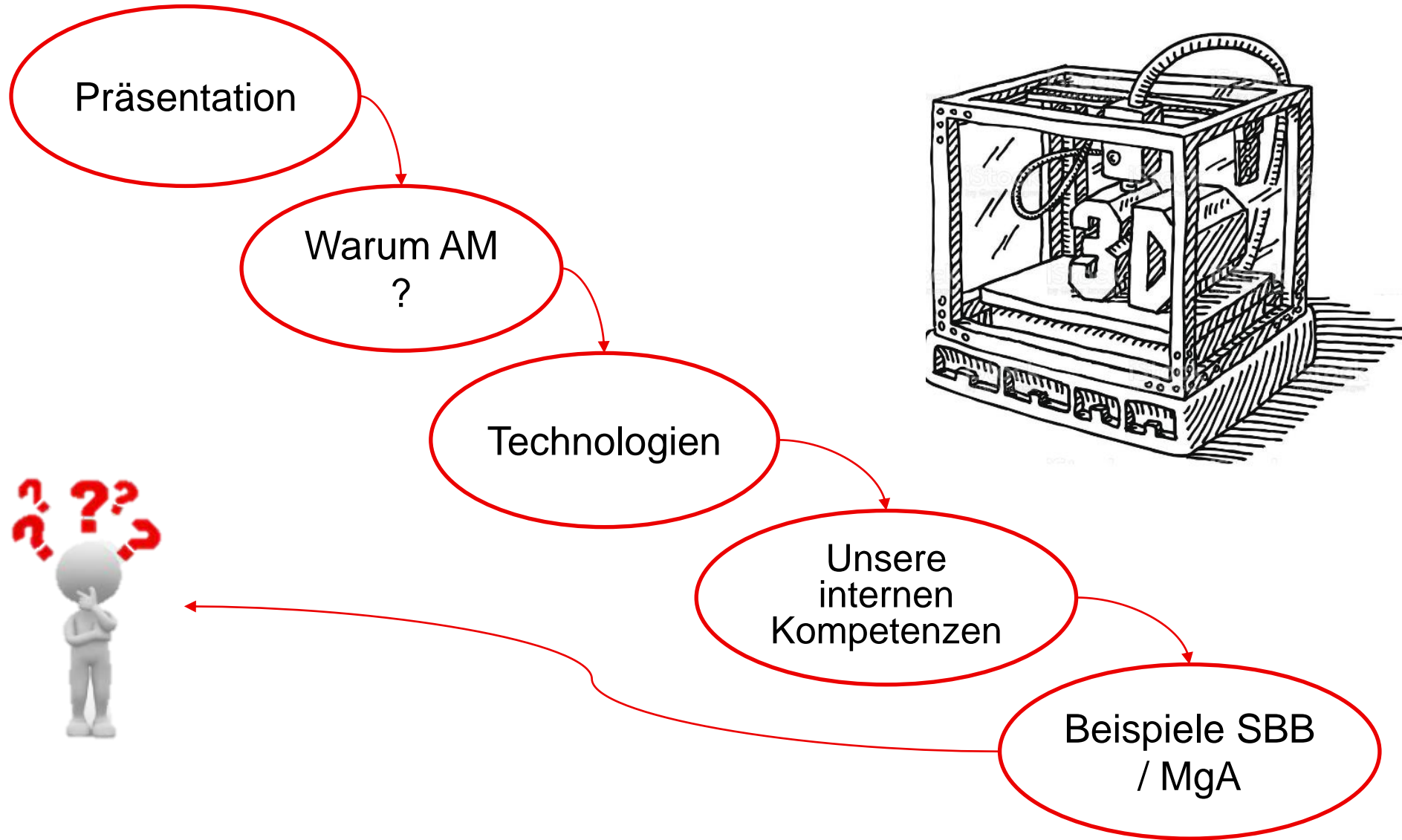


Additive Fertigung bei SBB PP

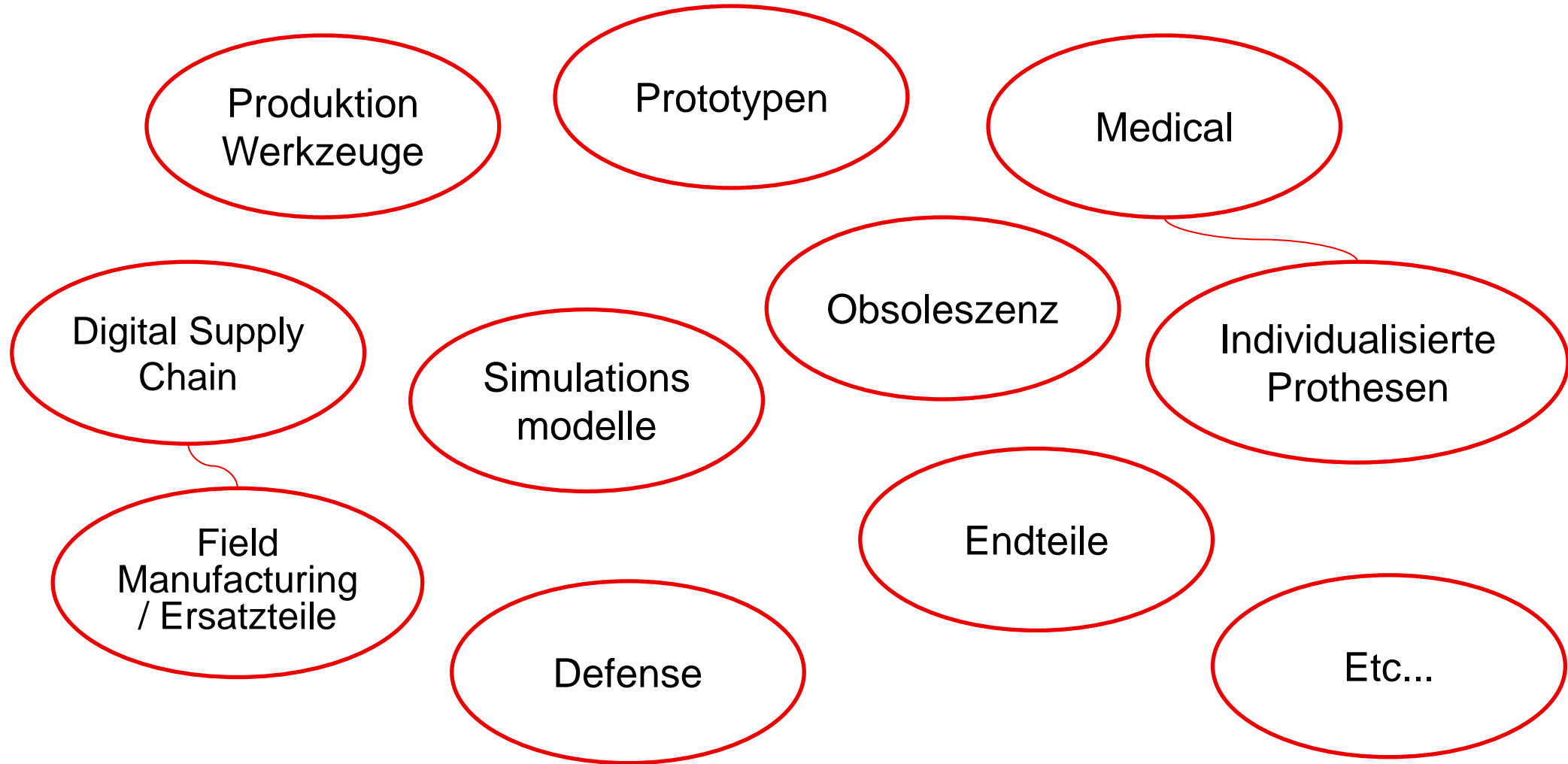
Josquin Bourgeois, 19. Oktober 2023, Bern



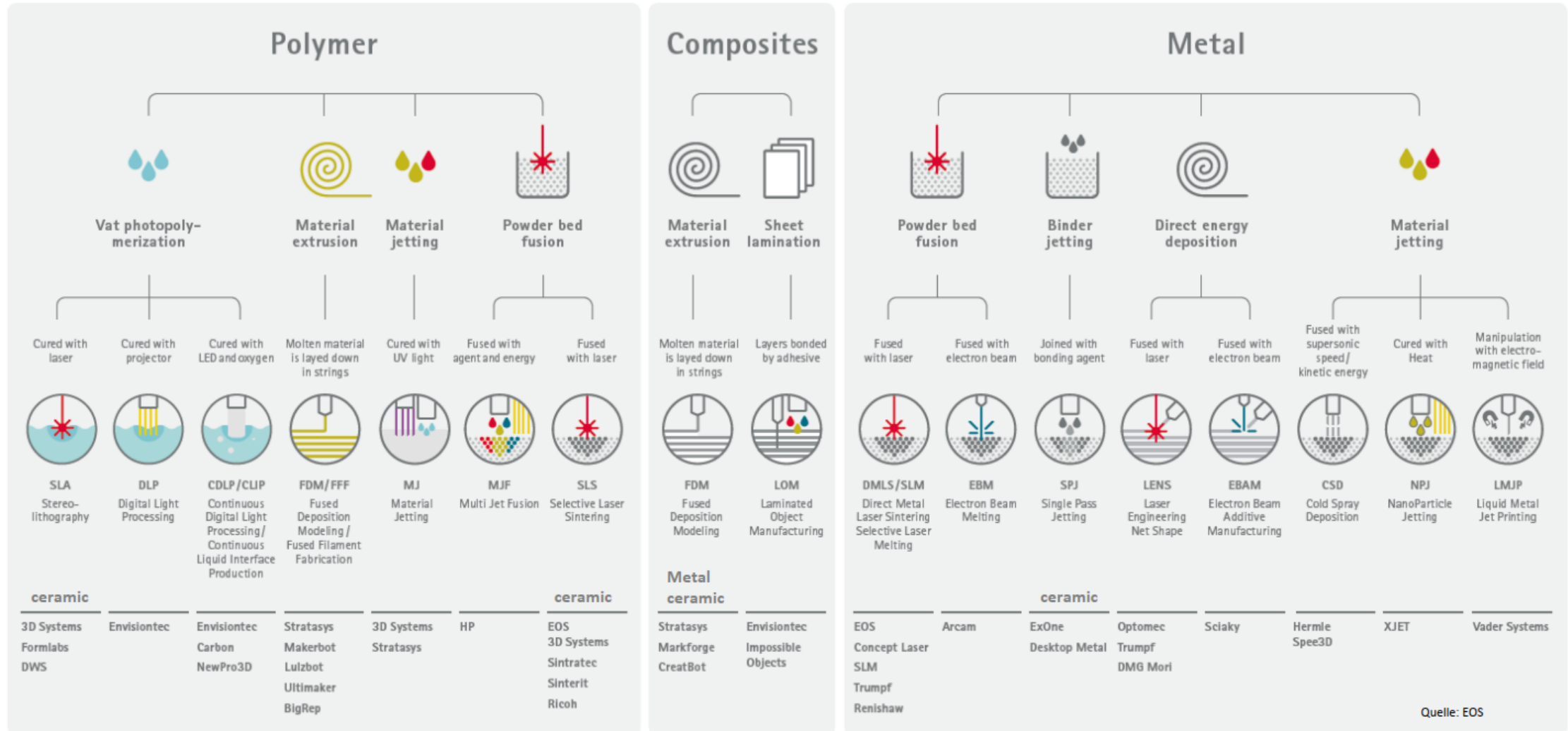
Programm



Warum 3D-Druck

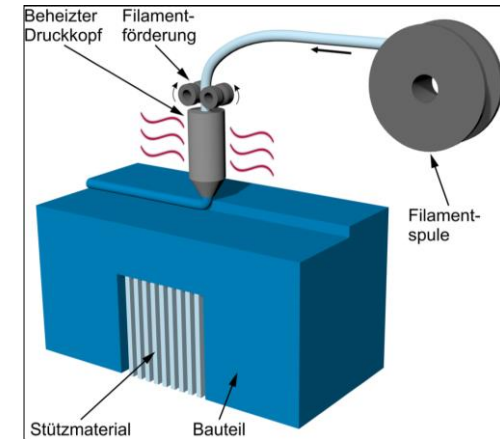


Technologien Plastik, Metall, Keramik 3D Druckverfahren



MEX-TRB Material Extrusion – Thermal Reaction Bonding

- Ablegen des geschmolzenen Filaments
- Schichten je nach Maschine
- Drucktemperatur von 150 bis 470 [°C]
- Druckgeschwindigkeit von 20 bis 120 [mm/s]
- Grosse Menge an verfügbaren Werkstoffen:
 - PLA, Tough PLA, PC, PETG, TPU 95A, Nylon, ABS, CPE, CPE+, PP, Ultem 9085 etc.
 - Werkstoffe mit Kohle- oder Glasfaseranteil, PETG CF 15%, PC GF 30%



Additive Manufacturing for Polymer



Material Extrusion

Material extrusion Filament

FDM Fused Deposition Modeling

POLYMER FILAMENT

HOT

Quelle: formnext 10/2018 / ZPP

Stratays, Makerbot, Ultimaker, RepRep



Airducts (Ultem 9085)
Quelle: Materialise



Gehäuseschale mit Stützstruktur (ABSplus), Quelle: ZPP



Flexible tube TPU 92A
Quelle: Purple PlatyPlus



Mitnehmer (PAA),
Quelle: Ferrag



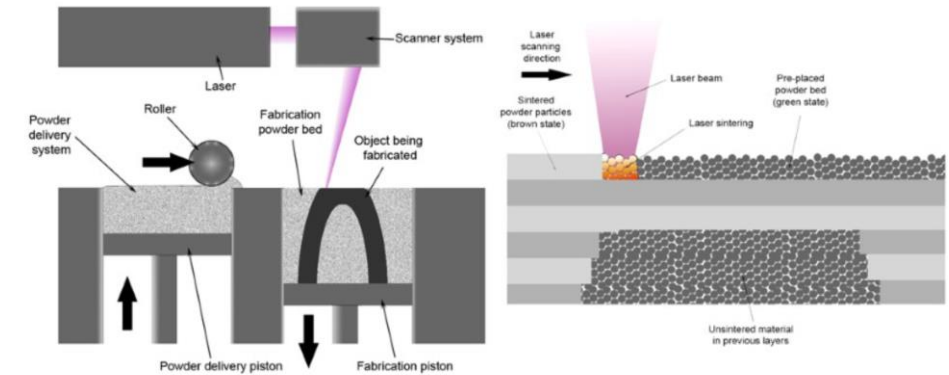
Optimierter Mitnehmer (ABSplus), Quelle: ZPP



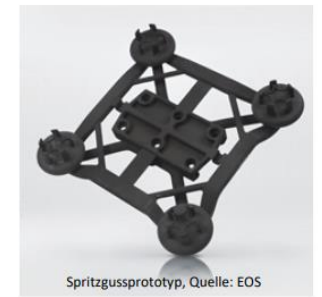
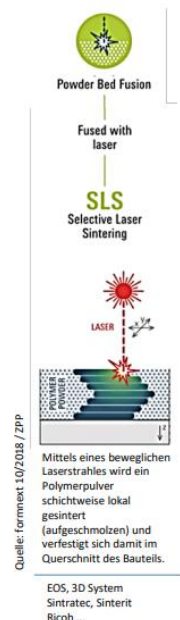
Getriebe-Schlüsselanhänger (ABSplus),
Stützmaterial: ABS (spröde/abwaschbar), Quelle: ZPP

PBF-LB/P PowerBed Fusion using Laser Beam Plastics SLS

- Lasersintern des Werkstoffs
- Feines, per Laser verschmolzenes Polymerpulver
- Schichten je nach Maschine
- Werkstoffe:
 - PLA 12 (Nylon 12)
 - Flex
 - TPU

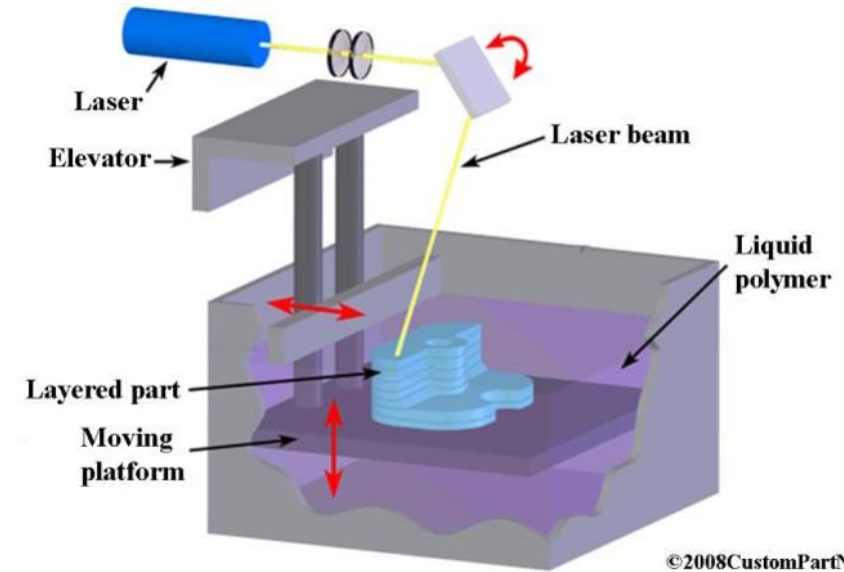


Additive Manufacturing for Polymer



VPP VAT Photopolymerization SLA

- > Polymerisation von Harz durch Laser
- > Schichten je nach Maschine
- > Werkstoffe:
 - > Nie klar beschrieben, da
 - > Lieferantenverfahren
 - > Flex
 - > Steif
 - > Transparent
 - > EN 45545-2
- > Evolution FR Cubicure

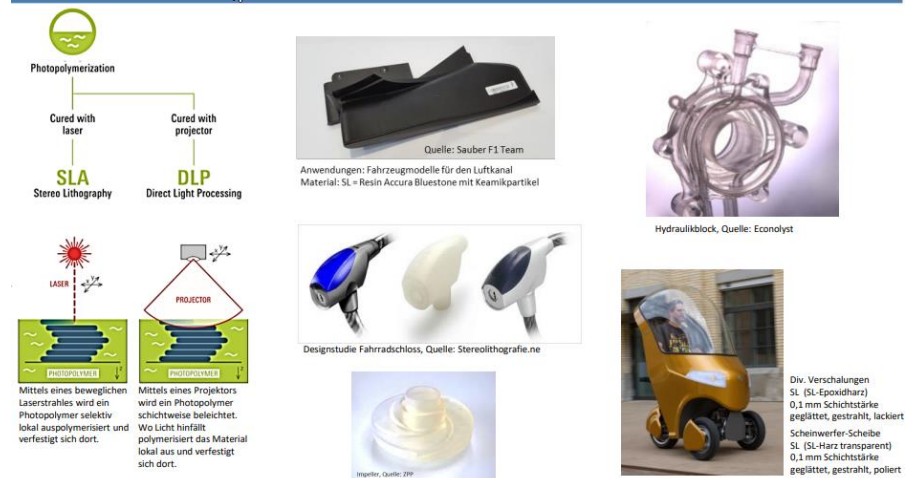


©2008CustomPartNet

□

Additive Manufacturing for Polymer

zhaw School of Engineering
ZPP Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung



Photopolymerization

- Cured with laser: **SLA** (Stereolithography)
- Cured with projector: **DLP** (Direct Light Processing)

Anwendungen: Fahrzeugmodelle für den Luftkanal
Material: SL = Resin Accura Bluestone mit Keamipartikel

Quelle: Sauber F1 Team

Hydraulikblock, Quelle: Econolyst

Designstudie Fahrradschloss, **Quelle:** Stereolithografie.net

Div. Verschaltungen SL (SL-Epoxidharz) 0,1 mm Schichtstärke geglättet, gestrahlt, lackiert
Scheinwerfer-Scheibe SL (SL-Harz transparent) 0,1 mm Schichtstärke geglättet, gestrahlt, poliert

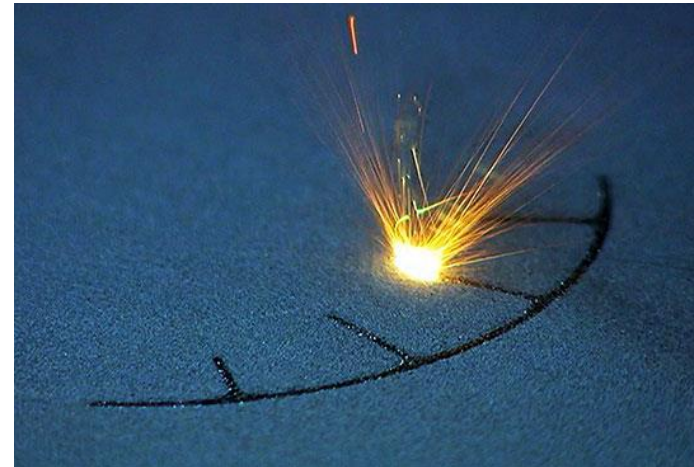
Injektion, Quelle: ZPP

3D System
FormLabs, DWS

Envisontec

PBF-LB/M PowerBed Fusion / Laser Beam / Metals SLM

- Feines, per Laser verschmolzenes Metallpulver
- Schichten je nach Maschine
- Werkstoffe: Stahl, Edelstahl, Aluminium, Titan. Etc...
- Mechanische Festigkeit beträgt 99% im Vergleich zu einem Werkstoff aus herkömmlicher Fertigung
- WAAM (Arc Wire AM)



zhaw School of Engineering
ZPP Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung

Powder bed Fusion by Laser Laser Beam Melting

Strahlschmelzen (SLM):

- 1 X-Y Scanner,
- 2 Verfestigungszone,
- 3 generiertes Bauteil,
- 4 Supportstrukturen
- 5 Bauplatte,
- 6 Bauplattform mit Hubtisch,
- 7 Beschichter mit Pulvervorrat

Quelle: VDI 3405 (Wiedergegeben mit Erlaubnis des Verein Deutscher Ingenieure e. V.)

Verfahrensprinzip

- Schichtweises lokales Verschmelzen von Pulverpartikeln mittels Laserstrahlung bis 2000W (u.a. Multi-Laser)
- Ausrichtung Laser mittels Scanner/Spiegel

Charakteristika

- Hohe Dichte (>99.8%),
- hohe Festigkeit
- Supportstruktur

Metallpulver

- Werkzeug- und Vergütungsstähle
- Ti-, Al-, Ni-, Co-Basislegierungen
-

Post-Prozess

- Kontrolliertes Abkühlen, Reinigen vom Pulver
- Entfernen Stützen, Bauplatte
- Wärmebehandlung unter Vakuum bzw. Schutzgas oder Hot Isostatic Pressing (HIP)
- Verbesserung der Bauteiloberflächen durch:
 - Strahlen, Trowalisieren ...
 - Zerspanen (Fräsen, Schleifen, Polieren...)
 - Laserstrahlabtragen

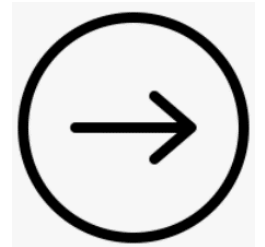
Quelle: Formnet 10/2018 / ZPP

Mittels eines beweglichen Laserstrahles wird ein Metallpulver schichtweise lokal aufgeschmolzen und verfestigt sich damit im Querschnitt des Bauteils.

Reichow, SLM
EOS, Trumpf
GE (Concept Laser)

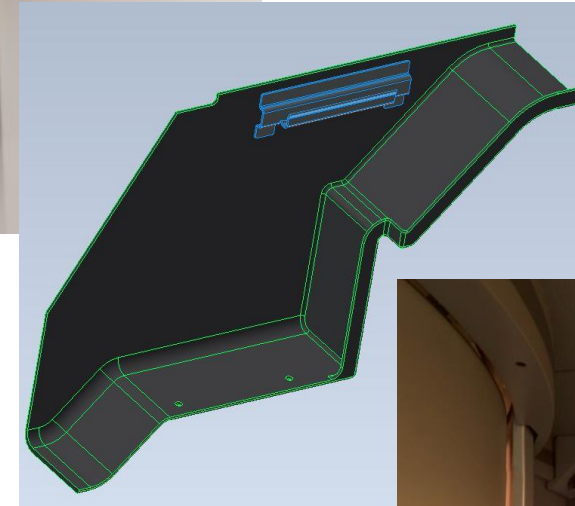
1-4-2 CAS ADF Verfahren_Metall.pptx, A. Kirchheim, ©ZPP

Anwendungsfälle für 3D-Druck



Nachbauen / kopieren

- Kriterien
 - Bauteil ist vorhanden
 - Keine Form- und Funktionsanpassungen notwendig
 - Patente sind abgelaufen
- Wann ist es ratsam, ein Teil zu kopieren?
 - Keine oder bald keine Teile mehr verfügbar
 - Standardmässige Ersatzlösung ist zu teuer
 - Jährliche Bedarfsmenge ist niedrig
 - Bauteil hat eine komplexe Form
 - Lieferzeit zu lang
 - Das Bauteil kann nicht einzeln gekauft werden, sondern ist Bestandteil einer grösseren Baugruppe



Rapid manufacturing / Optimierung

- Kriterien
 - Bauteil ist vorhanden
 - Formanpassung gewünscht
- Wann ist es ratsam, ein Teil zu optimieren?
 - Durch eine Optimierung der Schwachpunkte die Lebensdauer erhöhen
 - Gewichtsreduktion
 - Verbesserung der Ergonomie
 - Verbesserung der Sicherheit
 - Weniger Teile



Neuerung

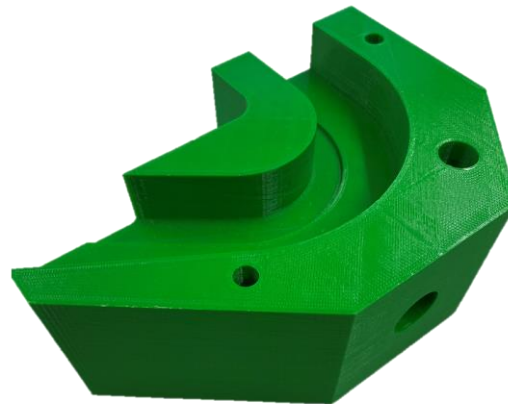
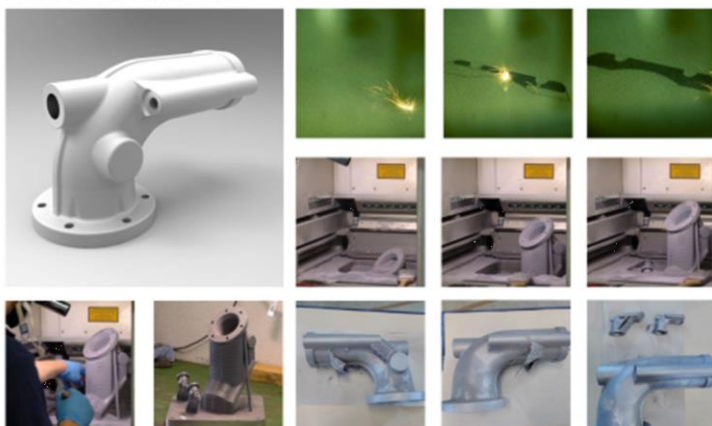
- Kriterien
 - Bauteil ist nicht in dieser Form vorhanden
- Wann ist es ratsam, ein Teil neu zu entwickeln ?
 - Bauteil hat eine komplexe Form
 - Jährliche Bedarfsmenge ist niedrig
 - Personalisierte Teile / Ergonomie
 - Kurze Lieferzeit gewünscht



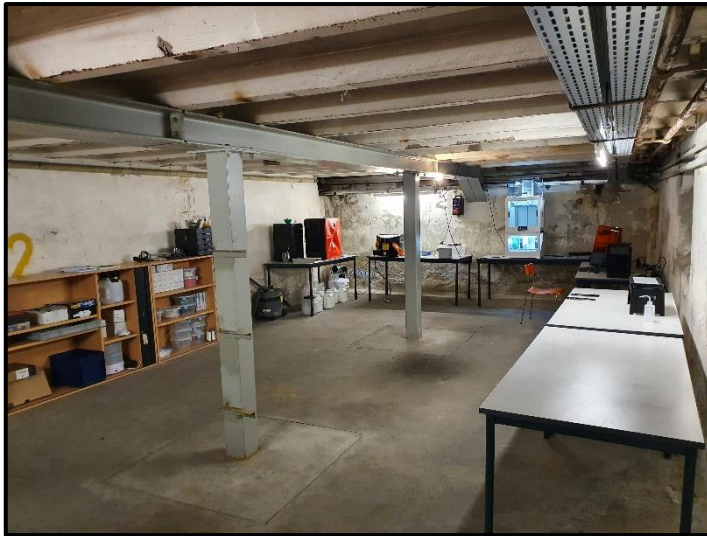
Möglichkeiten und Einsatzgebiete

Die Digitalisierungstechnologie und der 3D-Druck werden von der SBB seit 2017 eingesetzt. Mehr als 300 Anwendungen wurden bereits gedruckt und 2700 Teilen wurden hergestellt.

- Reproduktion von nicht mehr verfügbaren Ersatzteilen, z.B. Halterungen für Überwachungskameras oder Diesel-Einfüllstutzen
- Prototypenbau für schnelle, unkomplizierte, relativ kostengünstige Lösungen
- Produktionswerkzeuge für einfachere und effizientere Arbeitsprozesse
- Für Simulation von Bahnhofsanlagen oder eines Eisenbahnwagens



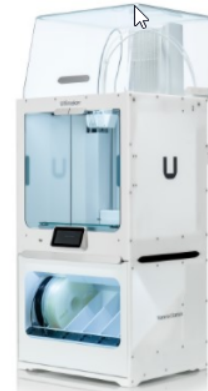
Drucker bei uns im Einsatz bei der SBB



Ultimaker-S5-Team:

- Yverdon
- Olten
- Bern Wankdorf
- Bern Hilfikerstrasse
- Bellinzona
- Biel
- BTC Hägendorf

8 Ultimaker S5 mit und ohne (avec et sans) Material station und Air Manger (FFF=fused filament fabrication)



UM S5 Pro Bundle

Volume d'impression : 330 x 240 x 300 mm
Impression avec 2 matériaux possible

Materialen / Matériaux

PLA, Tough PLA PC, PETG, TPU 95A, Nylon, PETG CF15%, PC GF30%, ABS, Breakaway, PVA, CPE, CPE+, PP,

1 Sinterit Lisa (SLS=selective laser sintering)



LISA

Materialen / Matériaux

PA12 Smooth, FLEXA Grey,

1 Formlabs Form 3 (SLA=Stereolithography)



Form 3

Volume d'impression : 145 x 145 x 185 mm

Materialen / Matériaux

Clear, Rigid, Flexible,

Lieferanten und Partner

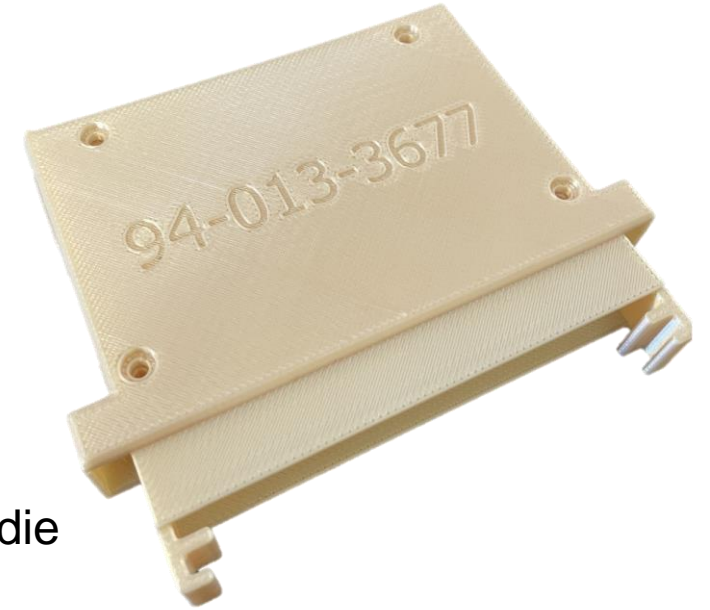
Faigle 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel d'impression (filaments,...) - Petites séries surtout plastique impression - Découpage laser plastique 	<ul style="list-style-type: none"> - Druckmaterial (Filamente,...) - Kleine Serien vor allem Kunststoff druck - Laserschneiden Kunststoff
Alphacam	<ul style="list-style-type: none"> - Impressions plastique Stratasys (Ultem 9085, poudre plastique, grandes pièces,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunststoffdruck Stratasys (Ultem 9085, Kunststoffpulver, grosse Teilen,...)
Ecoparts	<ul style="list-style-type: none"> - Impression métallique PBF (acier, inox, alu, titane,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Metalldruck PBF (Stahl, Edelstahl, Alu,...)
1zu1	<ul style="list-style-type: none"> - Impression plastique PBF - Plastique moulé sous vide 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunststoffdruck PBF - Vakuumguss Kunststoff
Hachtel	<ul style="list-style-type: none"> - Impression plastique VPP (Cubicure Evolution FR,...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunststoffdruck VPP (Cubicure Evolution FR,...)



Brandschutzverordnung EN 45545-2 : 2020

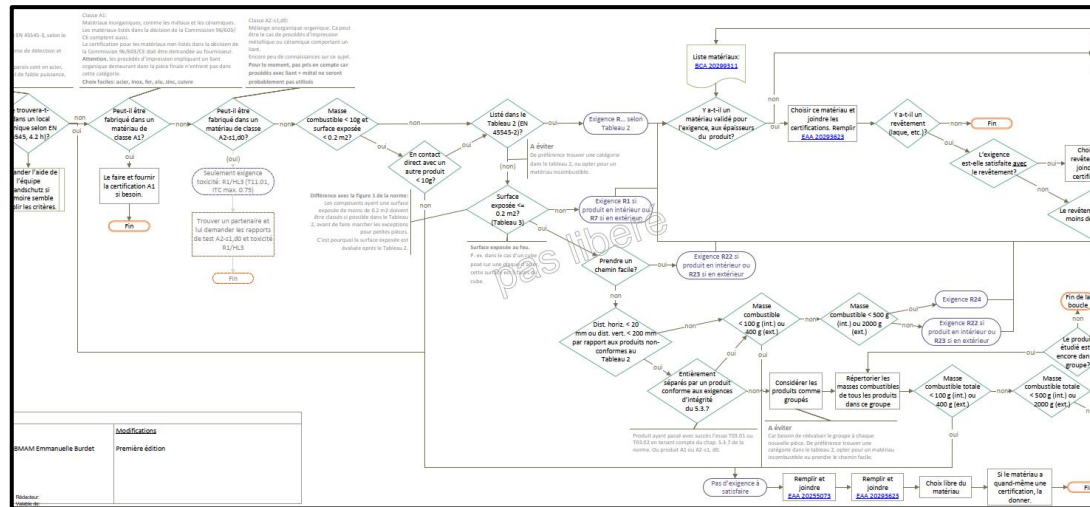
Alle Fahrzeugteile unterliegen der Brandschutznorm EN 45545-2
in Kürze :

- 28 Anforderungen (R1 bis R28)
 - Die Funktion der Komponente und ihre Position im Zug bestimmen die Anforderung.
 - 1 Anforderung = eine Testreihe
 - Nur der getestete Bereich von Materialstärken darf verwendet werden
- Risikoniveau: HL2 bei der SBB, ausser für Schlafwagenzüge (HL3)



Brandschutzverordnung EN 45545-2 : 2020

➤ Auszug aus dem Schema BAA 20299322: Wahl der Anforderung (R1-R28) gemäss EN 45545-2, für 3D-Druck.



Document: EAA
 Version: 01
 Freigeber: UZ 15079
 Dokumentnummer: 20255073
 Freigeber: UZ 15079
 Gültig bis: 01.04.2025
 Freigeber: UZ 15079
 Gültig ab: 01.04.2020

Technischer Bericht Nachweisfreie Komponente / Material gemäss SN prEN 45545:2018 §4.3.4

Klassierung		<input checked="" type="checkbox"/> vertraulich
<input checked="" type="checkbox"/> P-OP		<input checked="" type="checkbox"/> SBB intern
<input checked="" type="checkbox"/> Auftragnehmer von P-OP		<input type="checkbox"/> öffentlich
<input type="checkbox"/> Lieferanten Fahrzeuge / Systeme		

Autor(en) Daniel Mallow
Urheberrecht Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Jegliche weitere Nutzung bedarf einer vorgängigen, ausdrücklichen Genehmigung des Freigebers.
Dateiname CAA-20255073-BerNachweisfrei-md200303.docx
Vertraulichkeit Vertraulich
Erstellt: _____ **Geprüft / Freigegeben:** _____

Name: _____
Id: _____
Datum: _____

Rollmaterial Personenverkehr SBB

DIN Code
 M-AB08 (Brandsicherheit / Rettung)

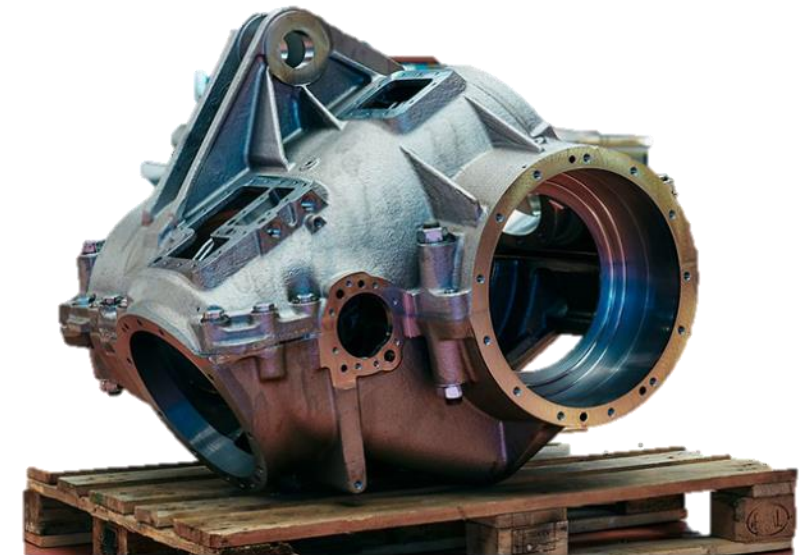
Inhaltsverzeichnis

1. Ziel und Zweck	2
2. Gültigkeit	2
3. Beschreibung der Komponente	2
4. Klassierung der Komponente	2
5. Kriterien zur Klassierung	3
6. Diagramm nach SN EN 45545 §4.3.4 nicht nachweispflichtiger Komponenten	4

➤ **Materialliste**

Mobility Goes Additive (MgA)

- MgA tauscht sich mit europäischen Eisenbahnen zum Thema 3D-Druck aus.
- Monatliche virtuelle Sitzung und jährliches Präsenztreffen.
- DB hat gegenwärtig 500 verschiedene Artikel gedruckt und 100'000 Teilen im ganzen hergestellt.
- Einbeziehung von Werkstofflieferanten und Berücksichtigung unserer spezifischen Anforderungen.



Transmission housing - manufactured using indirect 3D printing - Credit: Deutsche Bahn AG / Dominic Dupont



Die Zukunft bei uns

- Ein Kubikmeter Drucker zu beschaffen ?
- Zertifiziertes internes Druckzentrum für die Produktion von Kunststoff-Fahrzeugteilen ?
- Drucker für Metall ?
- Netzwerk von Druckern an jedem Standort mit Bauteil Katalog ?



Beispiele



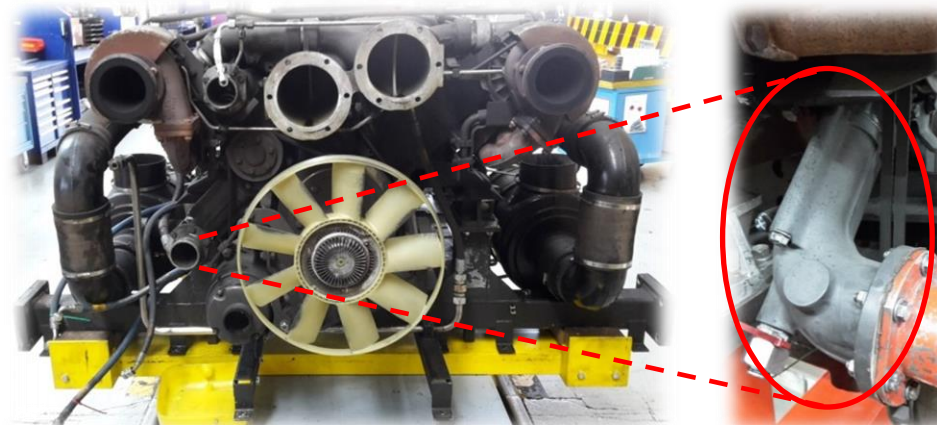
Von Obsoleszenz betroffenen Baufahrzeug Tm 234 und Kostenvergleich des «3D-Drucks» mit der herkömmlichen Fertigung.

Tätigkeiten / Etappen in CHF	Klassische Ausführung	3D-Druck
CAD-Zeichnung*	1400	
3D-Modellierung*		1860
Form* + Giessen	2500	
Druck		1500
Mechanische Nacharbeitung	420	465
Gesamtkosten	4320	3825
Frist	10 Wochen	10 Tage

- Einmalige Kosten sind mit einem * gekennzeichnet.
- Es wurden verschiedene Angebote von «3D-Druckdienstleistern» eingeholt.
- Die geografische Nähe des ausgewählten «3D-Druck-Dienstleisters» ist zumindest in der Anfangsphase sehr vorteilhaft.



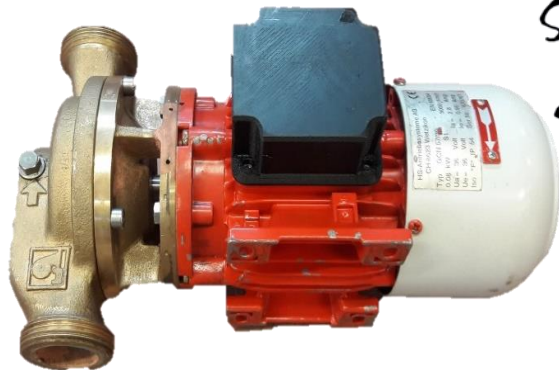
124 Fahrzeuge Tm 234 von SBB Infra



Dieselmotor MTU 12V183 für Tm 234

Klemmbrettdeckung für Wasserpumpe 94-000-7295A.

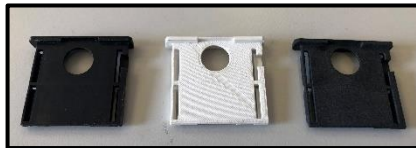
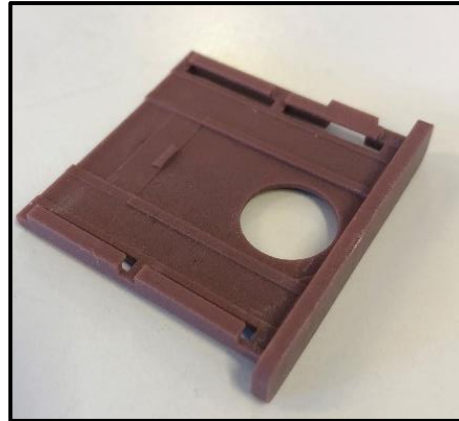
- **Ausgangslage**
- Die Abdeckungen zum Klemmgehäuse sind oft defekt.
- Ein Defekt bedeutete bisher den kompletten Ersatz der Pumpe, da keine Ersatzteile zur Verfügung standen.



Einsparung

- Kosten komplette Pumpe: CHF 2473.–
- Kosten Klemmgehäuse: CHF 25.–
- **Einsparung pro Pumpe: CHF 2448.–**
- **Einsparungen bis 2020: CHF ~50 000.–**

CoC Additive Manufacturing



<u>4096 SIM-Kartenhalter</u>	
<u>Beschreibung:</u> 	<u>Menge / Jahr:</u> 
Sim-Kartenhalter für Alstom ETCS	10 Stück / Jahr
<u>Abmessungen (mm) / Gewicht (kg):</u> 	<u>Grund / Warum: Preis / Stuck:</u> 
42 x 37 x 7 [mm] < 10 [g]	Nicht vom Lieferanten vertrieben 105.-
<u>Technologie / Werkstoffe : Anforderungen:</u> 	<u>Status: Einsparung / Jahr:</u> 
VAT (SLA), Cubicure FR	Fertiggestellt

Zusätzliche Informationen :







Das Gerät muss als Ganzes zum Austausch des Teils durch den Lieferanten ausgebaut werden. Ausserdem ist keine stückweise Lieferung möglich.

Entwurf und Prototyp bei der SBB gefertigt, externe Serienfertigung.

CoC Additive Manufacturing.



4146 3D-Prototyp-Teil

<u>Beschreibung:</u>		<u>Menge / Jahr:</u>	
Prototyp zur Montage		2 Stück	
<u>Abmessungen (mm):</u>		<u>Ursache / Warum:</u>	
275 x 200 x 103 / 275 x 200 x 250		Test vor dem Einbau in die Flotte	
<u>Technologie:</u>		<u>Status:</u>	
MEX (FDM) / PLA		Fertiggestellt	

Weitere Informationen:

Teil, mit dem überprüft wird, dass es zu keinen Platzproblemen mit dem neuen Teil kommt.

CoC Additive Manufacturing

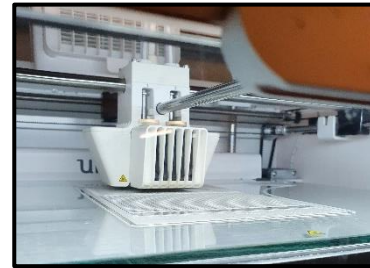


3718 Vorderseite Steckkarte 11LX13	
<u>Beschreibung:</u> 	<u>Menge / Jahr:</u> 
Kartenhalterung für Rack ZMS Re 450	50 [Stk.]
<u>Abmessungen (mm) / Masse (g):</u> 	<u>Ursache / Warum:</u> 
128x20x24 [mm] 8 [g]	Veraltetes Teil. Keine Form mehr 22.8 [CHF]
<u>Technologie / Werkstoffe Anforderungen:</u> 	<u>Status:</u> 
Mex (FDM) Ultem	Fertiggestellt

Weitere Informationen:

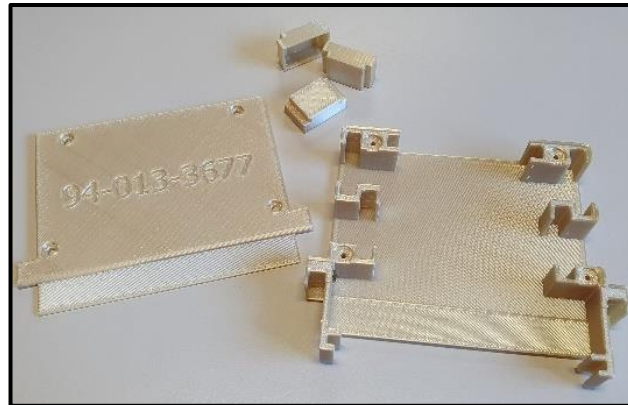
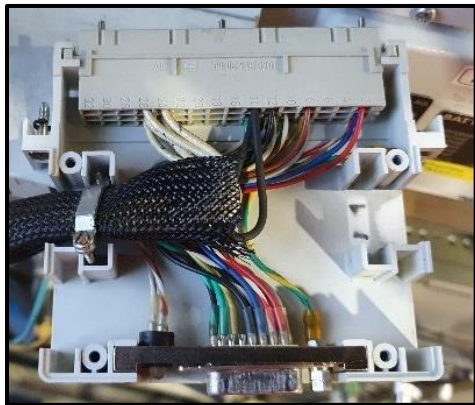
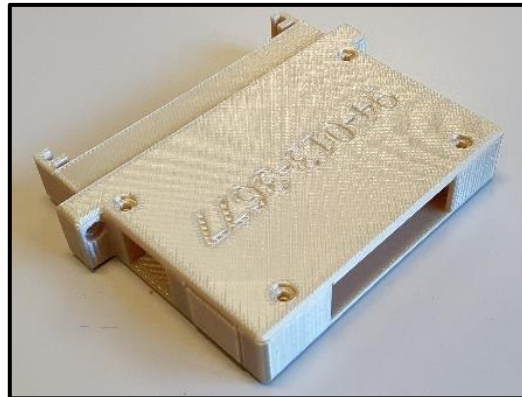
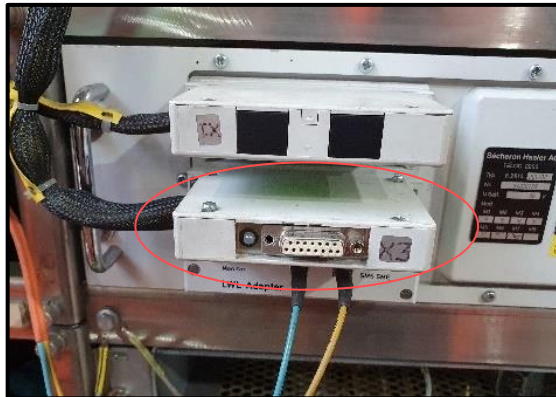
M2,5-Gewindeinsatz in den Teilen integriert. Preis für konventionelle Nachfertigung 374 [CHF]
 Lieferzeit für externen herkömmlichen Lieferanten: 19 Wochen
 Zeitaufwand für Studie und Entwicklung: 30,5 Stunden

CoC Additive Manufacturing



<u>Verkleidung für Notbremse</u>	
<u>Beschreibung:</u> 	<u>Menge / Jahr:</u> 
Gehäuse hinter dem Hebel der Notbremse.	5
<u>Abmessungen (mm):</u> 	<u>Ursache / Warum:</u> 
175x117x102 mm	Defektes Teil, Plastikeinspritzung zu teuer, weil die Form neu gefertigt werden muss.
<u>Technologie / Materialien / Anforderungen:</u> 	<u>Status:</u> 
FDM / Ultem 9085 / R26/HL3 Lackierung: R1/HL2 auf Aluminium	Fertiggestellt
<u>Weitere Informationen:</u>	
Herausforderungen:	
<ul style="list-style-type: none"> • EN 45545-2 (Brandschutznorm) verstehen und anwenden, da das Teil zu gross ist, um eine Ausnahme zu bilden • Auch für die Lackierung verwenden 	
Verbesserungen:	
<ul style="list-style-type: none"> • Neue, widerstandsfähigere Konstruktion (Gewindeeinsätze anstelle von vor dem Giessen angebrachter Teile) • Flexibilität bei Versorgung, geringerer Lagerbestand 	

CoC Additive Manufacturing



Ursprüngliches Modell

3D-gedrucktes Modell

AM1008 Steckergehäuse Re 460 - 94-013-3677

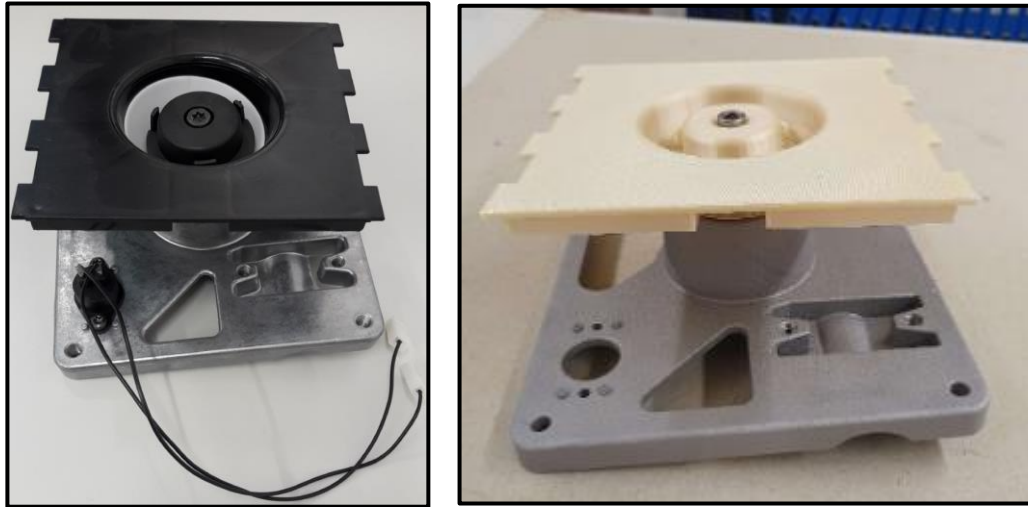
Beschreibung:		Menge / Jahr:	
Kunststoffgehäuse, das zum Halten der Hasler Teloc 2200 Stecker dient		5 Stück / Jahr	
Abmessungen (mm) / Gewicht (g):		Grund / Warum: Preis / Stück:	
114 x 93 x 20 mm 55 g		Obsolet CHF 167.- / Stück	
Technologie / Werkstoffe : Anforderungen:		Status: Einsparung / Jahr:	
MEX (FDM) / Ultem 9085 EN 45545-2 (Brandschutznorm) R26/HL2		Fertiggestellt	

Zusätzliche Informationen :

Für den X1 (siehe erstes Foto links) wurde ein Ersatzteil gefunden, nicht aber für den X3. Dieser wird von nun an im 3D-Druckverfahren hergestellt.

Jeder Artikel besteht aus fünf Kunststoffteilen: dem Gehäuseboden, dem Deckel und drei kleinen, abnehmbaren Abdeckungen. Das Ganze ist mit Schrauben befestigt.

CoC Additive Manufacturing



Rückspiegel DTZ Obsolte BG (Usecase)

Beschreibung:	Menge / Jahr:
Rückspiegel-Halterung RABe 514 bestehend aus: 4 Kleinteilen GFK 1x Metalteil aus ALU 1x Grosses Teile Kunststoff	2021: ca. 10 Stück
<u>Abmessungen (mm) / Masse (kg):</u>	<u>Ursache / Warum: Preis:</u>
170x140x75 0,5 Kg	Obsolete Baugruppe:
<u>Technologie / Werkstoffe Anforderungen:</u>	<u>Status: Ersparnisse / Jahr:</u>
Kleinteile GFK 3D Druck Brandschutz Metalhalterung: ALU 3D Druck Grosses Kunststoffteil 3D Druck Brandschutz	Fertiggestellt Serie wurde getestet (März 2021)

Weitere Informationen:

Alternative Fertigungsverfahren werden geprüft, weil kosten für 3D Druck vom Metallteil sind sehr hoch (ca. 850 CHF/Stück)



High Performance Polymers

Rail application – ÖBB use cases

Battery filler tube

ÖBB	R – Class	: R22
	Hazard Level	: HL2
	Location	: Batterybox motorail
	Dimension	: 30 x 30 x 70 mm

Material requirements: chemical resistant to battery acid
Currently prototype made in PP



Dish washer device

ÖBB	R – Class	: R22
	Hazard Level	: HL2
	Location	: Dish washer
	Dimension	: 120 x 120 x 70 mm

Material requirements: temperature resistant up to 90°C,
chemical resistant to tensides and food residues





High Performance Polymers

Rail application – SNCF & SJ use cases

Headlamp Housing



R – Class : 23 / 26
 Hazard Level : 2
 Location : Exterior
 Dimension : TBC
 [Original Material : PA Glass Fiber

Obsolete part. Produced in AM as infrequently required. Aim to be a 'produce on demand' non-stocked item



Driver Seat rail end protection



R – Class : R24
 Hazard Level : HL2
 Location : interior – drivers cab
 Dimension : 46 x 38 x25 mm
 Original Material : PU FR (UL94 Resin)

Requires high quality finish in contrasting color.
 Printed in HP 3D High Reusability PA12





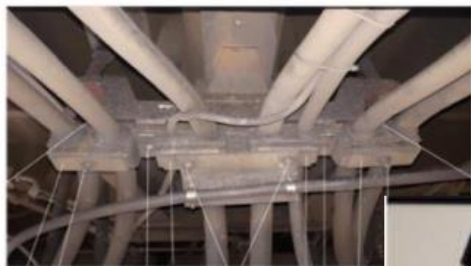
High Performance Polymers

Rail application – NS use cases

Cableholder



R – Class : R7
 Hazard Level : HL2
 Location : exterior-behind coupler
 Dimension : 580 x 70 x 43 mm
 [Original Material : wood (impregnated)]



Table



R – Class : R1
 Hazard Level : HL 2
 Location : interior
 Dimension : -
 Original Material : HPL





High Performance Polymers

Rail application – DB use cases

Headrest



R – Class : R1
Hazard Level : HL2
Location : interior - seats
Dimension : 590 x 170 x 250 mm
Original Material : Aluminium

Material requirements e.g. visual, UV resistant,



Air outlet



R – Class : R1
Hazard Level : HL2
Location : interior – drivers cabin
Dimension : 110 x 26 x 20 mm

Material requirements e.g. visual, temperature resistant,
UV resistant





High Performance Polymers

Rail application – DB use cases

Roof voute



R – Class : R1
Hazard Level : HL2
Location : interior
Dimension : 650 x 754 x 136 mm

Material requirements e.g.: Visual, UV resistant, surface finish



Clip

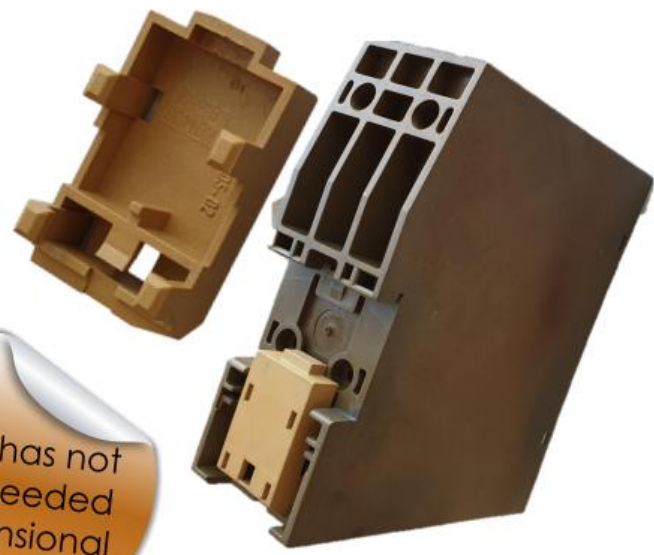


R – Class : R26
Hazard Level : HL2
Location : interior
Dimension : 40 x 20 x 10 mm

Material requirements e.g.: flexible, high geometric accuracy

Current Materials for Laser Sintering are to brittle

FDM has not the needed dimensional accuracy



Wir drucken auch sicherheitsrelevante Fahrzeugteile. Im Moment gibt es nur noch eine Grössenbeschränkung!

Additive Manufacturing, 3D Printing

PP-UHR-FSY-VTK-BMAM

Josquin Bourgeois / 079 256 30 57

Betriebsmessmittel und additive manufacturing

DE-Jörg Hess / 079 623 02 33

FR-Emmanuelle Bailod / 079 842 30 83

am@sbb.ch

