



Gestaltungsfreiheit und Schnelligkeit:

3D-Druck von Sandformen und Kernen in der
Gießerei – Einführung, Stand der Technik und
Anwendungsbeispiele

Dr. Ingo Ederer - CEO, voxeljet AG





Agenda

- › **Unternehmen**
- › Sandprozesse
- › Historie
- › Materialien
- › Systeme
- › Anwendungen

Synergien durch integrierte Geschäftsmodelle: On-Demand-3D-Druckservice (Segment Services) & 3D-Druckerverkauf und After-Sales (Segment Systems)

Das Geschäftsmodell von voxeljet lässt sich in zwei Hauptsegmente unterteilen

SERVICES

On-Demand 3D-Druck Service

Wir betreiben unsere 3D-Drucksysteme in drei Niederlassungen in Deutschland, den USA und China, um einen kostengünstigen On-Demand-Zugang zu unserer Technologie zu ermöglichen.



SYSTEMS

3D Drucker, Consumables und After Sales

Ca. 90 % der Systems-Kunden begannen als Services-Kunden.

Wir produzieren und vertreiben großformatige 3D-Drucksysteme in Industriequalität, die auf die Massenproduktion ausgerichtet sind.



Ein integriertes Geschäftsmodell und eine globale Präsenz, die Kunden einen einfachen, schnellen und flexiblen Zugang zu unserer 3D-Drucktechnologie bietet.



3D-gedrucktes Laufraud mit der VX1000 HSS

voxeljet US

3D-Druck On-Demand Service Center

voxeljet Hauptsitz

Produktion, Verwaltung, 3D-Druck On-Demand Service Center, Forschung & Entwicklung

voxeljet China

3D-Druck On-Demand Service Center

voxeljet India

Sales Office

~23 Vertriebspartner weltweit

AMERICA

26% des GJ20 Umsatzes

- > 3D-Druck On-Demand Service Center mit 50.000 m² in Detroit, Michigan
- > Produktionsstandort auch für Kunden in Südamerika

EMEA

53% des GJ20 Umsatzes

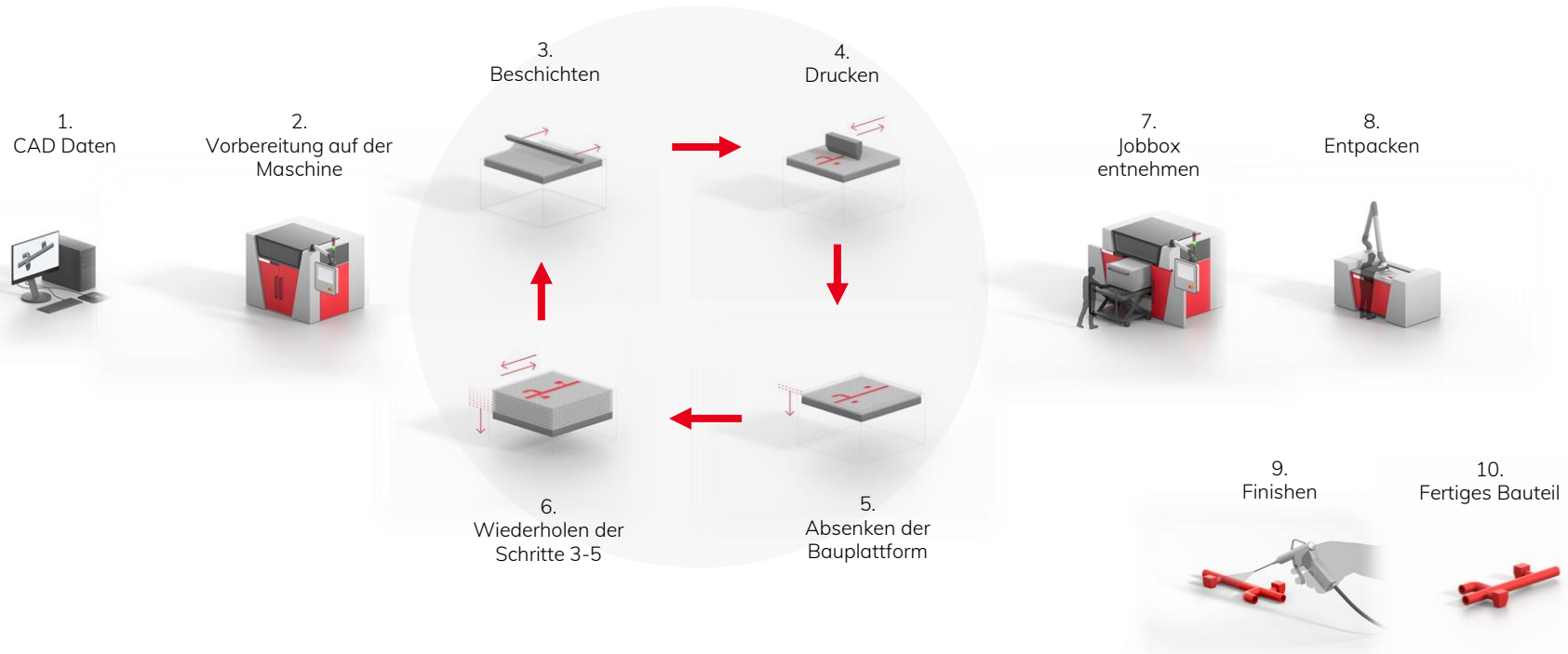
- > 3D-Druck On-Demand Service Center mit 135.000 m² in der Nähe von München
- > F&E-Zentrum für 3D-Druck

ASIA

21% des GJ20 Umsatzes

- > 3D-Druck On-Demand Service Center mit 78.000 m² in der Nähe von Shanghai, China
- > Vertriebsbüro in Indien, das den indischen Markt für additive Fertigung abdeckt

Binder Jetting Druckprozess



Geschichte von Wachstum und Innovation

1984

- **Charles W. Hull** - Erfinder des 3D-Drucks – entwickelte die Idee mit UV Licht flüssigen Kunststoff zu verfestigen
- **1984** patentierte er "Stereolithography" (SLA) zur Erstellung von 3D-dimensionalen Objekten
- **1986** Gründung des Unternehmens 3D Systems



1992

- Vermarktung der ersten SLS-Maschine durch **DTM** (Sintersation 2000) auf Basis der Laser-Sinter-Technologie. (SLS)



1994

- Vermarktung des zweiten SLS-Systems durch **EOS** (EOSINT) auf Basis der Laser-Sinter-Technologie (SLS)



1984

1989

1990

1992

1993

1994

1989

- **Elli Sachs** erfindet das Binder-Jetting Verfahren am MIT



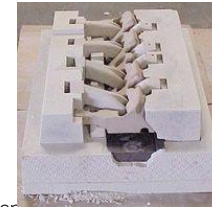
1990

- **Helisys Inc.** entwickelte das Rapid-Prototyping-System namens Laminated Object Manufacturing (LOM)
- Schichten werden aus klebstoffbeschichteten Papier-, Kunststoff- oder Metalllaminaten verklebt und mit einem Messer oder Laserschneider in Form geschnitten



1993

- **Soligen** vermarktet den direkten Schalenproduktionsguss (DSPC)
- Dieses Verfahren stellt keramische Gussformen im Schicht-für-Schicht-Verfahren her und ermöglicht somit die Herstellung von Metallteilen direkt aus CAD-Dateien



1993

- **QuickCast** ist eine Methode zur Herstellung von meist hohlen Feingussmustern, die es ermöglicht, diese auszubrennen, ohne die Keramikschale zu brechen.



Geschichte von Wachstum und Innovation

1995

- ACtech installiert die erste EOSINT S 700 mit der auf Basis des Laser-Sinterns von Croning-Sand Gießkerne gefertigt werden können



1998

- Erste kaltharz-gebundene Sandformen werden an der TU gedruckt



2002

Verkauf der ersten großformatigen 3D-Drucker mit Furansand an BMW und Daimler



DAIMLER



2002

Arcam: Erstes Serienmodell der EBM S12 wurde Ende 2002 auf der EuroMold in Frankfurt präsentiert



2005

- voxeljet präsentiert auf der Euromold die VX800 dem ersten großformatigen Drucker für PMMA



1995

1998

1999

2001

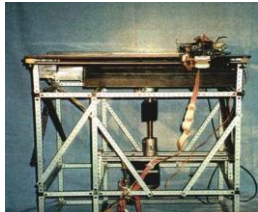
2002

2004

2005

1995

- Erster Prototyp eines Binder-Jetting-3D-Druckers an der TUM



1999

- Dr. Ingo Ederer, Rainer Höchsmann und Prof. Dr. Joachim Heinzl haben das Unternehmen Generis GmbH gegründet

1999

- 3D Systems präsentiert den Thermojet als ersten 3D-Drucker für Wachsmodele



2001

- Zcorp stellt das Materialsystem Z-Cast vor mit dem Formen für den Leichtmetallguss gedruckt werden können



2003/04

- Lizenzierung des Generis-Sand-Prozesses an ProMetal RCT (heute ExOne GmbH) und Umfirmierung zu voxeljet technology GmbH – heute voxeljet AG



Geschichte von Wachstum und Innovation

2010

- ExOne: Einführung der S-Max



2013

- Einführung der VX2000



2015

- Exone stellt das 3D-Drucksystems **Exerial** für die industrielle Serienfertigung erstmalig vor



2015

- Foshan Fenghua präsentiert den 3D-Sanddrucker PCM800.

2010

2011

2013

2014

2015

2011

- Vorstellung der VX1000 und VX4000:
- Der weltweit größte 3D-Drucker für Sandformen



2014

- voxeljet startet Produktion von Sandformen mit dem Phenol-basierten PDB-Prozesses



2014

- SLM Solutions bringt die Selective Laser Melting Maschine SLM500 auf den Markt. Hier sind pro Maschine vier Faserlaser gleichzeitig im Einsatz.



2014

- General Electric startet Massenproduktion von Triebwerksdüsen mit 3D-Druckern



Geschichte von Wachstum und Innovation

2017

- Einführung des HSS Prozesses


2017

- Das Startup Desktopmetal stellt erstmalig seinen Produktionsdrucker für die Herstellung von Metallteilen auf Basis des Binder-Jettings vor


2017

- Kocel Group Limited präsentiert den 3D-Sanddrucker idream.


2019

- Vorstellung der vollautomatisierten Kern-Produktion für die Automobilindustrie. (VJET-X)


2021

- Desktopmetal kauft Exone


2021

- Vereinbarung zwischen GE, voxeljet und IGCV zur Entwicklung und Bau des weltgrößten 3D-Sanddruckers

2016
2017
2018
2019
2020
2021
2016

- General Electric kauft Arcam AB und Concept Laser

2016

- EnvisionTEC und Viridis3D führen das roboterbasierte 3D-Drucksystem ein


2018

- Markteinführung des neuen IOB-Drucksystems VX1000-S mit einer Schichtzeit von nur 12 Sekunden


2018

- HP stellt auf der IMTS den neuen HP Metal Jet vor


2020

- Die schlimmste Pandemie der Neuzeit fordert Millionen Tote, blockiert Lieferketten und schränkt das tägliche Leben massiv ein

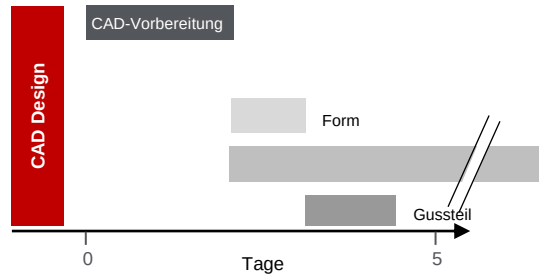
Warum 3D-Druck für den Sandguss?



Wesentliche Vorteile des 3D-Drucks

→ Kosteneffiziente Entwicklung

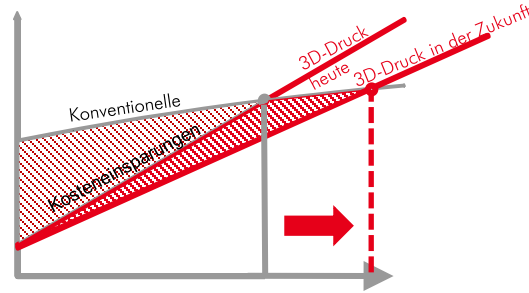
Mit AM Technologie



Geschwindigkeit

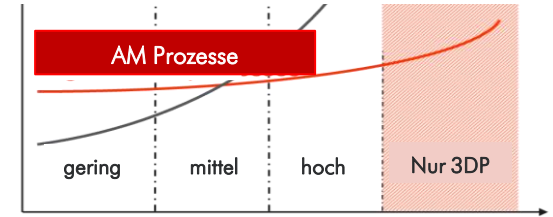
- › Keine Werkzeugeinrichtung
- › Lieferzeit in Tagen (nicht Wochen)

→ Schneller zum ersten Teil



Kosteneinsparung

- › Keine Werkzeugkosten
- › Ideal für Prototypen / Kleinserien

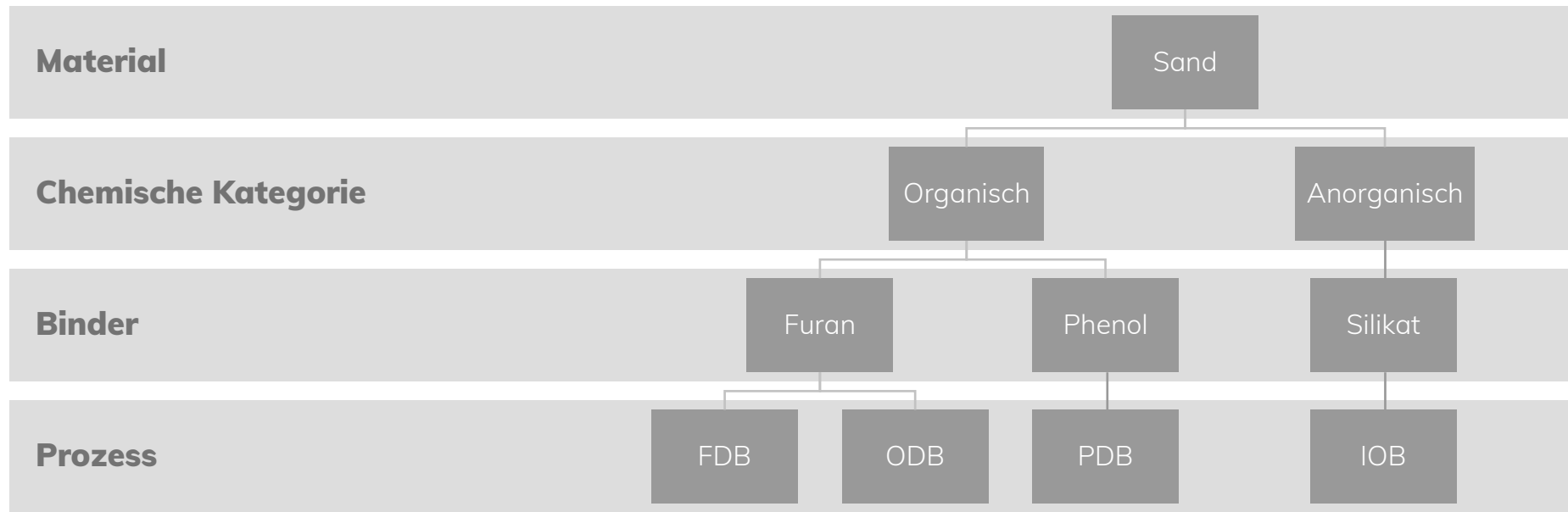


Komplexität

- › Komplexe Formen möglich
- › Komplexität kein Kostentreiber

→ Komplexität zum Nulltarif

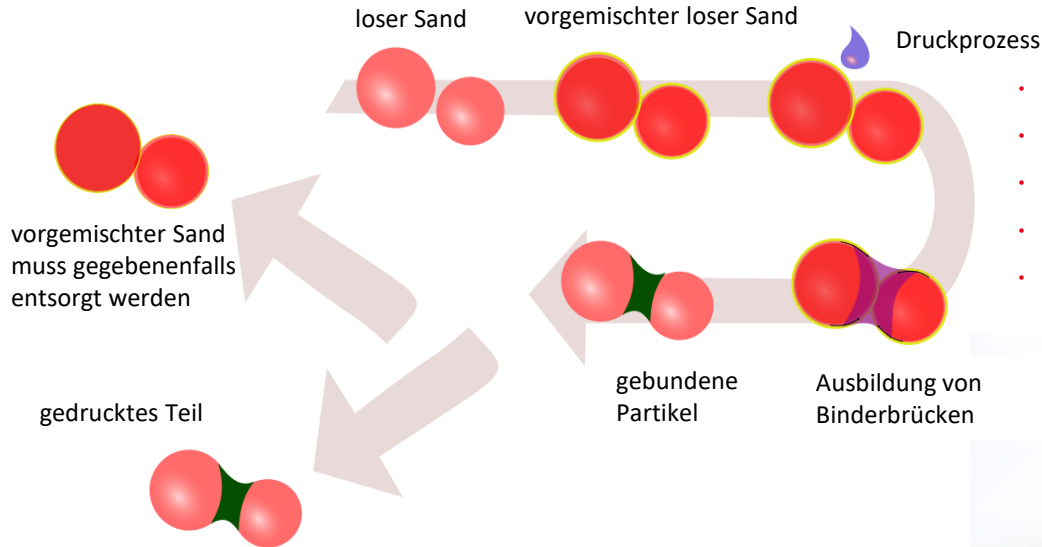
voxeljet Sandprozesse



Sandprozess – Furan (ODB/FDB)



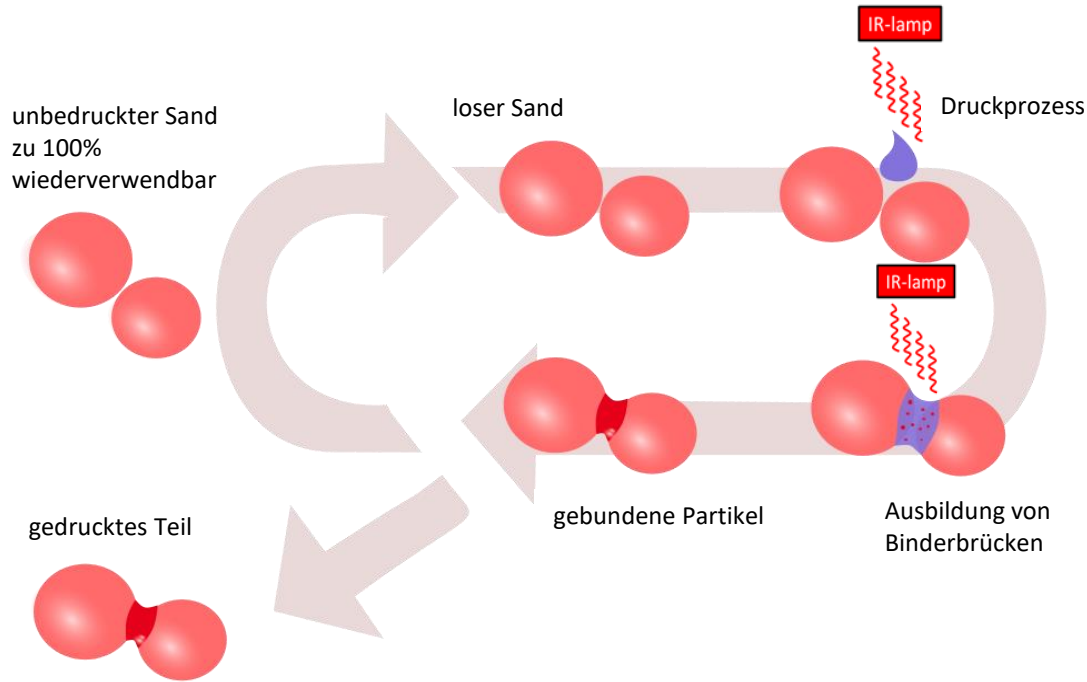
Organic Direct Binding (ODB)



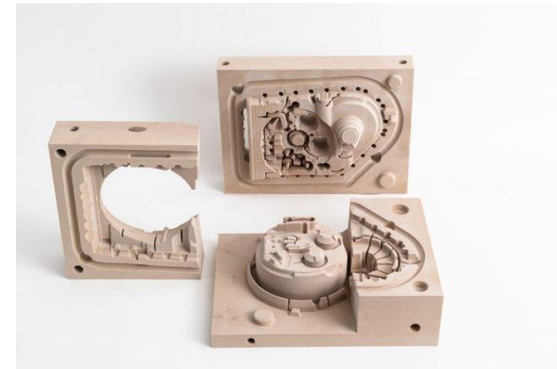
- Aktivator vorgemischt mit Quarzsand
- Ausgereiftes Verfahren (seit mehr als 20 Jahren)
- Vor allem in Gießereien bekannt
- Schnelle Druckgeschwindigkeit
- Preiswertestes Materialsystem



Sandprozess – Phenolic Direct Binding (PDB)

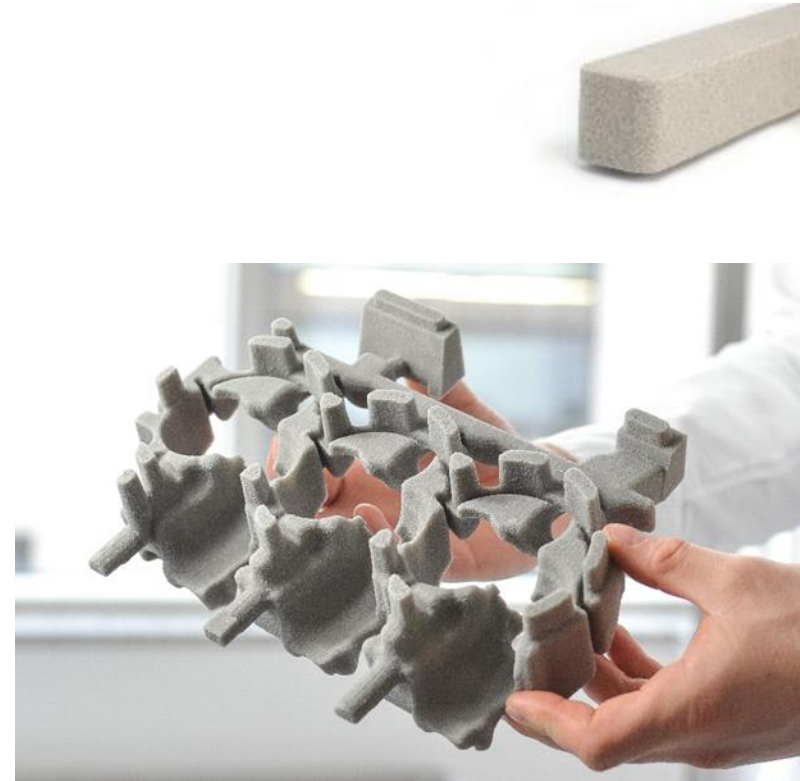


- Verarbeitung von unbehandeltem Partikelmaterial (keine Vormischung)
- Kein Abfallsand
- 5-15 Stunden Aushärtungszeit nach dem Druck
- 3 Stunden Aushärtung im Ofen nach dem Auspacken
- Hohe Präzision und Oberflächenqualität
- Geeignet für Hochtemperaturlegierungen



Sandprozess – Inorganic Binding (IOB)

- Umweltfreundliches Verfahren für emissions- und geruchsfreies Gießen
- Vorgemischter Sand mit festem Promotor
- Binder auf Basis einer Alkalisikatmischung (Wasserglas)
- Energieinduktion durch IR-Lampe
- Nachhärtung in der Mikrowelle
- Begrenzte Lagerfähigkeit – luftdichte Verpackung erforderlich



Furan vs Phenol

Furan



PDB



Eine Plattform, viele Anwendungen

Wir bieten unseren Kunden verschiedene 3D-Drucksysteme, die Sand- und PMMA-Materialien für den additiven Guss, Kunststoffpolymere in HSS, Keramiken und andere verarbeiten können

RESEARCH VX200

Geeignet für Materialqualifikationen und Forschungsaktivitäten



UNIVERSAL TALENT VX1000

Meistverkaufte Plattform und Basis für unsere beiden Wachstumstreiber VX1300 X und VX1000 HSS



INDUSTRIELLE PRODUKTION VX2000

Hohe Flexibilität und Druckleistung. Effektives Bauvolumen von 2.000 x 1.000 x 1.000 mm



NEUE DIMENSIONEN VX4000

Weltweit größter industrieller 3D-Sanddrucker. Effektives Bauvolumen von 4.000 x 2.000 x 1.000 mm



SERIENFERTIGUNG VX1300 X

High-End-System für die additive Massenfertigung, mit Schichtzeiten um 4 Sekunden. Das System ist in die vollautomatische Vor- und Nachbearbeitung integriert. Der erste Kunde ist ein führender deutscher Automobilhersteller.



VX1000 Performance-Entwicklung

↑ Produktivität

ca. 12 l/h



VX1000

- › Einzelner Druckkopf
- › Bis zu 300 dpi (1.536 Düsen)

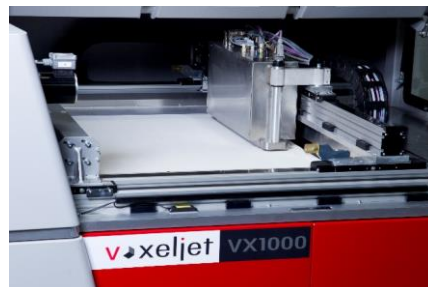
ca. 15 l/h



VX1000 Parallel

- › Einzelner Druckkopf
- › Bis zu 300 dpi (1.536 Düsen)
- › Parallele Achsenbewegung

ca. 50 l/h



VX1000-S

- › Leistungsstarker Druckkopf
- › Bis zu 300 dpi (1.536 Düsen)
- › Parallele Achsenbewegung

ca. 160 l/h



VX1300-X

- › Line Head Druckkopf
- › Bis zu 200 dpi (10.240 Düsen)
- › Zwei Recoater
- › Beschichtung & Druck bei jedem durchgang
- › Vollautomatisches 3D-Drucksystem

ICP-Projekt auf einen Blick: Additive Serienfertigung

Die Integration in die konventionelle Fertigung ermöglicht die additive Serienfertigung komplexer Metallkomponenten. Produktionszellen, die fünf VX1300 X-Systeme kombinieren, können mehrere hunderttausend Teile pro Jahr drucken.



Ein Kern pro Minute



+/- 0,1 mm Maßtoleranz



Vollständig anorganischer Materialsatz



Bereit für die additive Serienfertigung: Vollständig automatisierte Prozesskette inklusive Nachbearbeitung

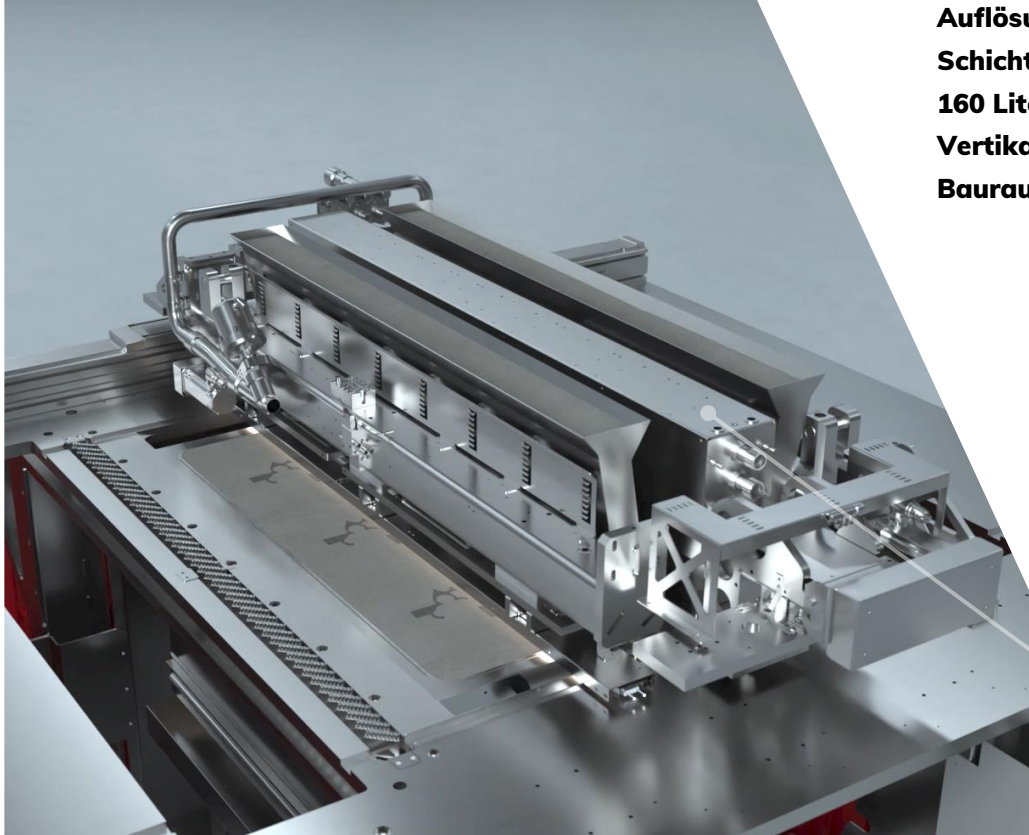
Ziel: Steigerung der Effizienz herkömmlicher Automotoren durch den Einsatz und die Vorteile des 3D-Drucks auf einem kosteneffizienten Niveau



Konstruktionsfreiheit ermöglicht 20% mehr Kühleffizienz am Automotor



Technische Daten



Auflösung bis zu 300 dpi

Schichtzeit unter 6s

160 Liter pro Stunde Output

Vertikale Baugeschwindigkeit ca. 193 mm pro Stunde

Bauraum: 1.280 x 680 x 500 mm

Prozesseinheit:

- > ein Druckkopf
- > zwei Recoater
- > zwei IR-Lampen

VX1300 X

Konventionelle Fertigung

Kernschieß-
maschinen



Gießverfahren



- Einschränkungen der Komplexität
- + Kosteneffizienz durch Integration in die Gießlinie
- + Stand der Technik für die Produktion einfacherer Teile

Hybrid Additive Manufacturing (HAM)

3D-Drucker
VX1300 X



Gießverfahren



- + Keine Komplexitätseinschränkungen
- + Funktionsintegration
- + Gedruckt als Einzelteil
- + Kosteneffizienz durch Integration in Gießanlage

Hybrid Additive Manufacturing (HAM) ist eine Kombination aus 3D-Druck und Gießen:

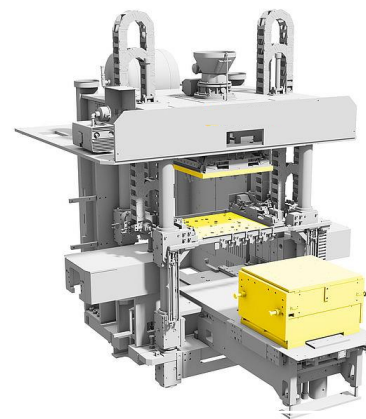
HAM kombiniert die Vorteile des 3D-Drucks (Produkt- & Prozessinnovation) mit denen der konventionellen Fertigung von Metallteilen über Guss (Kostenvorteile, hoher Automatisierungsgrad). Diese Kombination ermöglicht die additive Serienfertigung (mehr als 100.000 Bauteile pro Jahr).

System Vergleich



voxeljet 3D-Drucker VX1300 X

Systempreis	ca. 1,2 Mio. Euro
Schichtvolumen	0,234 l
Schichtzeit	5 Sekunden
Volumennutzung	20 %
Gedrucktes Volumen / Minute	0,56 l/min
Zykluszeit für einen 100 mm hohen Sandkern (6 pro Schicht)	5 Minuten



Standard Kernschießmaschine

Systempreis	ca. 1,0 Mio. Euro
Schichtvolumen	50 l
Schichtzeit	120 Sekunden
Volumennutzung	50 %
Gedrucktes Volumen / Minute	12,5 l/min
Schussvolumen pro Minute (2 pro Werkzeug)	1 Minute

- › Konstruktionsfreiheit im Vergleich zu konventionellen Werkzeugen
- › Produktivitätsunterschied nur 5 bis 20 je nach Geometrie

Direkter Metalldruck vs. Indirekter Metalldruck

Direkter Metalldruck

€1.000 pro kg ⁽¹⁾

Kosten für das Lasersintern; steigen mit der Komplexität des Projektes

72-96 Stunden

um einen Zylinderkopf für einen Automotor zu drucken

Indirect Metal Printing - Molds & Cores & Casting -

€7-30 pro kg

Stahlgusspreis mit Formen- und / oder Kernherstellung

30 Minuten ⁽²⁾

6 Kornsätze alle 30 Minuten aus einem 3D-Drucker mit Gießanlage

Vorteile des indirekten Metalldrucks in der Massenproduktion

Erheblich Schneller als Metalldirektdruck

Erheblich geringere CAPEX im Vergleich zum Metalldirektdruck, um ein ähnliches Produktionsniveau zu erreichen

Erheblich geringere OPEX im Vergleich zum Metalldirektdruck

Alle Zahlen dienen nur zur Veranschaulichung:

(1) Unter der Annahme eines durchschnittlichen Preises von 8,25 €/ccm für das Lasersintern (Piili et al., 2015), einer Stahldichte von 8g/ccm, 1€ = 1.15\$

(2) Einschätzung der Geschäftsleitung auf der Grundlage interner Prognosen zur VX1300 X



GE

News Investors About us Careers Business

PRESS RELEASE

GE Renewable Energy, Fraunhofer IGCV und voxeljet AG planen die Entwicklung des weltweit größten Sand-3D-Druckers für Offshore-Windkraftanlagen

September 16, 2021

Facebook Twitter LinkedIn Email

- Project to accelerate and optimize the production of a key casting components² of the GE Haliade-X Offshore turbine
- 3D Printing provides flexibility to produce large turbine components near offshore wind projects, lowering transportation costs and bringing environmental benefits
- Trials of new technology expected to begin in Q1 2022

Friedberg, Greater Munich, September 16th, 2021 - GE (NYSE:GE), Fraunhofer IGCV and voxeljet AG (NASDAQ:VJET) today announced a research partnership to develop the world's largest 3D printer for offshore wind applications in order to streamline the production of key components of GE's Haliade-X offshore wind turbine. The Advance Casting Cell (ACC) 3D printer under development will benefit from financial support from the German Federal Ministry for Economic Affairs

Figure 1 [see caption in release] [View image](#)

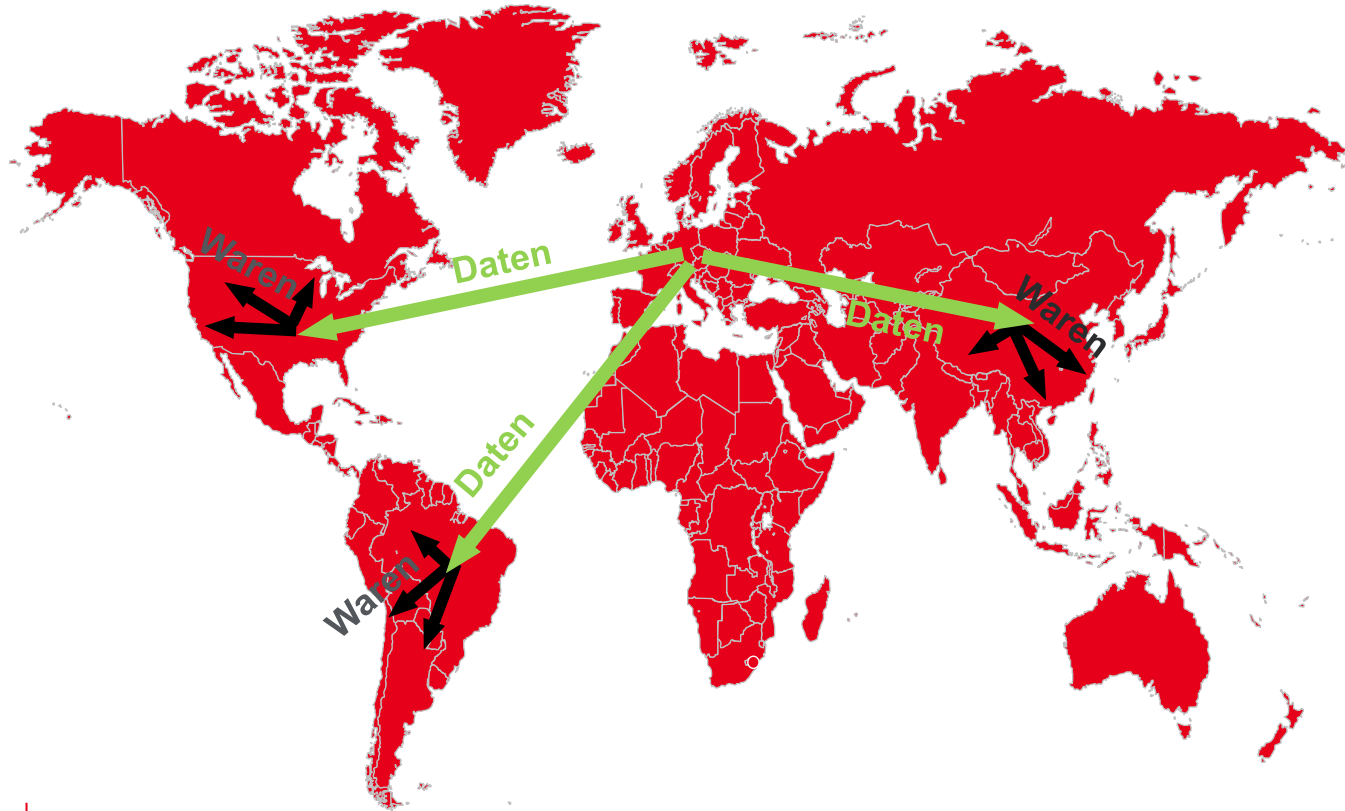
Figure 2 [see caption in release] [View image](#)

GE wird das Turbinen-Know-how und die digitalen Daten für die zu druckenden Teile liefern. Fraunhofer wird die Forschung und Entwicklung neuer Druckkonzepte und Experimente durchführen, und voxeljet wird das Design, die mechanische Entwicklung und die Herstellung der Prototyp-Drucker sowie die Vermarktung der Drucker übernehmen.

Herstellungskette in der globalisierten Welt



Herstellungskette mit Hilfe von 3D-Druck





Agenda

- › Unternehmen
- › Sandprozesse
- › Historie
- › Materialien
- › Systeme
- › **Anwendungen**

Verwendung gedruckter Kerne & Formen



Gedruckte Formen und Kerne

- Konventionelles Formkonzept
- Eventuell integriertes Gießsystem
- Eventuell konturnah gedruckt für spätere Hinterfütterung



Hybride Produktion

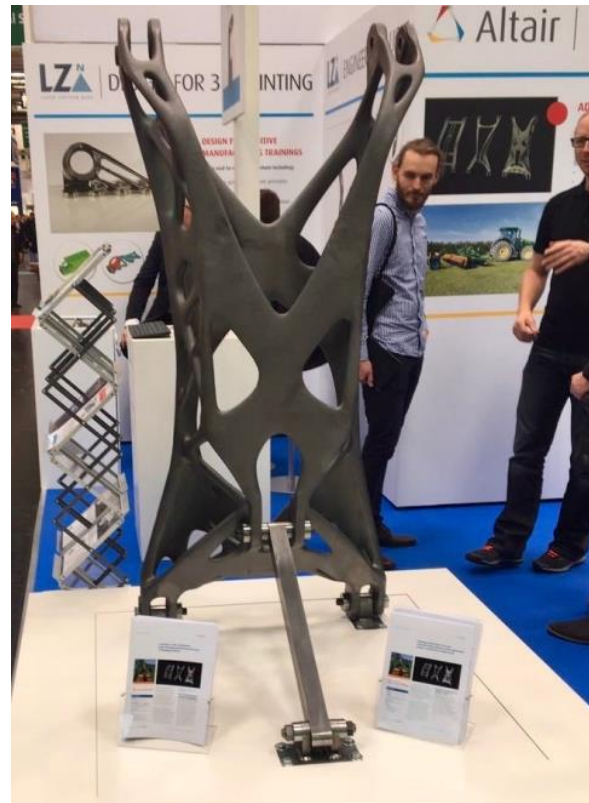
- Gedruckte Kerne werden mit konventionell hergestellten Formen kombiniert
- Evtl. kombiniert gedruckte Kerne



Integrierte Form

- Formen mit integrierten Kernen
- Evtl. Formteilung zur besseren Entsandung
- Evtl. mit angedruckten Gießsystem

Optimierte Fahrwerksschwinge



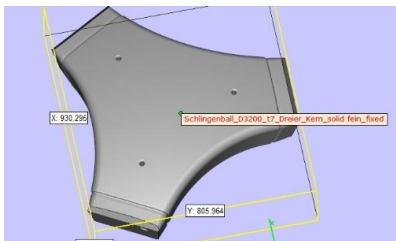
Optimierte Fahrwerksschwinge



	Geschweißt	Gegossen	Bionischer Guss
Gewicht	245 kg	225 kg	200 kg
Länge der Schweißnaht	16,5 m	0 m	0 m
Lebensdauer	100 %	272 %	272 %
Markteinführungszeit	100 %	50 %	25 %

Schlingenball

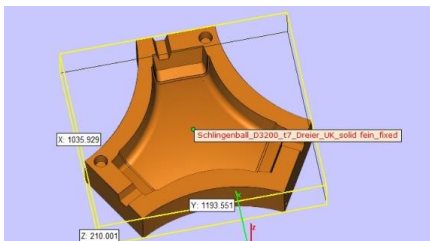
- › Material: Aluminium
- › Höhe: 4 Meter
- › Gewicht: ca. 965 kg
- › Wandstärke: 8 mm



Kern



Oberkasten

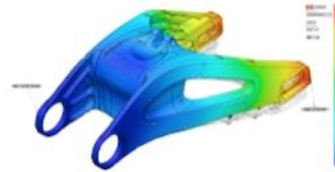


Unterkasten

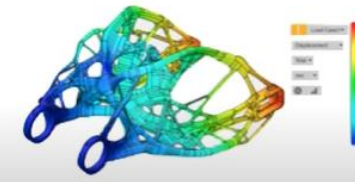
Autodesk Schwinge

- › Drei miteinander verschraubte Teile
- › Gewicht: 7,429 kg
- › Beibehaltung der Leistung der bestehenden Schwinge bei gleichzeitiger Gewichtsreduzierung
- › Geometrische Freiheit und die Stabilität des klassischen Gusses

Original: max Deflection (mm)



RedBack_027 max Deflection (mm)



Vorteile des voxeljet Sanddrucks

Materialflexibilität



- › Breite Palette an Pulverwerkstoffen für verschiedene Gussanwendungen
- › Verschiedene Bindersysteme für individuelle Anforderungen

Skalierbarkeit



- › Breites Produktportfolio
- › Bauvolumen von 9 bis 8.000 Litern

Wirtschaftlichkeit



- › Hohe Produktivität in großem Maßstab
- › Einzelanfertigungen und kleine Losgrößen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

voxeljet AG

Paul-Lenz-Straße 1a
86316 Friedberg

Tel. +49 821 7483-100

