

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO

Rapid Casting

- Bauteilentwicklung mit dem ...
- Prototypen vom ...
- Ersatzteile vom ...

Seriengießer

Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Ulf Schliephake

Josef Brechmann GmbH & Co. KG, Schloss Holte-Stukenbrock

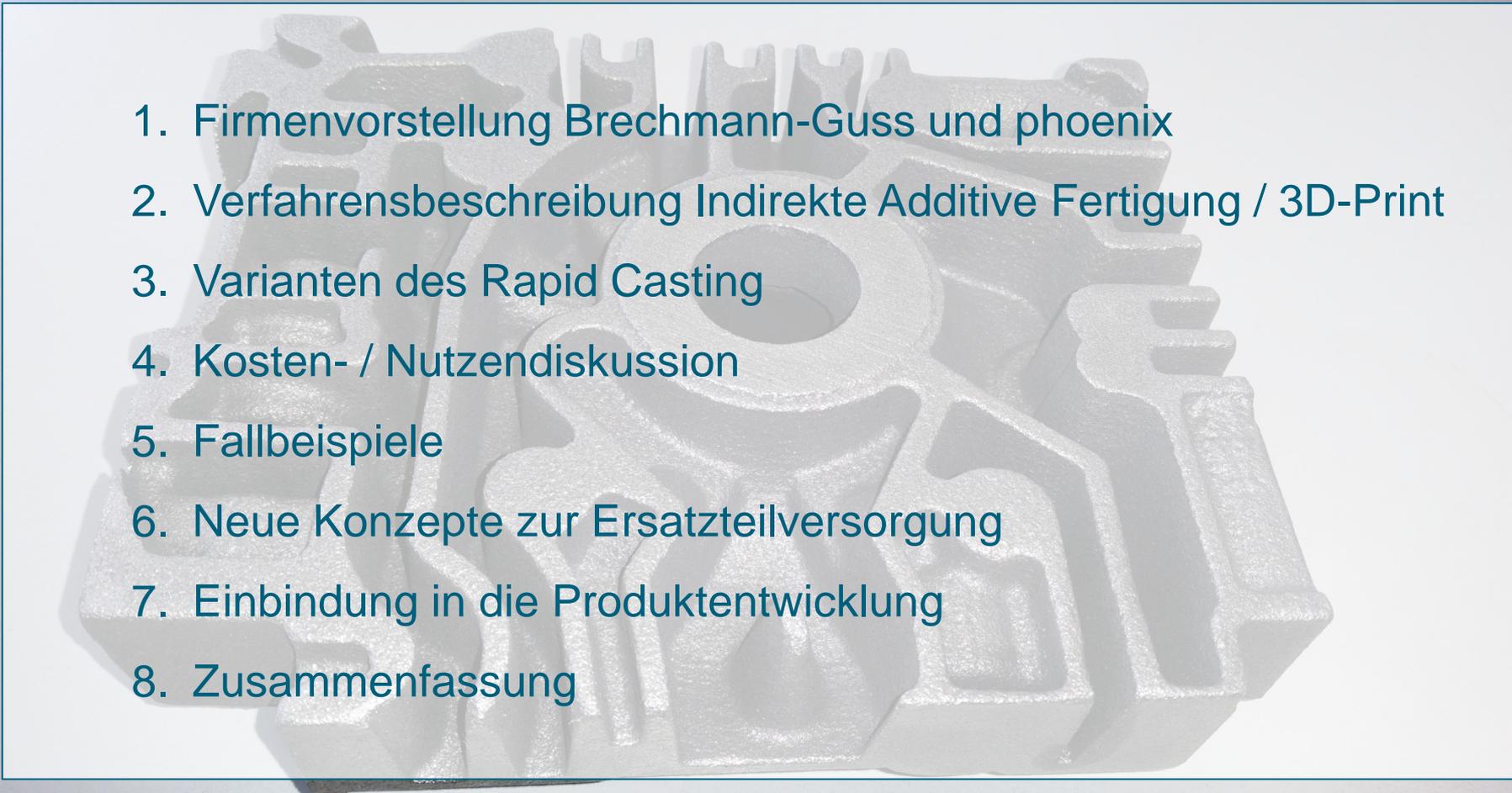
Dipl.-Ing. Volker Junior

phoenix GmbH & Co. KG, München



Bild: © ExOne, Gersthofen

GLIEDERUNG

- 
1. Firmenvorstellung Brechmann-Guss und phoenix
 2. Verfahrensbeschreibung Indirekte Additive Fertigung / 3D-Print
 3. Varianten des Rapid Casting
 4. Kosten- / Nutzendiskussion
 5. Fallbeispiele
 6. Neue Konzepte zur Ersatzteilversorgung
 7. Einbindung in die Produktentwicklung
 8. Zusammenfassung

PRODUKTSCHWERPUNKT BRECHMANN-GUSS

Abgaskrümmmer
mit angegossenem
Turbolader

Werkstoff:
EN-GJSA-X Ni Cr 35-5-2
(D5-S)



Gewicht: 5,5 kg

Steuerdeckel

Werkstoff:
EN-GJS-400-15



Gewicht: 24,9 kg

Kurbelwelle
für Großmotor

Werkstoff:
EN-GJS-700-2

Gewicht: 25 kg



Bearbeitung
extern

komplexer, kernaufwendiger
Guss in möglichst anspruchs-
vollen Werkstoffsorten;
i.d.R. auf Sphärogussbasis

GIESSEREIPROZESSSIMULATION

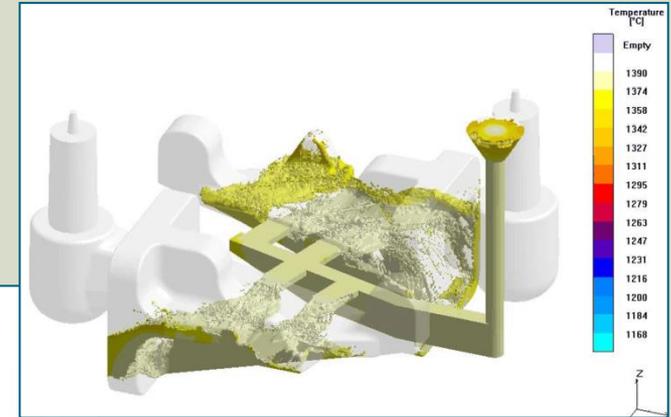
CAD-CAM

Solid-works and Visi-CAD

Datenaustausch in allen gängigen CAD-Formaten
bevorzugte Formate: step, Iges and parasolid

Simulation

mit Magmasoft



5 Giesserei-Ingenieure und Techniker arbeiten im Engineering-Team zusammen. Zusätzlich sind 2 Giessereifachleute in der laufenden Prozessoptimierung tätig.

WERKSTOFFALTERNATIVEN IM SPHÄROGUSS

1. Mechanische Eigenschaften / *Mechanical properties:*

Eigenschaften/ <i>Properties</i>	Einheit/ <i>Unit</i>	Werkstoff/ <i>Grade</i>	
		EN-GJS-500-7 DIN EN 1563	GJS-520-15 Brechmann-Guss Werksnorm
Zugfestigkeit/ <i>Tensile strenght Rm</i>	N/mm ²	500	min. 520, typ. 520-540
0,2% Dehngrenze/ <i>Yield strenght R_{p0,2}</i>	N/mm ²	320	min. 360, typ. 360-380
Bruchdehnung/ <i>Elongation A</i>	%	7	min. 15, typ. 15-17
Brinellhärte/ <i>Hardness HB</i>	HB	170-220	typ. 170-220

2. Gefügeausbildung

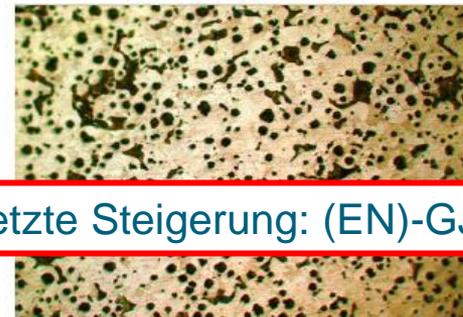


EN-GJS-500-7



< 40 % Perlit, Rest Ferrit

GJS-520-15 BG-WN



< 20 % Perlit, Rest Ferrit

Letzte Steigerung: (EN)-GJS-600-10

GUSS FÜR DIE ALLE BRANCHEN

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Gasgemischführung, SiMo legiert



Abgasrohr, thermoisoliert, NiResist



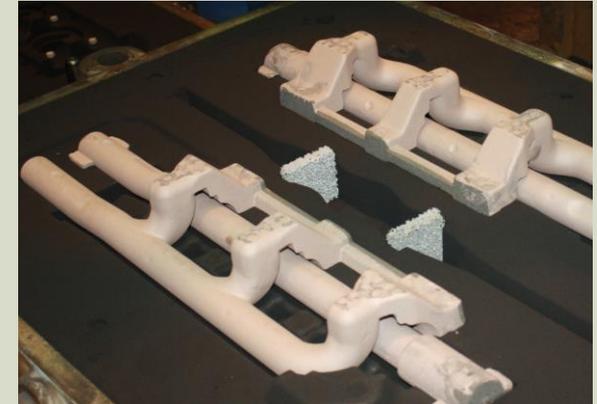
Kugelstange Pkw-Anhängerkupplung
 Werkstoff: (EN)-GJS-520-15, 11 kg



Kurvenführung Schwader
 Werkstoff: EN-GJS-1000-5, 9,1 kg



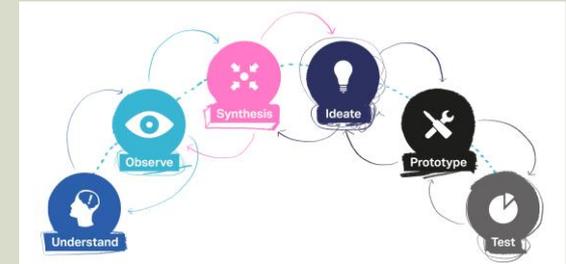
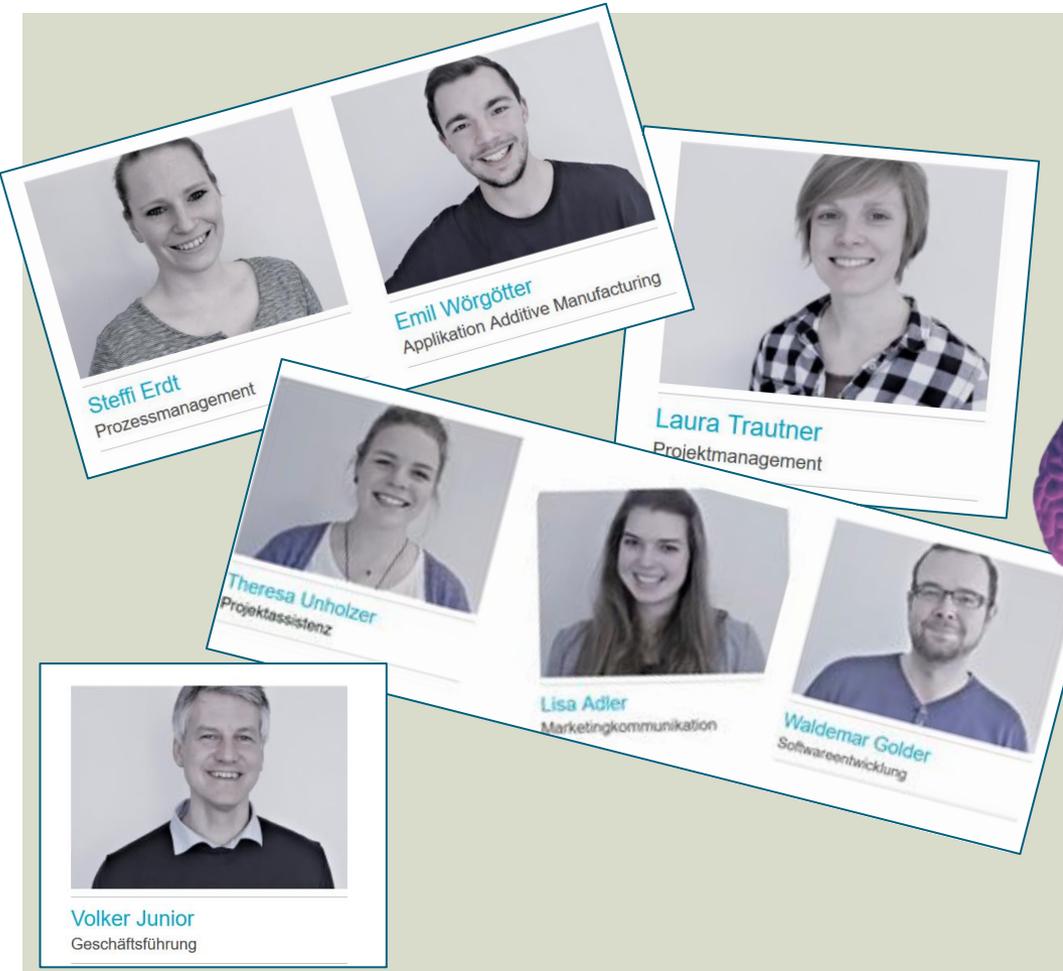
Hohlwelle Bahnantrieb
 Werkstoff: EN-GJS-600-10, 179 kg



Kernpakete für Abgaskrümmter, geklebt

KURZVORSTELLUNG PHOENIX - MENSCHEN UND METHODEN

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Design Thinking
 Common sense
 Product development
 from ideas
 to start of production

PHOENIX - PRODUKTE UND PROJEKTE



Produktentwicklung

mit Design Thinking

TROY Wärmflasche

**Von der Idee
durch die „Höhle der Löwen“
bis ins Regal**



wird außen nicht so heiß, ist sofort verwendbar, hält doppelt so lange
durch
integriertes Wärmespeicher-Pad, dass die Wärme speichert und kontrolliert (bei 58° C) abgibt)

PHOENIX - PRODUKTE UND PROJEKTE



Produktentwicklung

mit Design Thinking

SPACE BUG **Orbitalschweissystem**

**Von der Ideenfindung
zur systemverändernden
Neukonzeption**

Baustellengerät, leichtbau- und handlingsoptimiert
mit sensorischer Unterstützung der Schweißprozessüberwachung

PHOENIX - PRODUKTE UND PROJEKTE

Beratung und Schulung

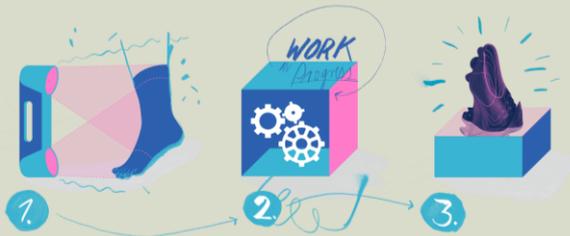


- Systematische Einführung von AM im Unternehmen
 - strategisch
 - technisch
 - organisatorisch
- Schichtbaugerechte
 - Entwicklung
 - Konstruktion
- SpareParts on Demand

PHOENIX - PRODUKTE UND PROJEKTE

Digitale Prozessketten

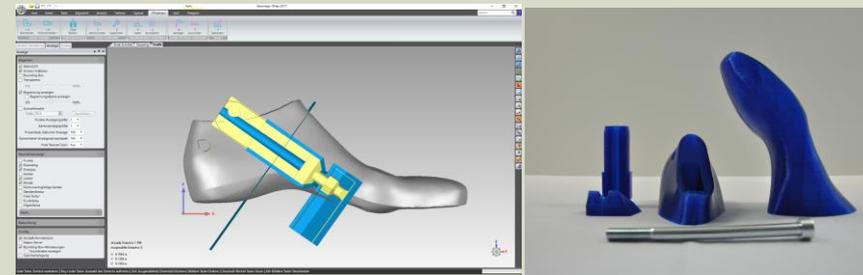
Entwicklung und Umsetzung



Daten-
Akquise

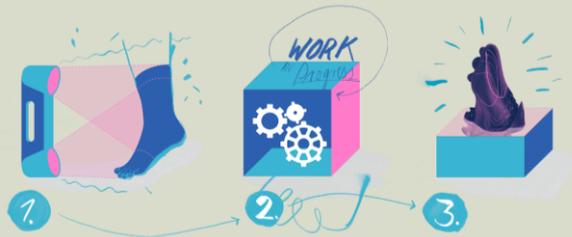
Automati-
sierte Daten-
wandlung

Daten-
basierte
Produktion



Automatische Konstruktion der Verbindungselemente
und Datenvorbereitung für die Leistenfertigung

PHOENIX - PRODUKTE UND PROJEKTE



Daten-
Akquise

Automati-
sierte Daten-
wandlung

Daten-
basierte
Produktion

“Digitale” Produktion

3D Scanner, Software und

FFF-Drucker zur Umsetzung



NEU!



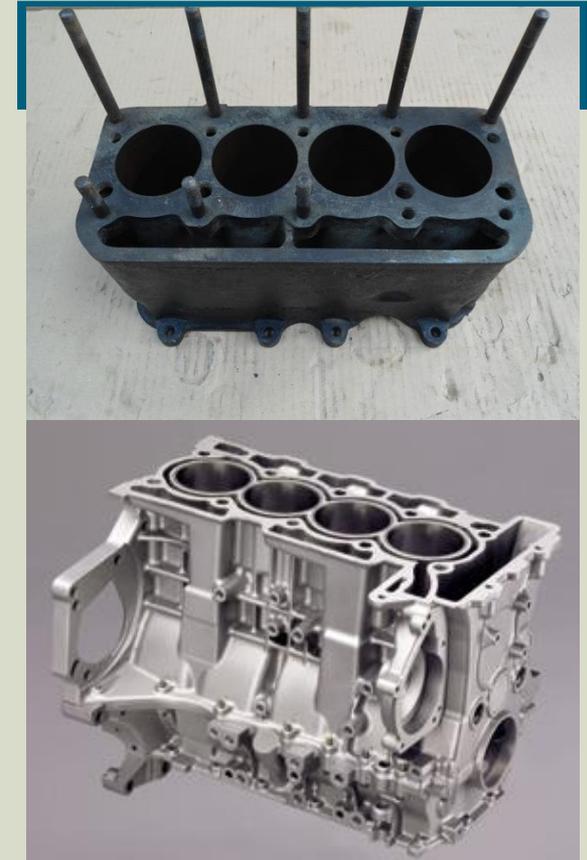
HERAUSFORDERUNGEN

Weiterentwicklung der Anforderungen:

An den Fertigungsprozess für die Herstellung metallischer Bauteile werden heute und in der Zukunft höchste Anforderungen gestellt.

In Bezug auf:

- Innovation
- Qualität
- Flexibilität
- Entwicklungspartnerschaft und
- **Lieferzeit**



BMW Group Media Pool

ADDITIVE FERTIGUNG

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER

Vom Granulat zur fertigen Geometrie



Gasturbinschaufel (Ni-Superlegierung)
Quelle: Siemens AG

Direkte additive Fertigung in Gusseisen nicht möglich, aber indirekt über 3D-Print von Kernen und ggf. Formen.



Radträger aus Titan
Quelle: Renishaw
„add. Fertigungssystem AM 400“

PRAXISBEISPIEL LAUFRAD



Teilegeometrie

Vom Granulat zum fertigen Kern
(1 x 3D-Print-Kern anstelle 7 x Einzelkern)



- Reduzierung der Teilezahl bei höchster Genauigkeit
- Bauteillieferung nach 10 Arbeitstagen anstelle mind. 6 Wochen

PRAXISBEISPIEL ZYLINDERKOPF



Zylinderkopf eines Schiffsdieselmotors



- Reduzierung der Teilezahl von 19 auf 2 für höhere Genauigkeit und besseren Formaufbau

SANDFORM

Gesamtgröße (mm)	1.460 x 1.483 x 719
Gewicht (kg)	1.600
Einzelteile	2
Material	Sand
Schichtstärke (mm)	0,4
Lieferzeit (Tage)	5
Bauzeit (Stunden)	29

GUSSTEIL

Gesamtgröße (mm)	1.027 x 1.353 x 568
Gewicht (kg)	2100
Material	Eisen
Lieferzeit (Wochen)	3

Beispiel aus einer Handformerei, bei Brechmann-Guss nicht herstellbar.

Quelle: Voxeljet, Augsburg

AM GELINGT IN DER PROZESSKETTE

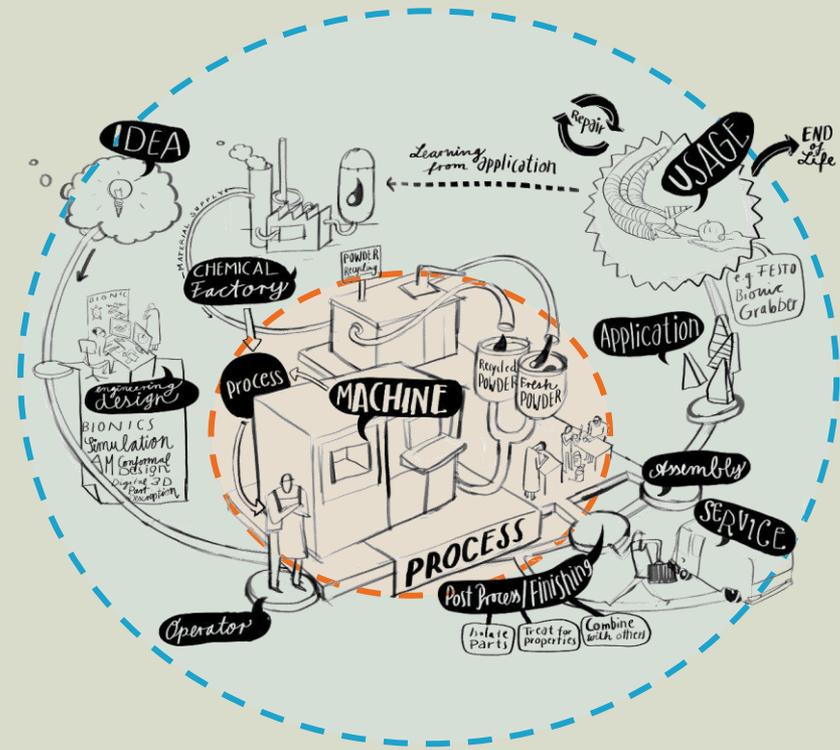
Die Prozesskette der additiven Fertigung...

...im **engeren** Sinne:

Fertigungsverfahren, die nach dem Schichtbauprinzip arbeiten. Das Ergebnis ist dabei immer ein fertiges Bauteil.

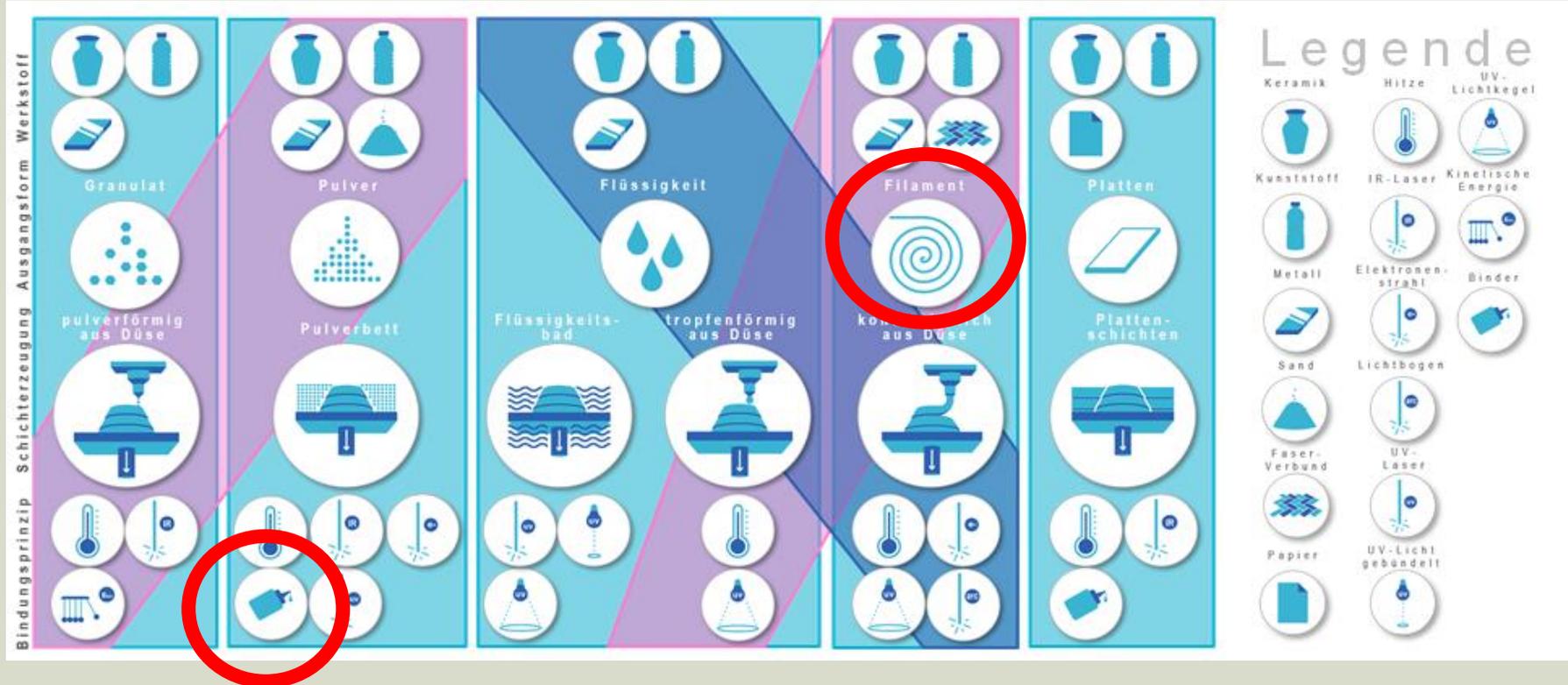
...im **weiteren** Sinne:

Gesamte Wertschöpfungskette von der Produktidee bis zum Produkteinsatz, die AM-spezifische Teilschritte enthält.



AM = MEHR ALS 20 UNTERSCHIEDLICHE VERFAHREN

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



UND MEHR ALS 10 VERFAHREN UND WEGE ZU METALLBAUTEILEN

WEGE ZUM METALLBAUTEIL

direkt

AM des Bauteils direkt in
Metall

SLS M; SLM; LC,
 Laser Engineering Net Shape
 (LENS) / DMD / LDW / CMB
 Electron Beam Additive
 Manufacturing (EBAM)
 Lichtbogenauftragsschweißen

mit Postprocessing

AM eines Metall-
 Kunststoffgemisches plus
 Entbindern , (Infiltrierenm)
 und Nachsintern

FFF
 3D-Print
 SLS

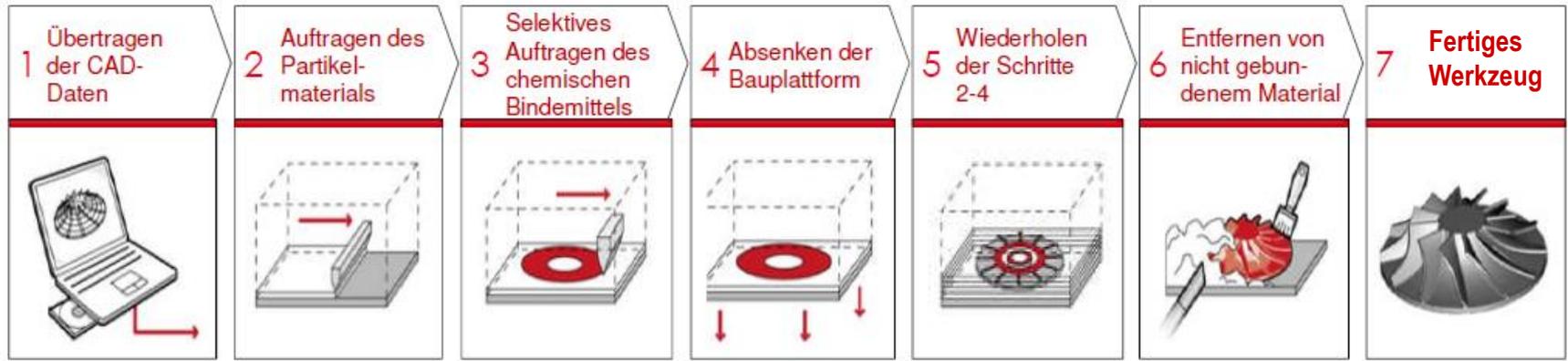
über Metallguss

AM eines verlorenen
 Modells oder einer
 verlorenen Form oder einer
 Modelleinrichtung

...

=> Vom Ziel her denken

PRINZIP 3D-DRUCK (BINDER-JETTING)



Bildquelle: Voxeljet, Augsburg

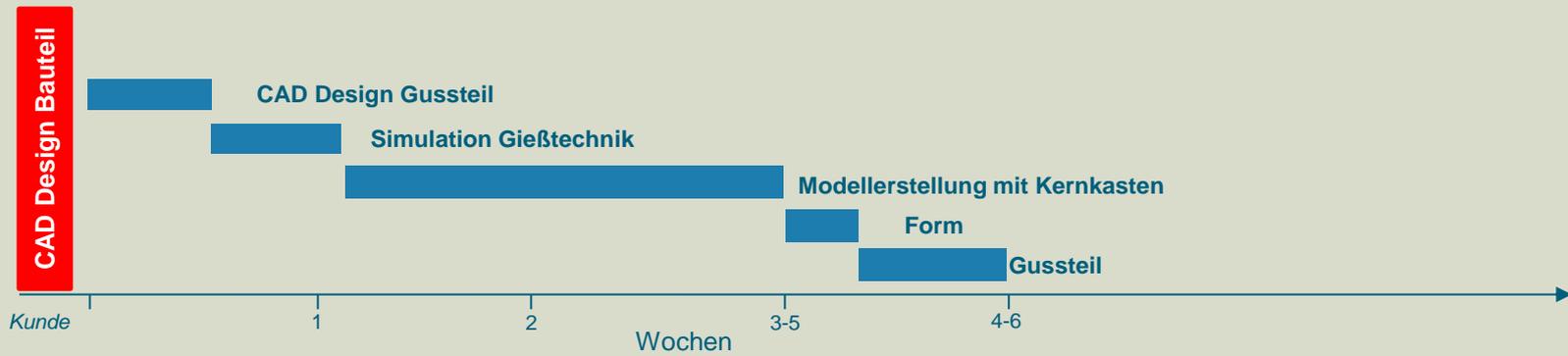
- große Bauvolumina möglich
- hohe Detailtreue und Präzision
- direkte Verwendung von 3D-Datensätzen
- mehrere Wochen Zeitersparnis in der Bauteilentwicklung
- zeitparallele Tests von Varianten ohne zusätzlichen Modell/werkzeugaufwand
- hohe Variantenvielfalt des Sand-Binder-Systems

TRADITIONELLE ENTWICKLUNGSPHASEN



ZEIT SPAREN DURCH 3D-PRINT DER FORMGEBENDEN GEOMETRIEN

Konventionelle Modellherstellung



Rapid Casting



- 50% Zeiteinsparung
- Flexibilität durch Konstruktionsänderungen in Echtzeit
- Kosteneinsparungen

Tage...nicht Wochen

keine Formschrägen am Kern, keine QS-Prüfungen

VARIANTEN DES EINSATZES VON 3D-PRINT

I.) schnelle Prototypen

serienähnliche Gussteile
Teile in 2 Wochen (mit red. Prüfumfang bspw.
5 Hauptmaße am Bauteil, Materialprüfung
am getrennt geg. Probestab im Nachgang)
kein Probestab aus dem Bauteil

II.) 4S – serienidentische Teile

Serienwerkstoff Gusseisen
Serienfertigungsbedingungen
Seriengeometrie
Serienprüfstatus

Sonderfall

III.) „Ungießbares“

additive Fertigung
(einiger formgebenden Geometriepartien)
"bisher ungießbarer" Geometrien

3D-PRINT ERLAUBT "FRÜHER NICHT-GIESSBARE" GEOMETRIEN

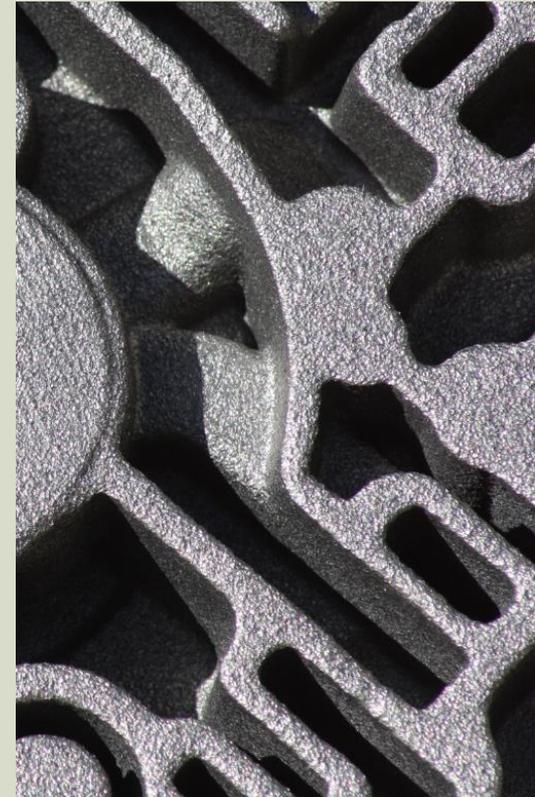
24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



geprinteter Kern



→ ← *Breite 4 mm ohne Formschräge
Tiefe 16 bis 20 mm*



Gussteil (Getriebegehäuse mit hydraulischen Steuerblöcken, einteilig)

RAPID CASTING - VARIANTEN DER MODELL- UND KERNHERSTELLUNG

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



High Tech zu maximalen Kosten

RAPID CASTING - VARIANTEN DER MODELL- UND KERNHERSTELLUNG

Modell und Kernkasten
konventionell



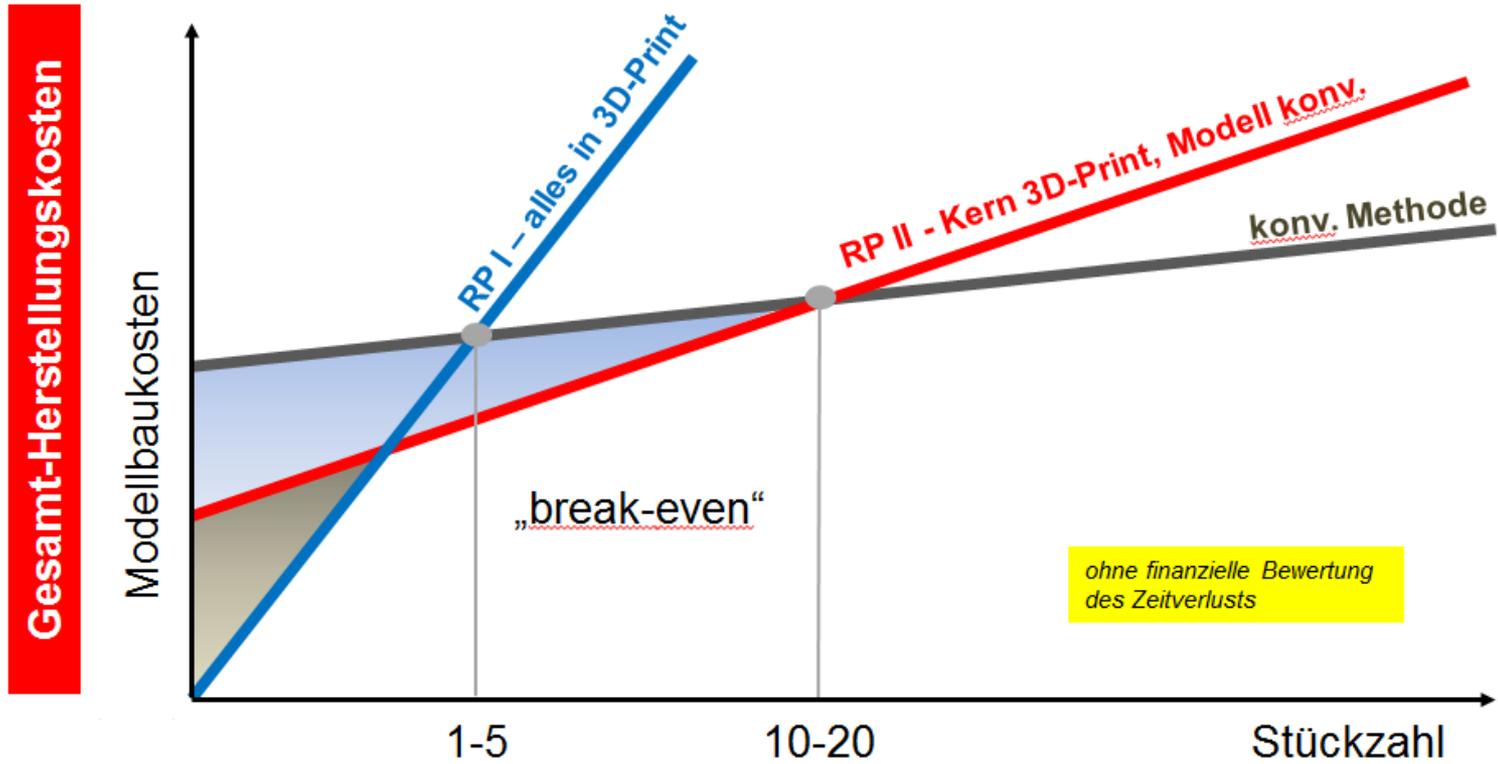
Modell und Kernkasten
komplett im 3D-Print



Kosten !!!

Modell konventionell
Kern im 3D-Print

RAPID CASTING - KOSTEN



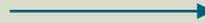
HOCHWERTIGE INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN MIT FILAMENTDRUCK



Modelleinrichtung
aus dem FFF-Drucker
für das Maschinenformen



RAPID CASTING – MODELL ALS 3D-PRINT IN 3 TAGEN



PRAXISBEISPIEL LAUFRADNABE

einteilig geprintet



achtteilig geklebt/montiert



Präzision / Toleranz / Ausschußwahrscheinlichkeit ????

PRAXISBEISPIEL LAUFRADNABE

Einrüsten Modellplatte
in Modellplatten-
träger an der
Formanlage



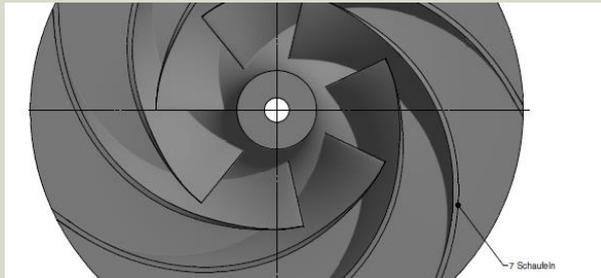
PRAXISBEISPIEL LAUFRADNABE

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER

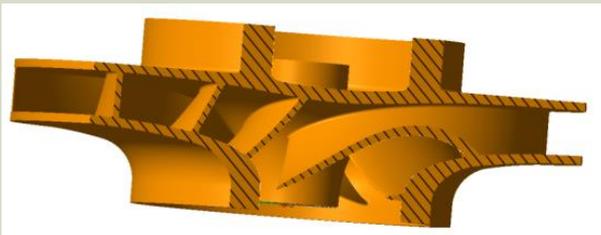


Na, geht doch....

PRAXISBEISPIEL: PUMPENLAUFRAD



7 Schaufeln



Dimensionen:

Gewicht 48,5 kg
Durchmesser 560 mm
Werkstoff: EN-GJS-400-15

Kleinserienbedarf / Ersatzteile

	konventionell	Rapid Casting
Kosten	1 Modell, 2 Kernkästen, davon 1 Segmentkern (mehrfach je Laufrad)	1 Modell, Printkern
Modelleinrichtung:	18.500.- €	12.800.- €
Preise je Stück		
1 Stk. Probe	540.-€	1.351,20 €
4 Stk.	430,80 €	851,87 €
10 Stk.	315.- €	683,16 €
Gesamtkosten: (für Probe + 10 Stk.)	22.190.- €	20.982,80 €
zzgl. Prüfkosten gemäß Kundenanforderung	ident. für beide Varianten	ident. für beide Varianten
Lieferzeit	10 Wochen	3 Wochen

PROZESSKETTEN IM GUSS

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER

3D CAD DATEN

SAND-SINTERN

3D-PRINTING
WAX

POLYSTYROL
LASERSINTERN

FFF
(MEX)

SLA-
STEREOLITHOGRAFIE

FORMSTOFF-FRÄSEN

HSC-FRÄSEN
WACHSMODELL

WACHS- ODER
KUNSTSTOFF-
MODELLE

KUNSTSTOFF-
MODELLE

STEREOLITHOGRAFIE
WERKZEUG

3D-PRINTING
SAND

STEREOLITHOGRAFIE
URMODELL

SANDFORMEN
aus AM Modellen
(auch Filamentdruck)

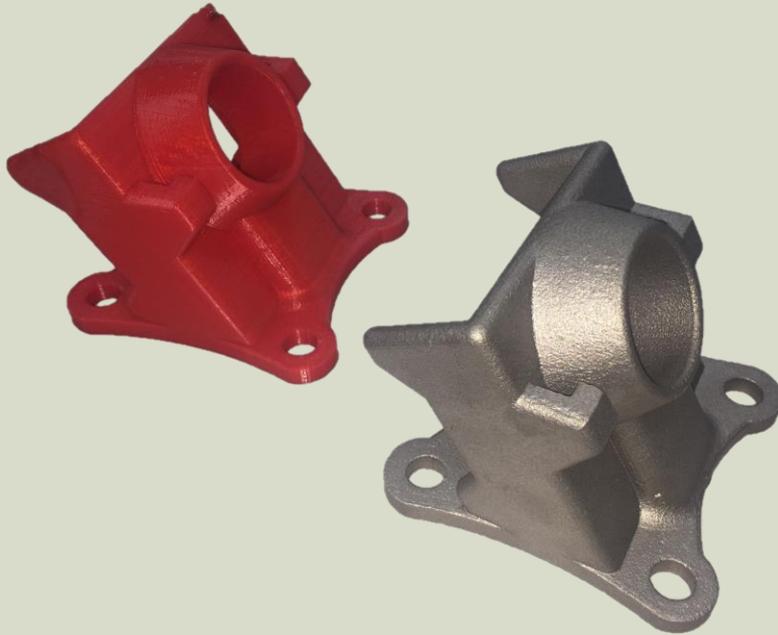
KUNSTSTOFF-
FORM

SILIKON
FORM

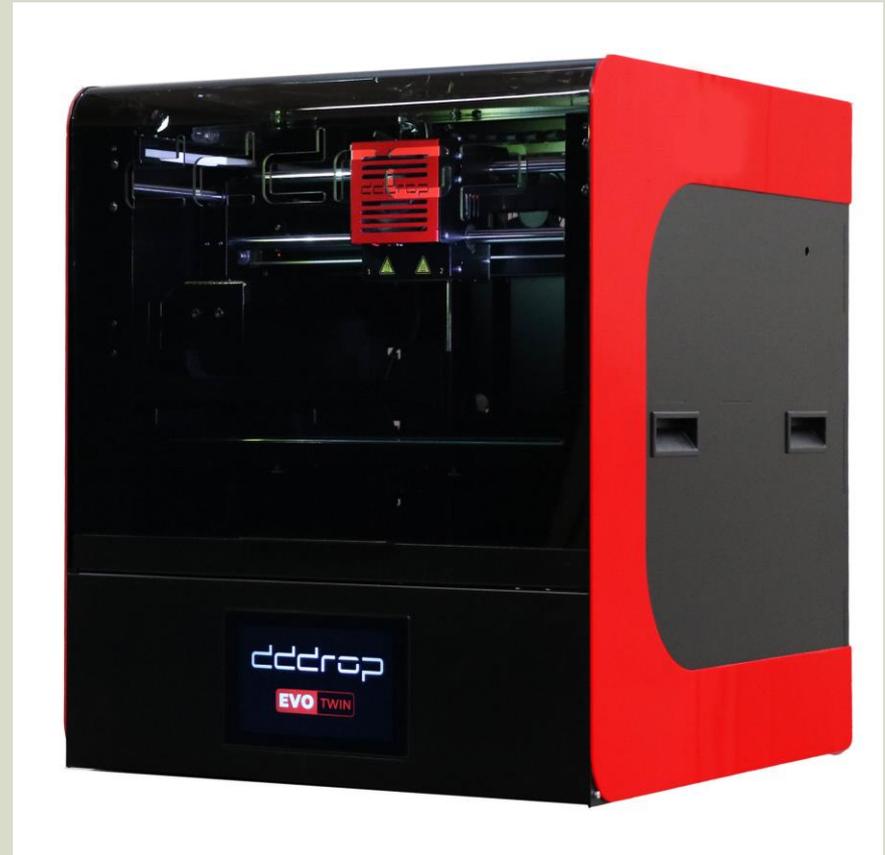
SANDGUSS

FEINGUSS / Keramischalenguss, oder KOMPAKTFORMGUSS Gipsguss

HOCHWERTIGE INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN MIT FILAMENTDRUCK

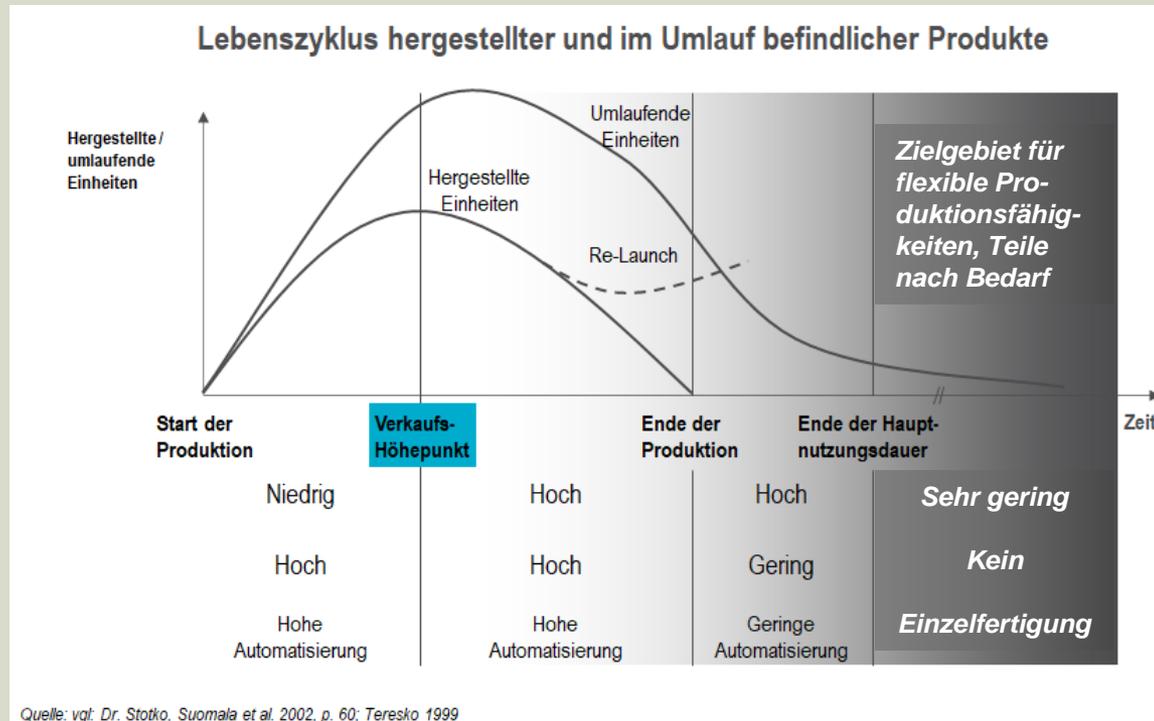


Verlorenes Modell
aus dem FFF-Drucker
mit Abguss
im Keramischalenguss



ERSATZTEILE BEI BEDARF - SPARE PARTS ON DEMAND

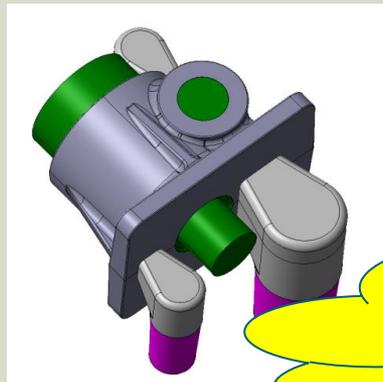
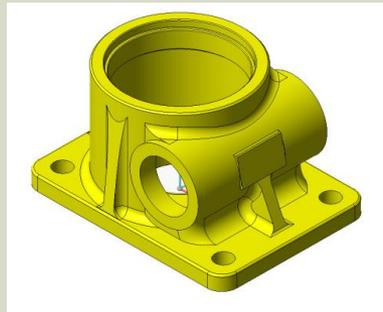
Strategie und Prozess zur Optimierung der Ersatzteilversorgung



Wenn Serienlose und Ersatzteillose stark voneinander abweichen, wie wahrscheinlich ist es dann, dass der selbe Beschaffungs- bzw. Fertigungsprozess der optimale ist?

PRAXISBEISPIEL: GETRIEBEGEHÄUSE - ERSATZTEILKOSTEN

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Dimensionen:
 Gewicht 29,4 kg
 ca. 350 x 300 x 200 mm
 Werkstoff: EN-GJS-500-7

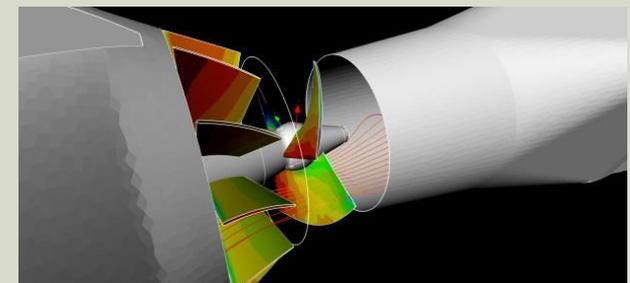
Kosten	konventionell (1 Modell, 1 Kernkasten)	Rapid Casting 1 Modell, Printkern
Modelleinrichtung:	7.840.- €	4.950.-€
Preise je Stück		
4 Stk. (Proben)	230,80 €	397,15 €
20 Stk.	72,06 €	313,43 €
Gesamtkosten:	10.742,80 €	12.807,20 €
50 Stk.	59,50 €	287,44 €
100 Stk.	58,17 €	280,10 €

Break-even bei ca. 10 Gussteilen
 (unter Vernachlässigung des
 Zeitbedarfs)

Zusatzkosten Serienfertigung		Kernkasten: 3.000.- €
Lieferzeit	7 Wochen	2 Wochen

ERSATZTEILBESCHAFFUNG UND -OPTIMIERUNG

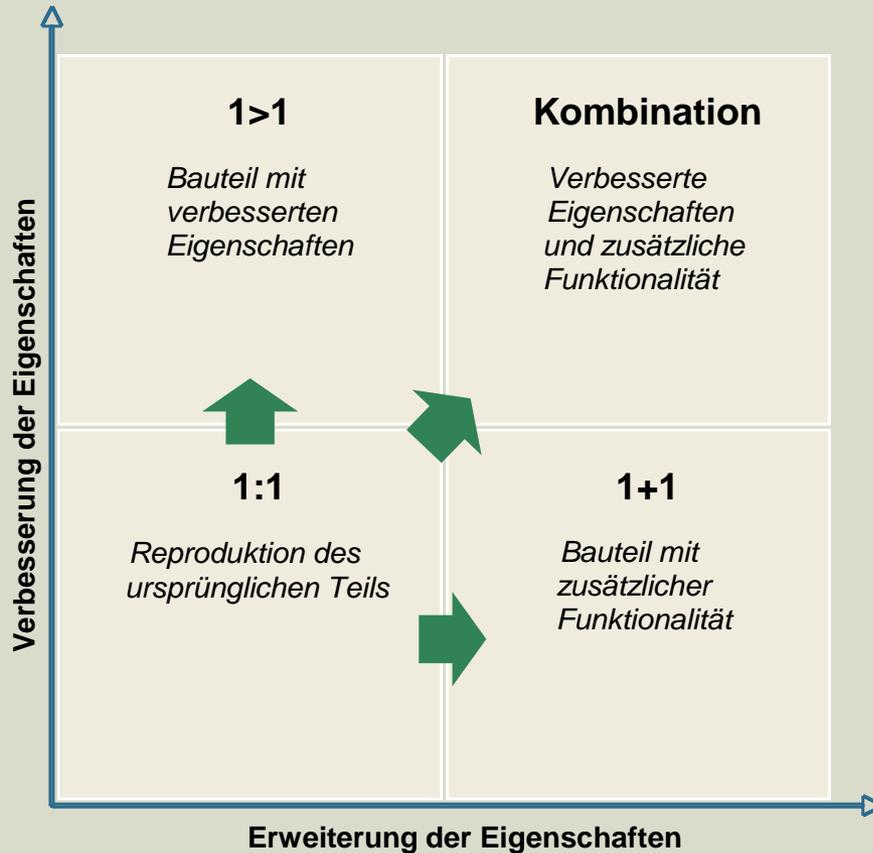
24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Schadteilvermessung, Abgleich mit den Schadensbildern, Lastanalyse und Bauteiloptimierung
=> Ersatzteil mit höherer Leistung und Lebenserwartung im Vergleich zum Original

ERSATZTEILBESCHAFFUNG UND -OPTIMIERUNG

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



➔ Neuer Ansatz führt zu einem **Paradigmenwechsel** in der Ersatzteilversorgung

3D-Print und moderne **Engineering-Methoden** erlauben einfache Änderung von:

- Geometrie und Funktionalität
- (Werkstoff-) Eigenschaften

- ▼
- Upgrade-Möglichkeit durch Ersatzteile mit Funktionserweiterung
 - Ersatzteile als Ausgangspunkt neuer Produktentwicklungen

ERSATZTEILE IM SPANNUNGSFELD VON KOSTEN, ZEIT UND QUALITÄT

Kosten

- **Lagerkosten**
für Ersatzteile und /
oder Werkzeuge
- **Verwaltungskosten**
Aufwand für Lager-
haltung und Logistik
- **Obsoleszenzkosten**
Veralterung des Ersatz-
teil- und Werkzeuglagers

Zeit

- **Verfügbarkeit**
schnellere Lieferbarkeit
für Ersatzteile
- **Flexibilität**
in der Produktion

- **Redesign**
Verstärkung der
Versagensstellen
- **Upgrade**
zusätzliche neue
Funktionalität

Qualität



ERSATZTEILE BEI BEDARF - SPARE PARTS ON DEMAND

Eine Strategie und ein Prozess zur Optimierung der Ersatzteilversorgung

Potenziale

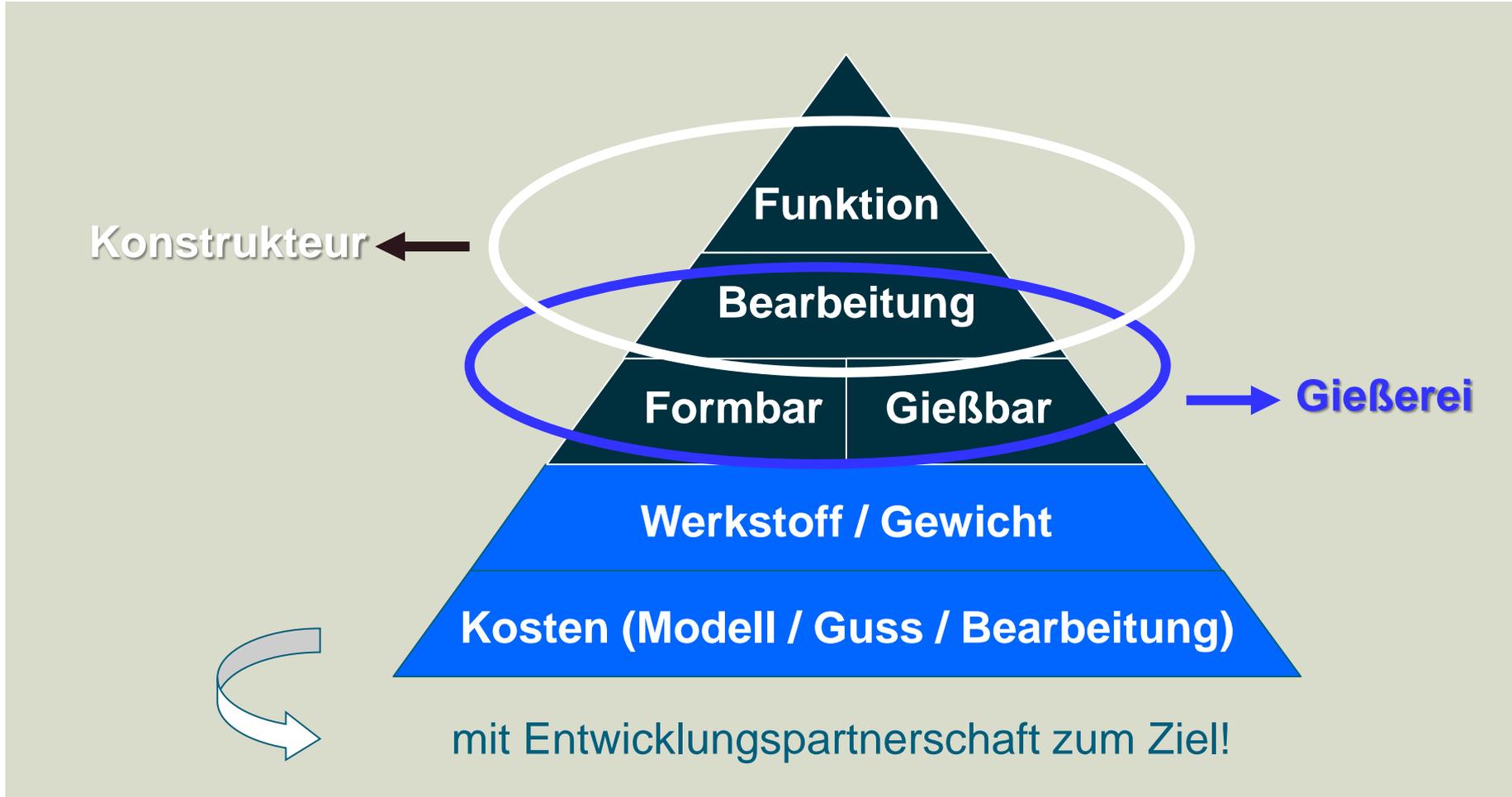
- Bessere Gesamtverfügbarkeit
- Geringere Stillstandszeiten
- Kürzere Lieferzeiten
- Geringere Lagerkosten
- Geringere Kapitalbindung
- Höhere Kundenzufriedenheit
- Weniger Entsorgungsaufwand (nicht benötigter Teile)

Schritte

- Gesamtbedarfsanalyse und Optimierung
- Bestandsdefinition
- Kostenstrukturanalyse
- Bauteilanalyse und Anforderungsdefinition
- Prozesskettenauswahl
- Beschaffung / Erzeugung der 3D Daten (Scanning und Reverse Engineering)
- Lagerung der 3D Daten

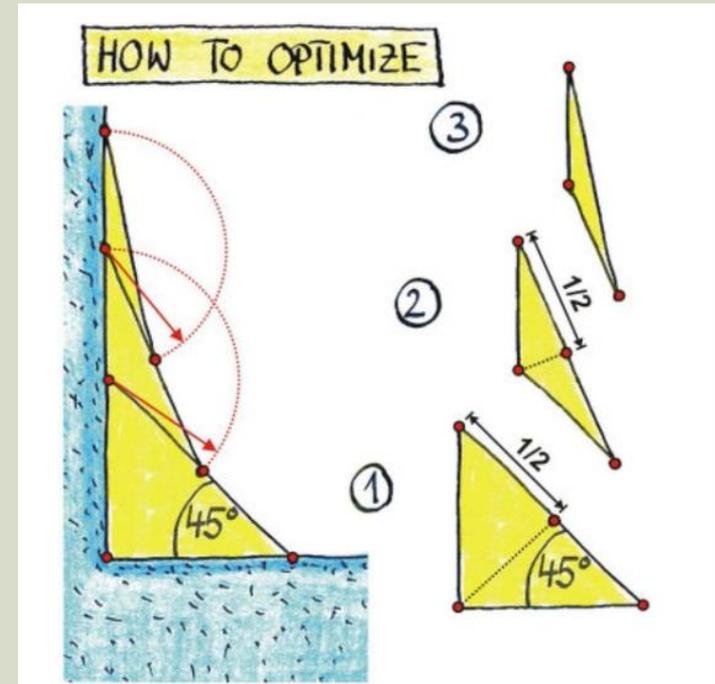
Wenn Serienlose und Ersatzteillose stark voneinander abweichen, wie wahrscheinlich ist es dann, dass derselbe Beschaffungs- bzw. Fertigungsprozess der optimale ist?

GEMEINSAME PRODUKTENTWICKLUNG



FREIHEIT DER FORMGEBUNG – KONSTRUKTIV UMSETZEN

Nach dem Vorbild der Natur werden Bauteile so konstruiert, dass **an stark belasteten Punkten viel Material, an den schwach bis gar nicht belasteten wenig Material** ist oder sogar Hohlräume sind.



In den 90er Jahren entstanden am Forschungszentrum Karlsruhe die beiden bionischen Verfahren CAO und SKO (Computer Aided Optimization, Soft Kill Option).

Eine Forschergruppe um Professor C. Mattheck fand heraus, das biologische Kraftträger wie Knochen, Krallen oder Bäume nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit in ihre optimale Form ‚hineinwachsen‘. CAO und SKO basieren auf der Simulation dieser Wachstumsregel. Mit ihr können technische Bauteile bezüglich Gewicht und Festigkeit optimiert werden.

FREIHEIT DER FORMGEBUNG

Die optimale Lösung entsteht nicht durch „dumpfes“ Ersetzen von Schweißnähten durch Radien,

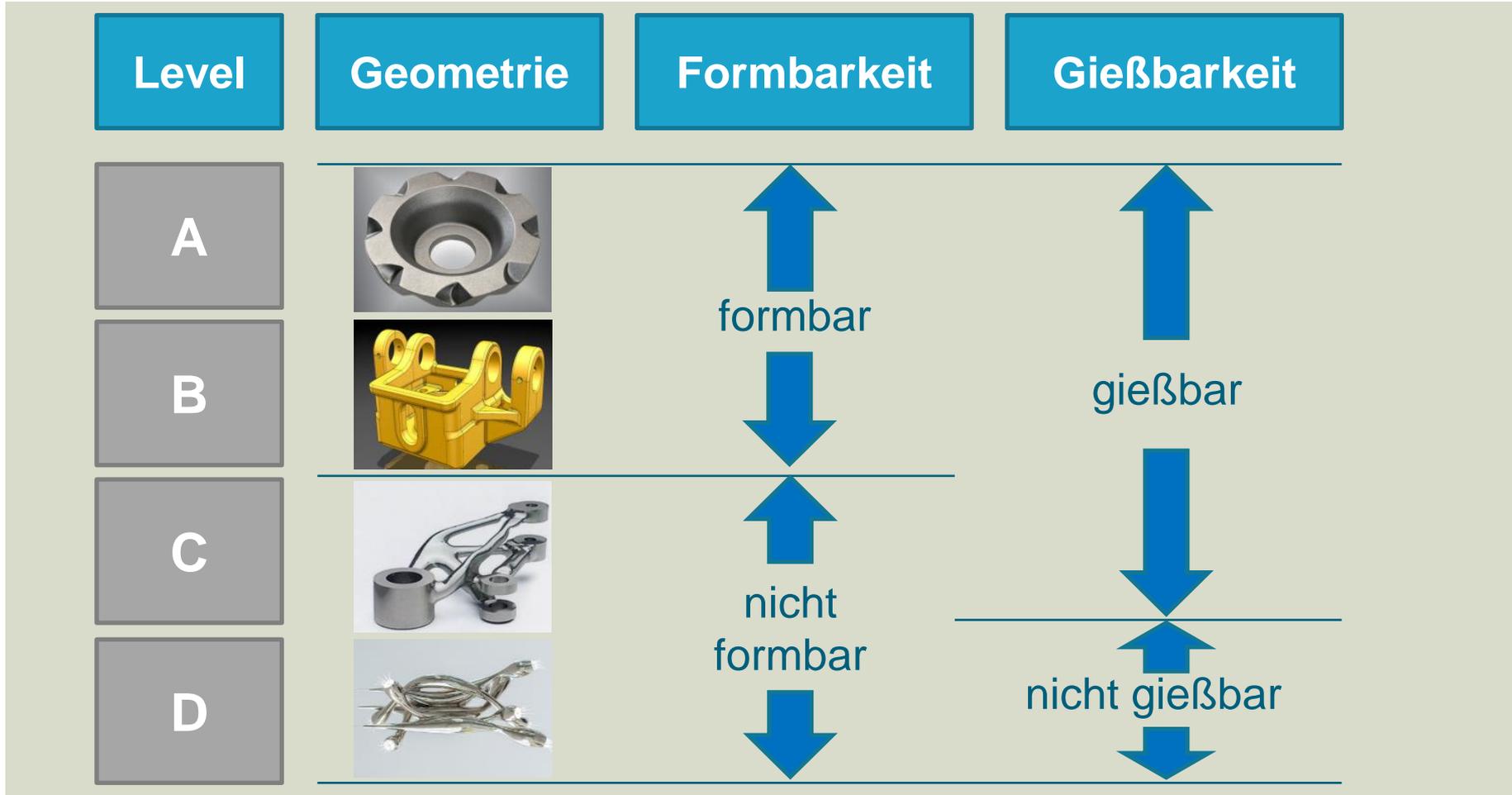
sondern durch intelligente Formen der Zusammenarbeit
und vollständige Nutzung der verfügbaren technischen Hilfsmittel.



Quelle: SIEMENS PLM

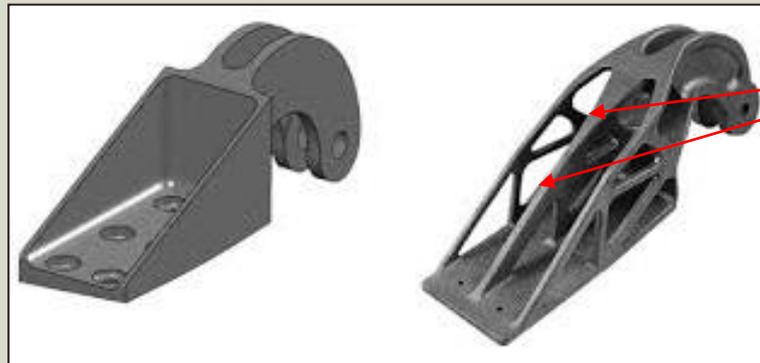
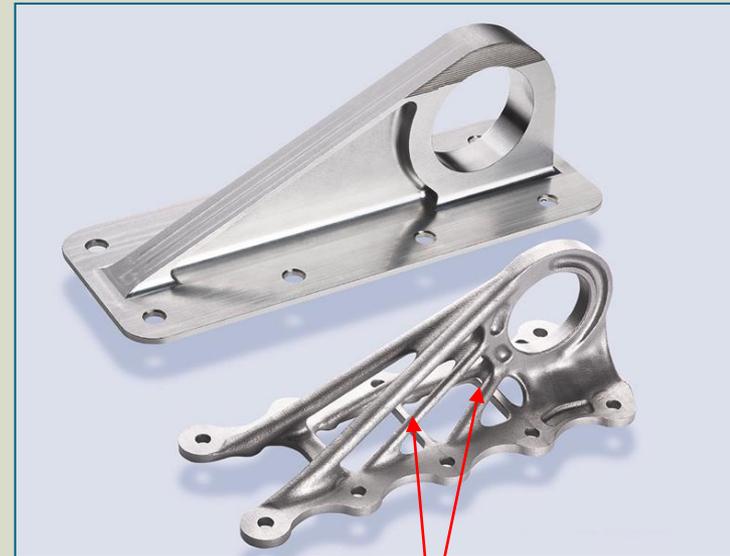
FREIHEIT DER FORMGEBUNG – NEUE FERTIGUNGSPOTENZIALE

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



FREIHEIT DER FORMGEBUNG – GRENZEN DER GIESSBARKEIT

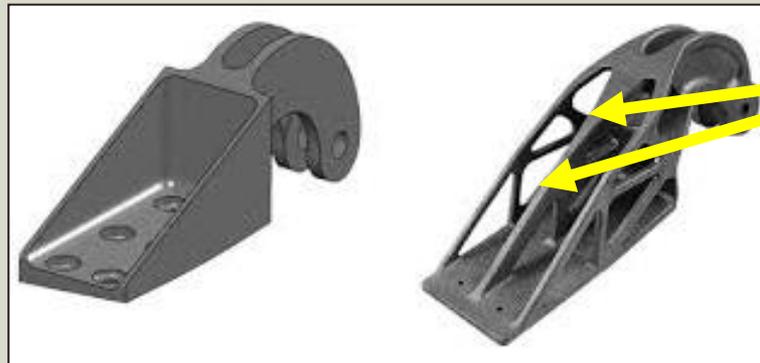
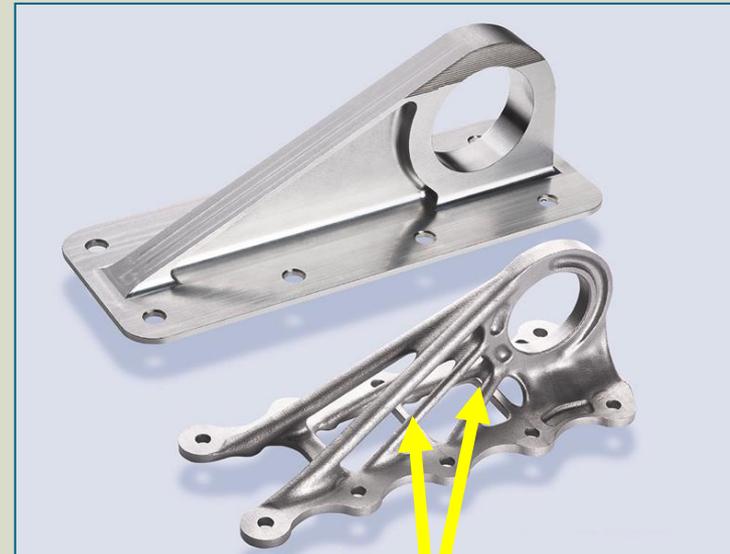
24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Grenzen der
Gießbarkeit

FREIHEIT DER FORMGEBUNG – GRENZEN DER GIESSBARKEIT

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, LEMGO - RAPID CASTING MIT DEM SERIENGIESSER



Grenze der
Giesserei
überschritten

ZUSAMMENFASSUNG

- Die Verbindung AM basierter Prozessketten und Gießerei schafft neue Wertschöpfungspotenziale im gesamten Produktlebenszyklus
 - für die schnelle Produktentwicklung
 - bessere Nutzung der Freiheit der Formgebung (Bionik)
 - Lieferzeit- und Kostenreduzierung in der Fertigung von Kleinserien und Ersatzteilen
- Der simple Nachbau eines konventionell gefertigten (Guss-)teils ist eine Beleidigung für jeden, der mit 3D-Druck arbeitet. Denn die Vorteile liegen in den bisher unbekanntenen Möglichkeiten, die eine grenzenlos scheinende Konstruktionsfreiheit bietet.
- Komponenten dürfen / müssen neu gedacht werden.

„Vergiss alles, was Du gelernt hast!“

KONTAKT

Volker Junior
phoenix GmbH & Co. KG
Josef-Felder-Straße 53
81241 München
VJunior@phoenix-innovation.de
www.phoenix-innovation.de
Mobil: +49 (0)171 461 83 53

Dr. Ulf Schliephake
Josef Brechmann GmbH & Co. KG
Hauptstraße 37/39
33758 Schloß Holte-Stukenbrock
u.schliephake@brechmann-guss.de
www.brechmann-guss.de
+49 (0)5207 8904-778
+49 (0)170 100 18 72