

Additive Manufacturing – Integration von Fertigung und Produktentwicklung

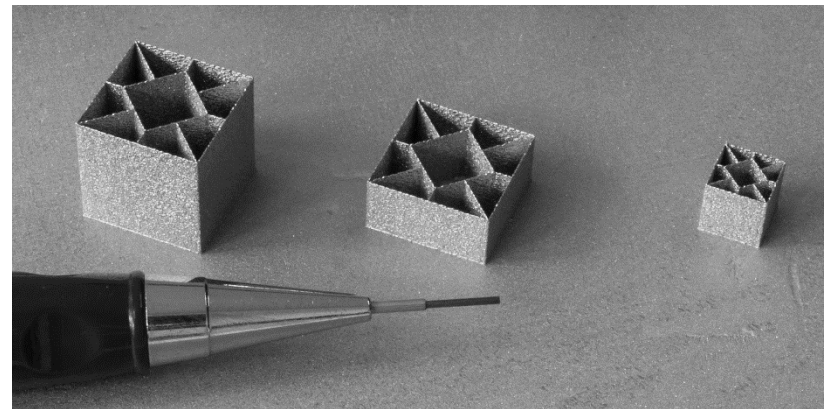
Dipl.-Ing. Alexander Martha

*Rechnereinsatz in der Konstruktion
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Math. Peter Köhler*



Institut für Produkt Engineering

- Additive Manufacturing
- Integrationskonzept
- Additive Manufacturing Parameters
- Additive Manufacturing CAD-Tool
- Zusammenfassung und Ausblick



Additive Manufacturing



3D-Drucken vs. Additive Manufacturing?

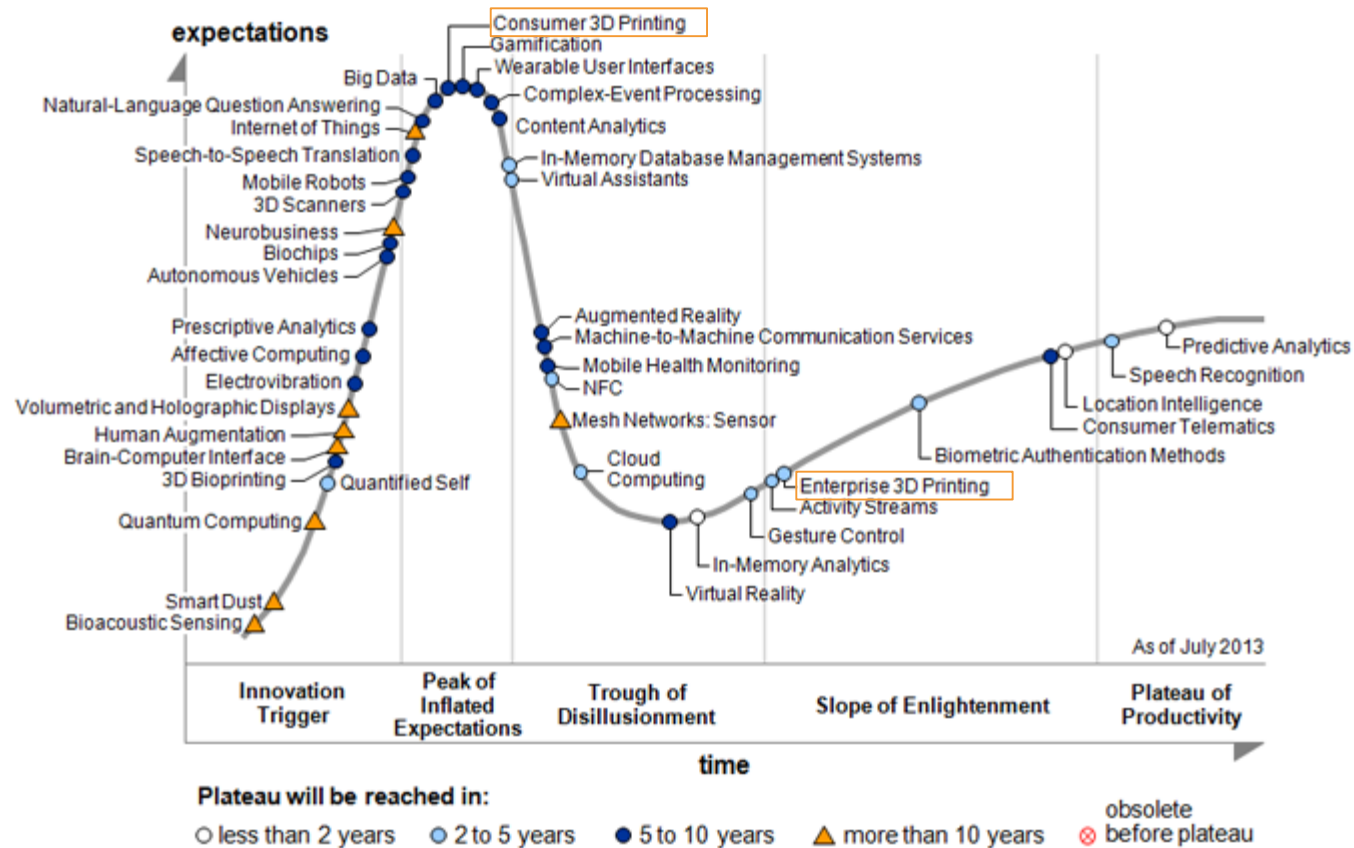
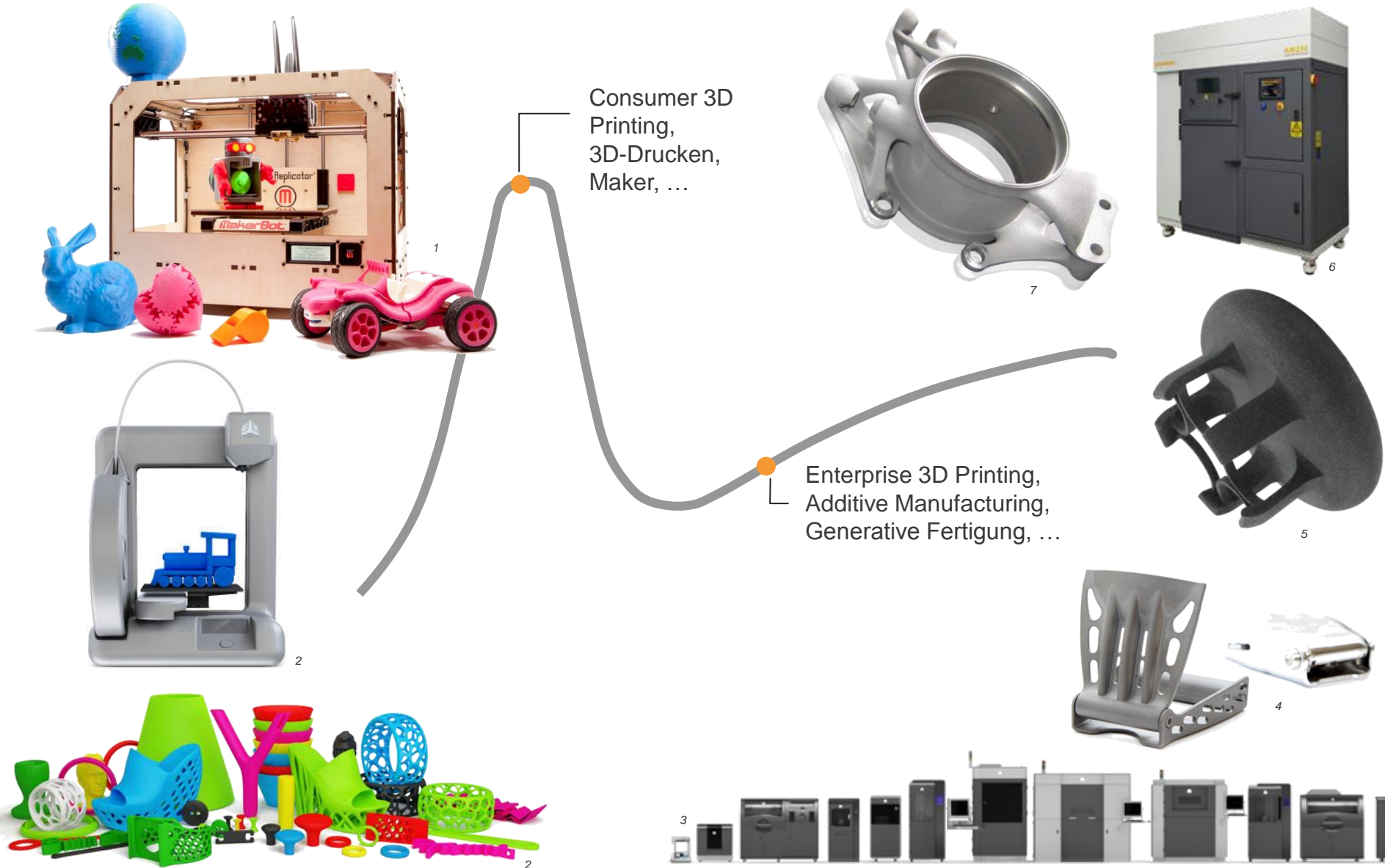


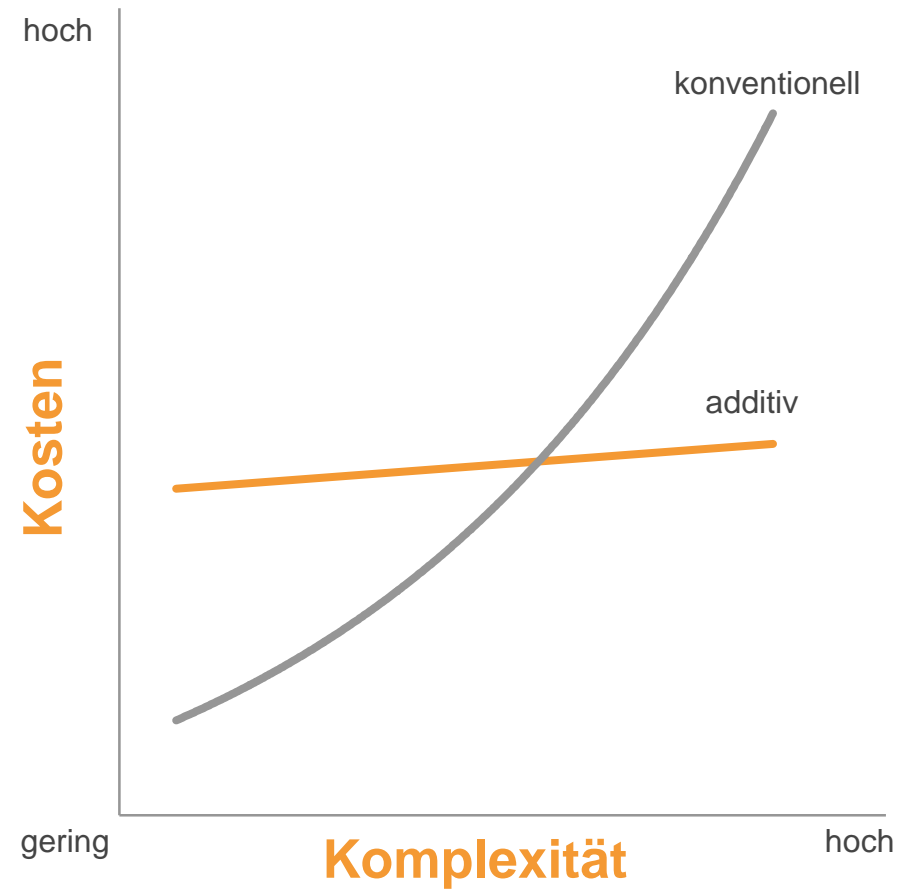
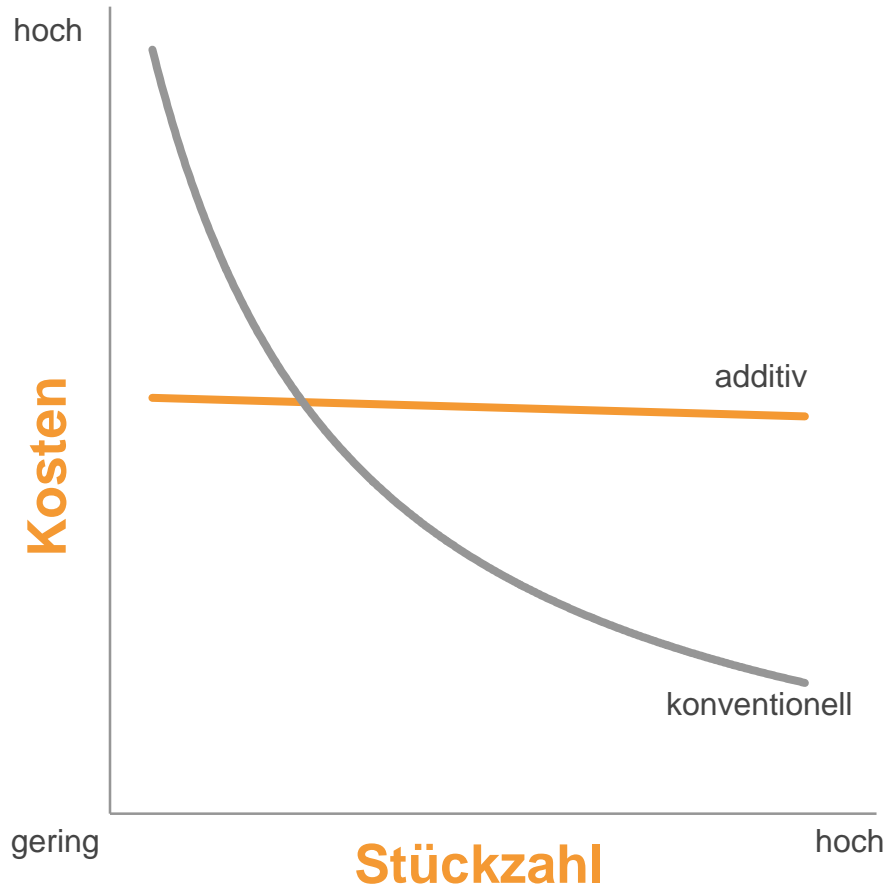
Bild: Gartner's 2013 Hype Cycle for Emerging Technologies

3D-Drucken vs. Additive Manufacturing?



Bilder: Makerbot ¹, secondagenda.be ², 3dsystems ³, The Saving Project ⁴, EOS ⁵, Renishaw ⁶, Rennteam Uni Stuttgart ⁷

Kann mit AM wirtschaftlich produziert werden?



Quelle: rechts in Anlehnung an Roland Berger 2013: Additive manufacturing – A game changer for the manufacturing industry?

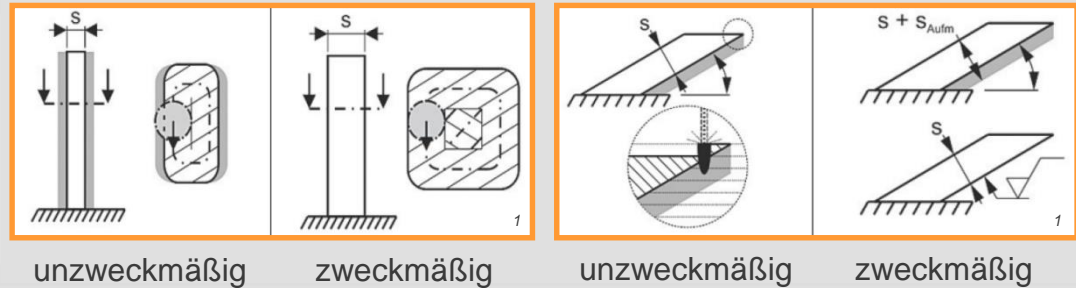
Einflussfaktoren auf den Fertigungsprozess



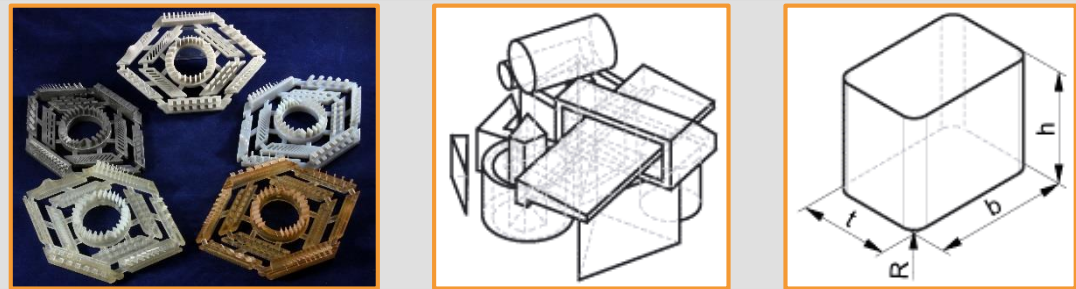
Hinweis: Auswahl für pulverbettbasierte Verfahren

Auslegung und Gestaltung von AM Bauteilen

Verfahrensspezifische Konstruktionsregeln



Prozessspezifische Randbedingungen

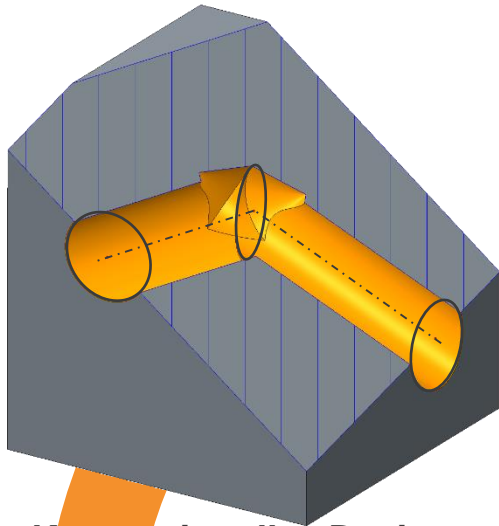


Berechnung & Nachweis

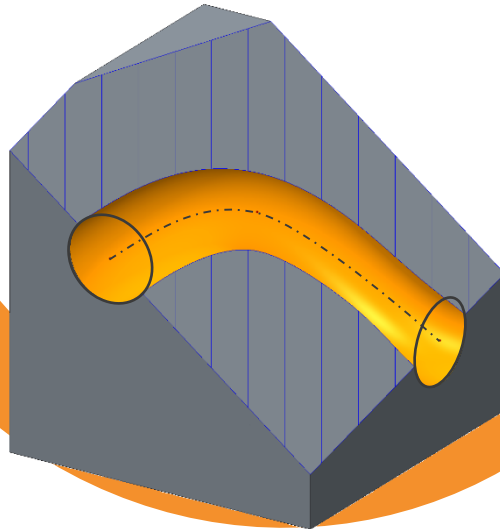
- FEM
- Rechnerische Festigkeitsnachweise (z. B. FKM)
- Ergebniszurückmeldung zur Gestaltoptimierung (z. B. Topologieoptimierung)

Bilder: Zimmer & Adam ¹

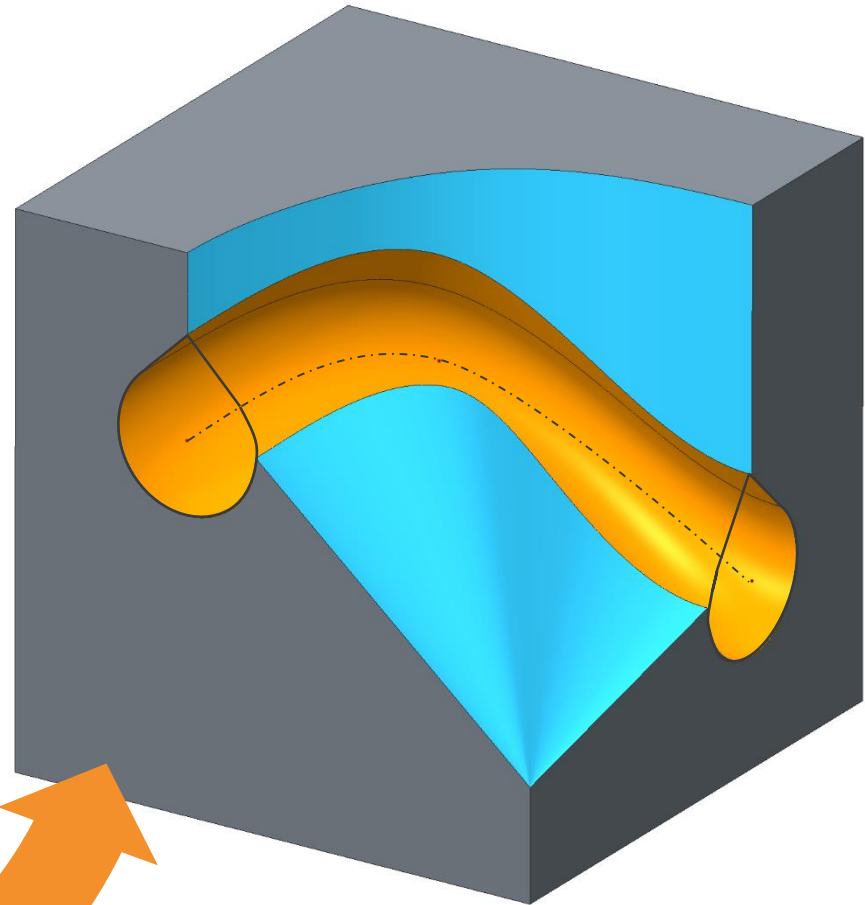
Verfahrensspezifische Konstruktionsregeln



Konventionelles Design:
Zwei Sacklochbohrungen



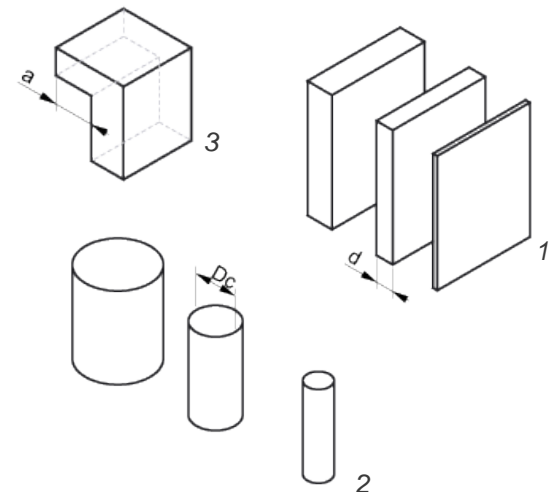
Einfache Optimierung:
Kreisquerschnitt als Schnitt entlang Leitkurve



Baurichtungsoptimiert:
Tropfenform zur Vermeidung von
Stützkonstruktionen,
Schnitt entlang der Leitkurve konstant parallel zur
Baurichtung

Prozessspezifische Randbedingungen

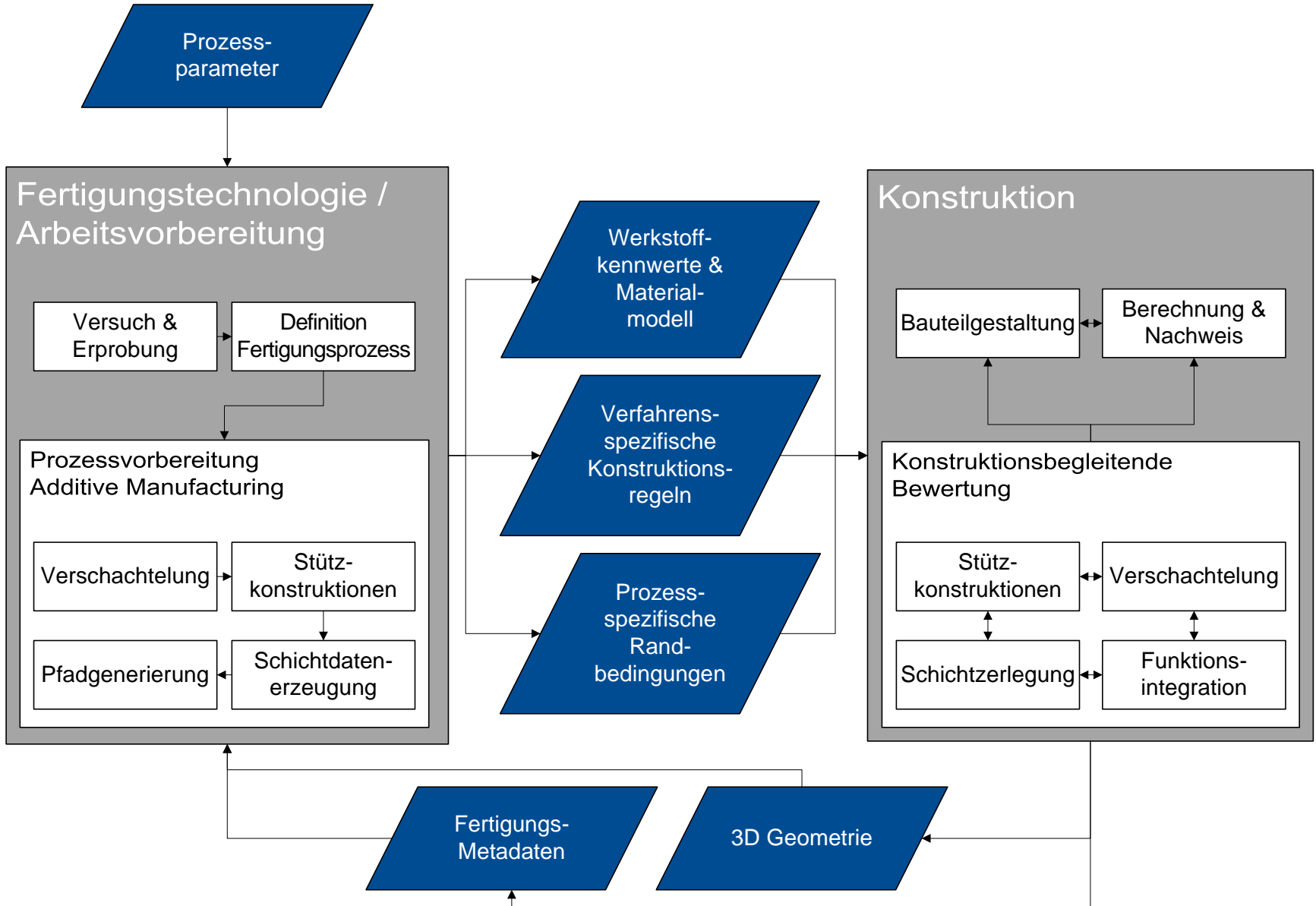
- Lassen sich von den verfahrensspezifischen Konstruktionsregeln ableiten
- Berücksichtigen im Detail prozessspezifische Besonderheiten:
 - Anlagengröße
 - Materialeigenschaften bei gewähltem Parametersatz
 - Schichtdicken, adaptive Schichtzerlegung
 - Stützkonstruktionen
 - ...
- Stellen Werte und Randbedingungen für die Gestaltung zur Verfügung
 - Wandstärken ¹
 - Spaltmaße
 - Innen- und Außenradien ²
 - Materialanhäufungen
 - Neigungswinkel für Flächen-(Bereiche)
 - Überhänge und Auskragungen ³
 - Orientierungsabhängige Effekte
 - ...



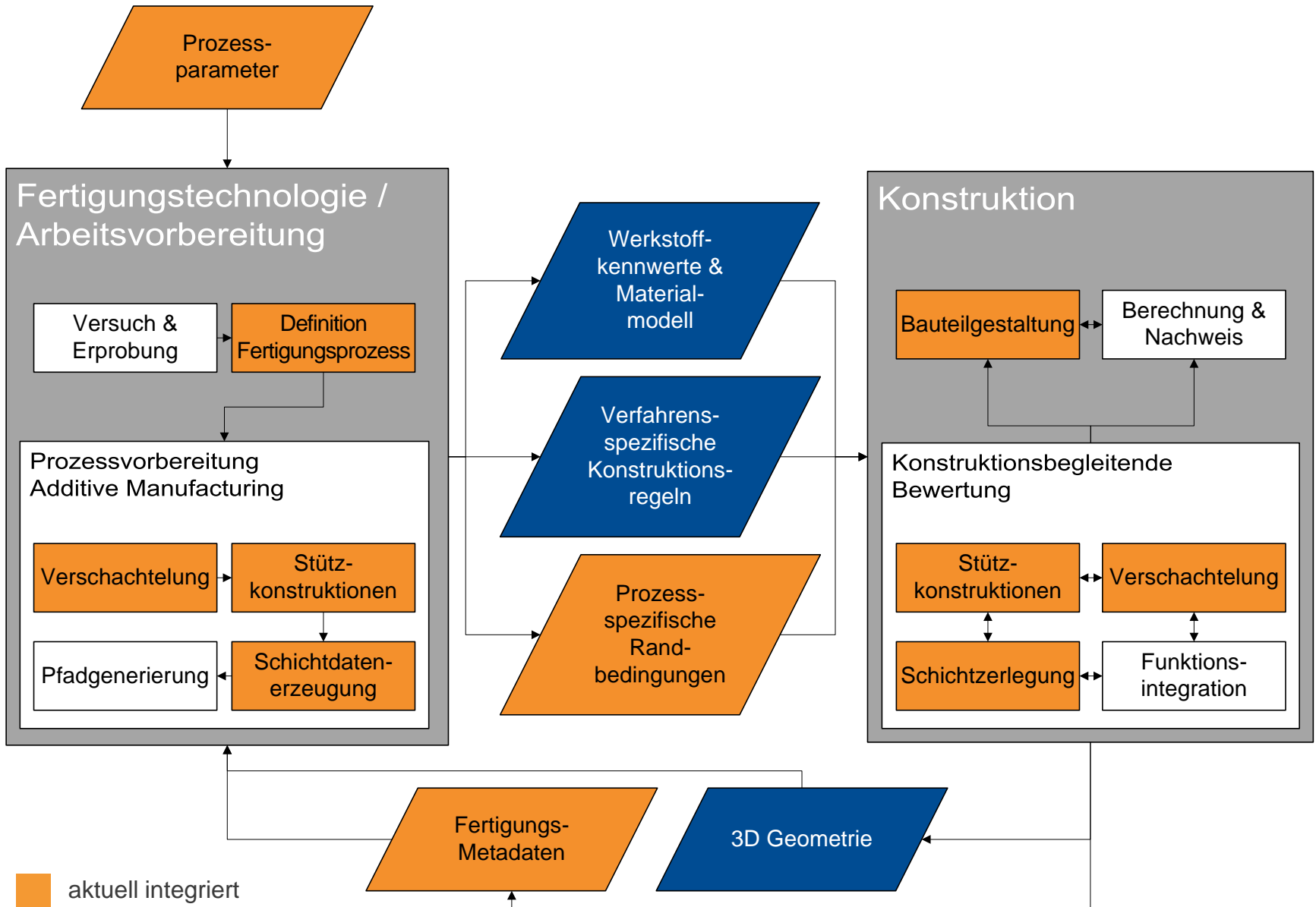
Integrationskonzept



Daten und Schnittstellen: Konzept



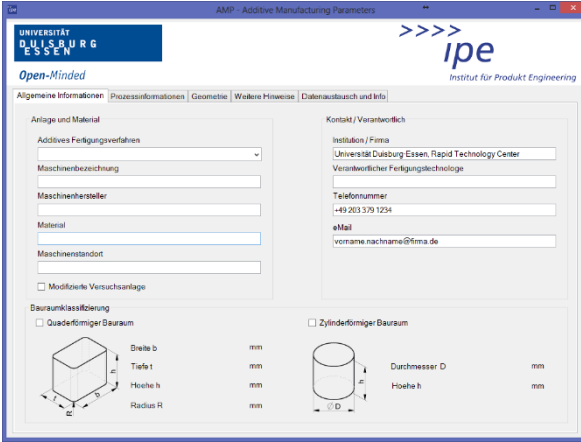
Daten und Schnittstellen: Stand



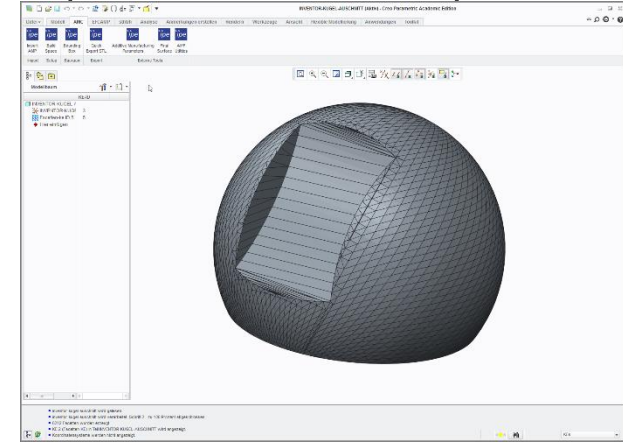
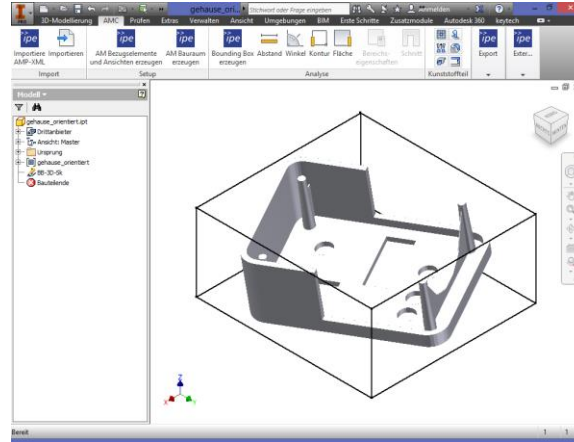
Entwickelte Applikationen

AMT – Additive Manufacturing Tools

AMP – AM Parameters

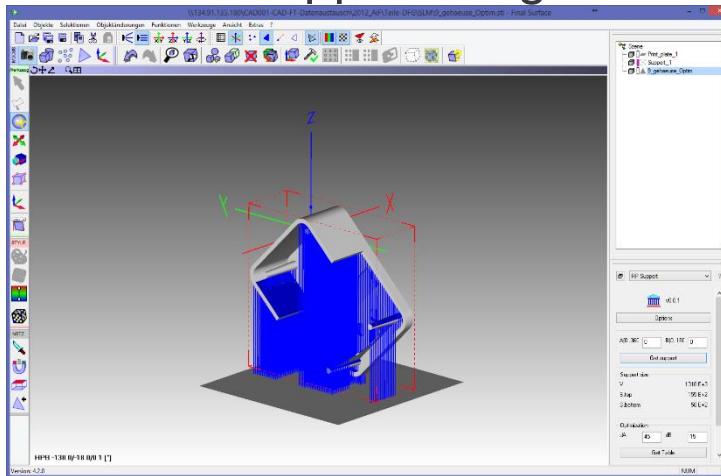


AMC – AM CAD Tool (Inventor & Creo)

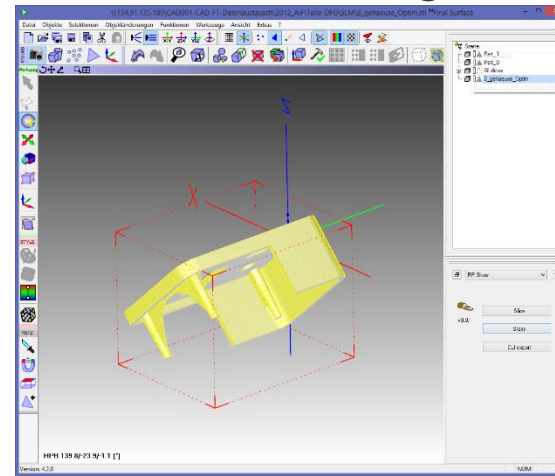


Final Surface

RP Support Plugin

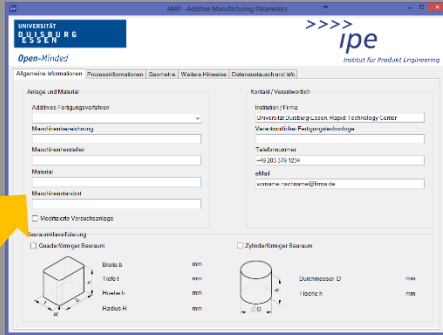


RP Slicer Plugin



Applikationen und Schnittstellen: Umsetzung

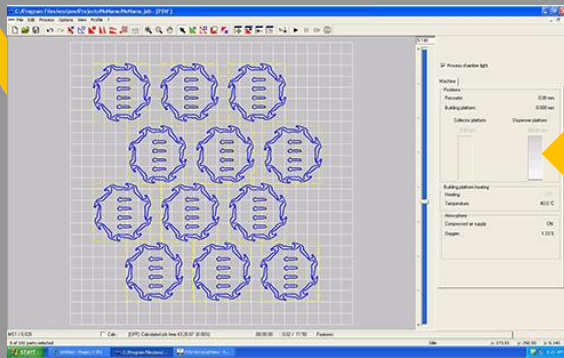
Fertigungstechnologie / Arbeitsvorbereitung



AMP



QS

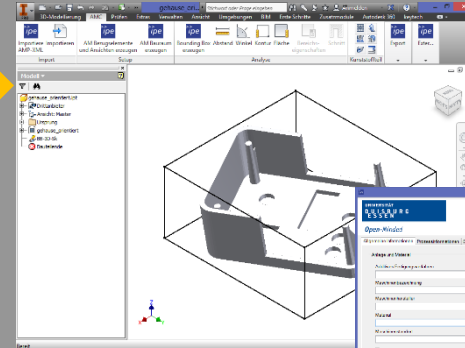


AM-Software

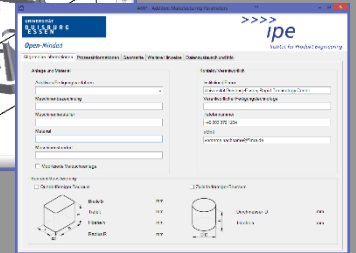


AMP-XML

Konstruktion



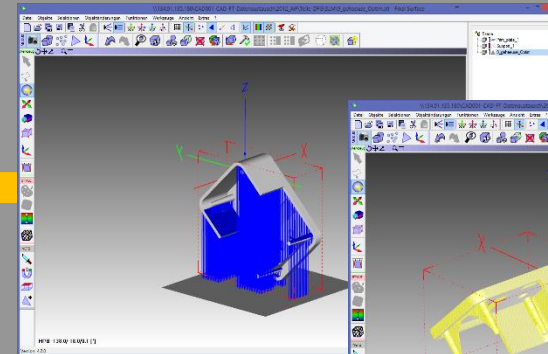
AMC



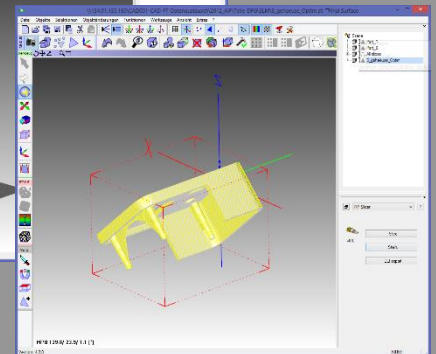
STL, AMF, AMP-XML



CLI, STL



Final Surface



Additive Manufacturing Parameters

AMP



Erfassen

- Prozessspezifische Erhebung
- Allgemeine Informationen
- Parameterabhängige Informationen

Dokumentieren & Pflegen

- Ablage von Bild- und Textinformationen
- XML-basierte Datenablage
- Änderungsnachverfolgung

Bereitstellen

- AMP-XML Datensätze
- Druckbare Berichte im „WPS“-Stil
- Integration als Viewer

- Erfassen der geometrischen Randbedingungen über geeignete Prüfgeometrie. Probenkörper in AMP integriert:

Prüfgeometrie

- Wandstärken
 - Zylinder
 - Spalte
- Bohrungen
- Aufbauwinkel

Stützkonstruktionen

- Leichtes Entfernen
- Geringer Einfluss auf Ergebnisse

Bauhöhe

- Kosten von additiven Prozessen werden maßgeblich durch die Bauhöhe bestimmt

Beschichtung

- Einfluss auf Prozesssicherheit
- Beeinflussung der Testgeometrie untereinander

Prüfbereich

- 0,1-1 mm in Schritten von 0,1 mm
- 1-2 mm in Schritten von 0,25 mm

Curleffekt

- Belichtung großer Flächen sollte vermieden werden

Oberfläche

- Visualisierung des für additive Verfahren charakteristischen Treppenstufeneffektes

Auswertung

- Testkörper sollte weitestgehend durch Koordinatenmessgerät vermessen werden können

AMP: Dokumentieren & Pflegen

AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Open-Minded Institut für Produkt Engineering

2014-3-5-IPE-Musterprozess

Allgemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Anlage und Material

Additives Fertigungsverfahren
Laser-Strahlschmelzen (LBM)

Maschinenbezeichnung
EOSINT M270

Maschinenhersteller
EOS

Material
Hastelloy X

Maschinenstandort
Rapid Technology Center Duisburg

Modifizierte Versuchsanlage

Kontakt / Verantwortlich

Institution / Firma
Universität Duisburg-Essen

Verantwortlicher Fertigungstechnologe
Fritz Meier

Bauraumklassifizierung

Quaderförmiger Bauraum

Bauraum Bauteil Max. (inkl. Schrumpf)

Breite b 250,00 250,00 mm

Tiefe t 250,00 250,00 mm

Höhe h 210,00 189,00 mm

Radius R 0,00 0,00 mm

Zylinderförmiger Bauraum

Bauraum Bauteil Max. (inkl. Schrumpf)

Durchmesser D mm

Höhe h mm

Allgemeine Informationen

AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Open-Minded Institut für Produkt Engineering

2014-3-5-IPE-Musterprozess

Allgemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Importieren und Exportieren

Stand: Mittwoch, 5. März 2014

Importiere AMP XML

Datenaustausch & Einstellungen

AMP Version 1.0

AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Open-Minded Institut für Produkt Engineering

2014-3-5-IPE-Musterprozess

Allgemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Allgemeine Hinweise

Bei der Verarbeitung muss auf... Achtung... weiteres...

Hinweise in Textform

Stützkonstruktionen

Um Stützkonstruktionen sicher entfernen zu können müssen die ...

AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Open-Minded Institut für Produkt Engineering

2014-3-5-IPE-Musterprozess

Allgemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Prozess

Prozessbezeichnung
IPE-Musterprozess

Kennzahl
2014-3-5-IPE-Musterprozess

Klassifizierung der Verschachtelung

Standard Schichtdicke
0,200 mm

Verschachtelung Typ A

Maximaler Übergangswinkel ohne SK
44,0 Grad

Maximaler Übergang ohne SK
C400 mm

Verschachtelung Typ C

Prozessinformationen

AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Open-Minded Institut für Produkt Engineering

2014-3-5-IPE-Musterprozess

Allgemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Minimal zulässige Wanddicke / Außenmaße

Richtungsabhängigkeit

Wände parallel zum Beschichter werden bis hinreichend 0,7 mm angebracht

Minimal zulässiges Spaltmaß / Innenmaße

Fals für allgemeine Kommentare, für die Parameterübergabe bitte die Tabellenfunktion nutzen!

Benutzerdefinierte Geometrieparameter

Feld für allgemeine Kommentare, für die Parameterübergabe bitte die Tabellenfunktion nutzen!

Probenkörper

Eigenes Bild

Download AMP

Download STL

Download STEP

Geometrie & Probenkörper

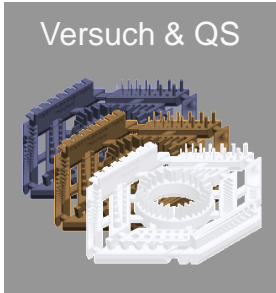
AMP - Wandstärken und Außenmaße

Parameter	Minimalwert	Maximalwert	Einheit	Kommentar
Wandstärke-Orthogonal	0,2	-	mm	Untergrenze für Wandstärke
Wandstärke-Robust	1	-	mm	Orthogonal zur Beschichtungsrichtung

Geometrieparameter

Änderungen speichern und Schließen

AMP: Dokumentieren & Pflegen



AMP - Additive Manufacturing Parameters

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN ipe Institut für Produkt Engineering

Open-Minded 2014-3-5-IPe-Musterprozess

Algemeine Informationen | Prozessinformationen | Geometrie | Weitere Hinweise | Datenaustausch und Info

Anlage und Material	Kontakt / Verantwortlich
Additives Fertigungsverfahren Laser-Strahlschmelzen (LBM)	Institution / Firma Universität Duisburg-Essen
Maschinenbezeichnung EOSINT M20	Verantwortlicher Fertigungstechnologe Fitz Meier
Maschinenhersteller EOS	Telefonnummer +49 203 379 12345
Material Hastelloy X	e-Mail fitz.meier@fima.de
Maschinenstandort Rapid Technology Center Duisburg	
<input type="checkbox"/> Modifizierte Versuchsanlage	

Bauraumklassifizierung

<input checked="" type="checkbox"/> Quaderförmiger Bauraum	Bauraum	Bauteil Max. (inkl. Schrupp)	<input type="checkbox"/> Zylinderförmiger Bauraum	Bauraum	Bauteil Max. (inkl. Schrupp)
Breite b	250.00	250.00 mm	Durchmesser D		mm
Tiefe t	250.00	250.00 mm	Höhe h		mm
Radius R	0.00	0.00 mm			

Prozess A
z. B. Strahlschmelzen
fein

AMP-XML Bilddaten

Prozess B
z. B. Strahlschmelzen
mittel

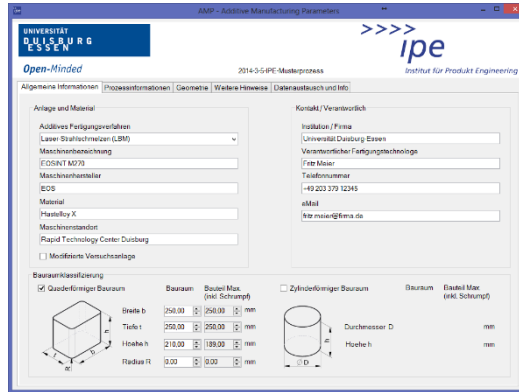
AMP-XML Bilddaten

Prozess C
z. B. Strahlschmelzen
grob

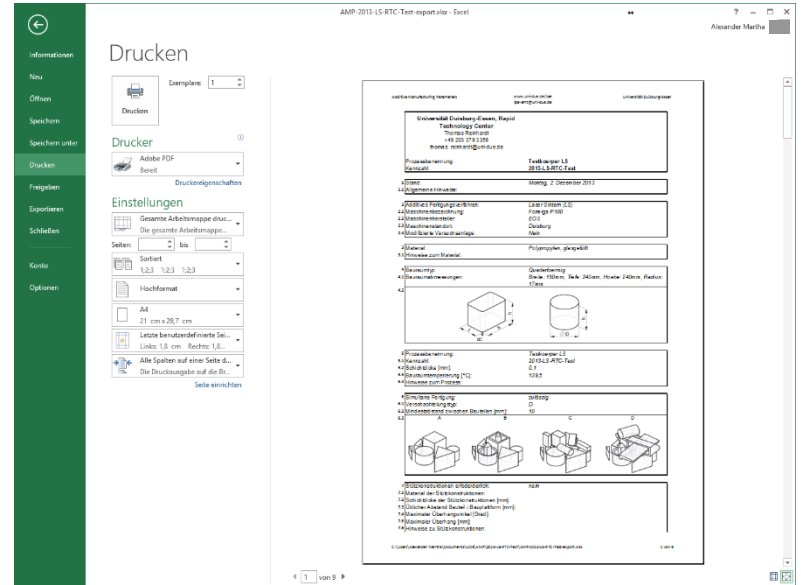
AMP-XML Bilddaten

AMP: Bereitstellen

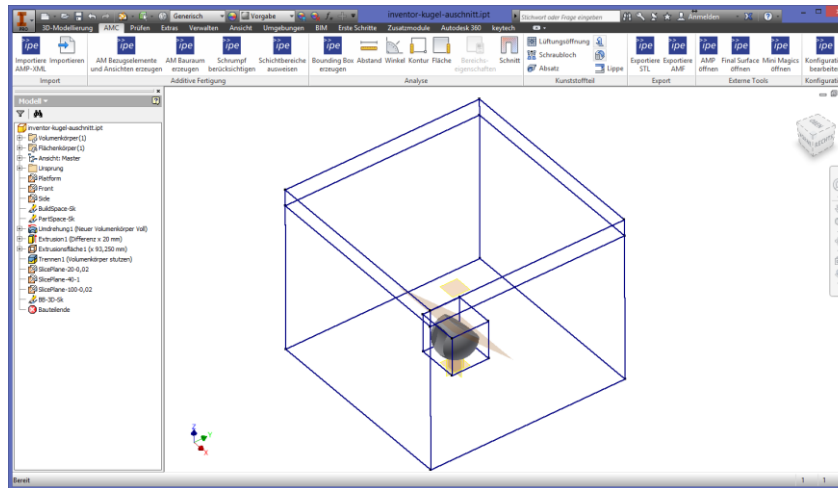
AMP



EXCEL / PDF



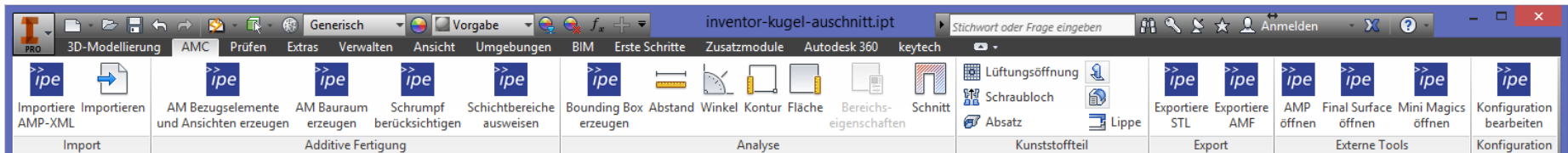
AMC



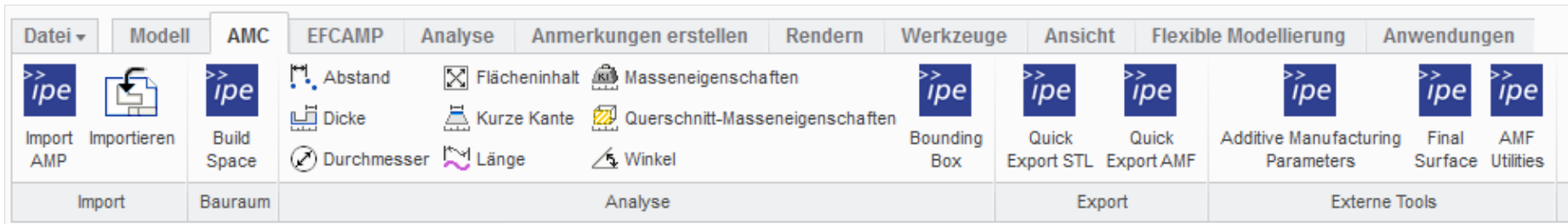
Additive Manufacturing CAD-Tool AMC



- Addin für Autodesk Inventor ¹ und PTC Creo ²
- Stellt AM-spezifische Funktionen und Tools zur Verfügung
- Integriert die mit AMP erfassten Daten in den Konstruktionsprozess
- Sichert AM-spezifische Besonderheiten (Stützkonstruktionen/Schichtzerlegung) ab



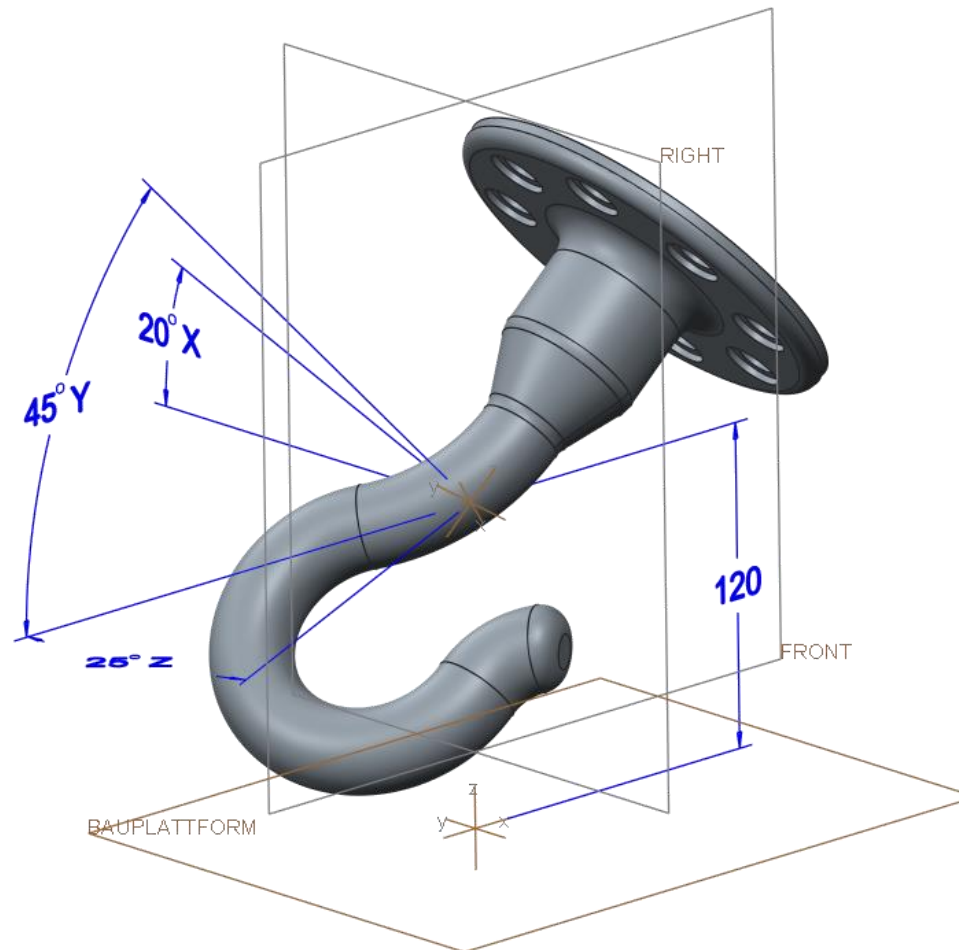
1



2

AMC: CAD Templates (Bsp. Creo)

- Template für AM-gerechten Modellaufbau
- Bezugselemente für AM
- Ermöglicht jederzeit Neuorientierung des CAD-Modells

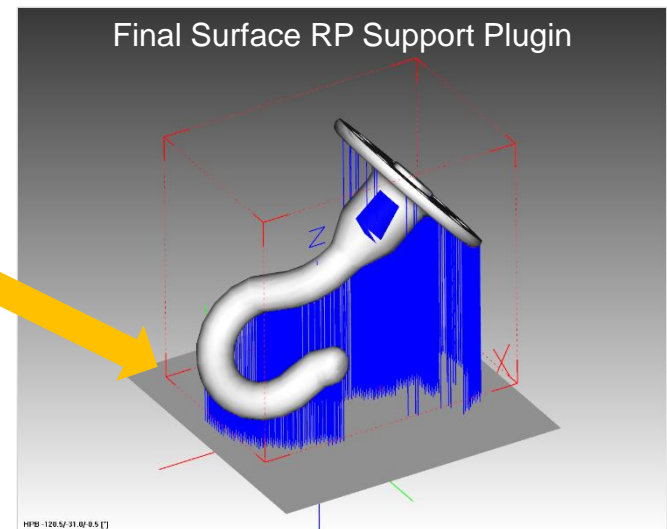
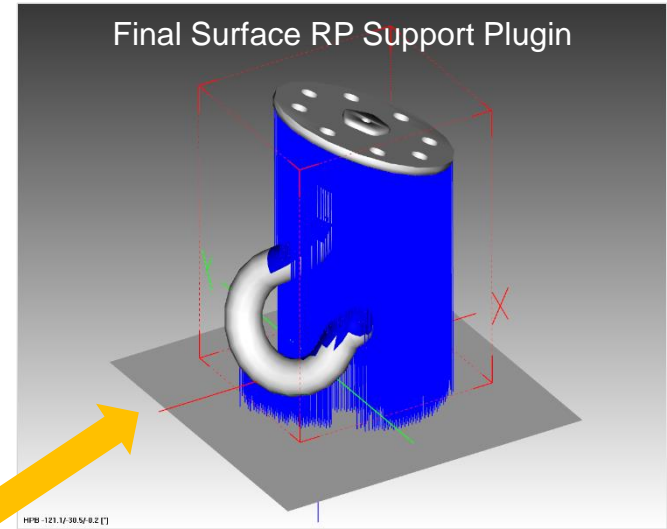
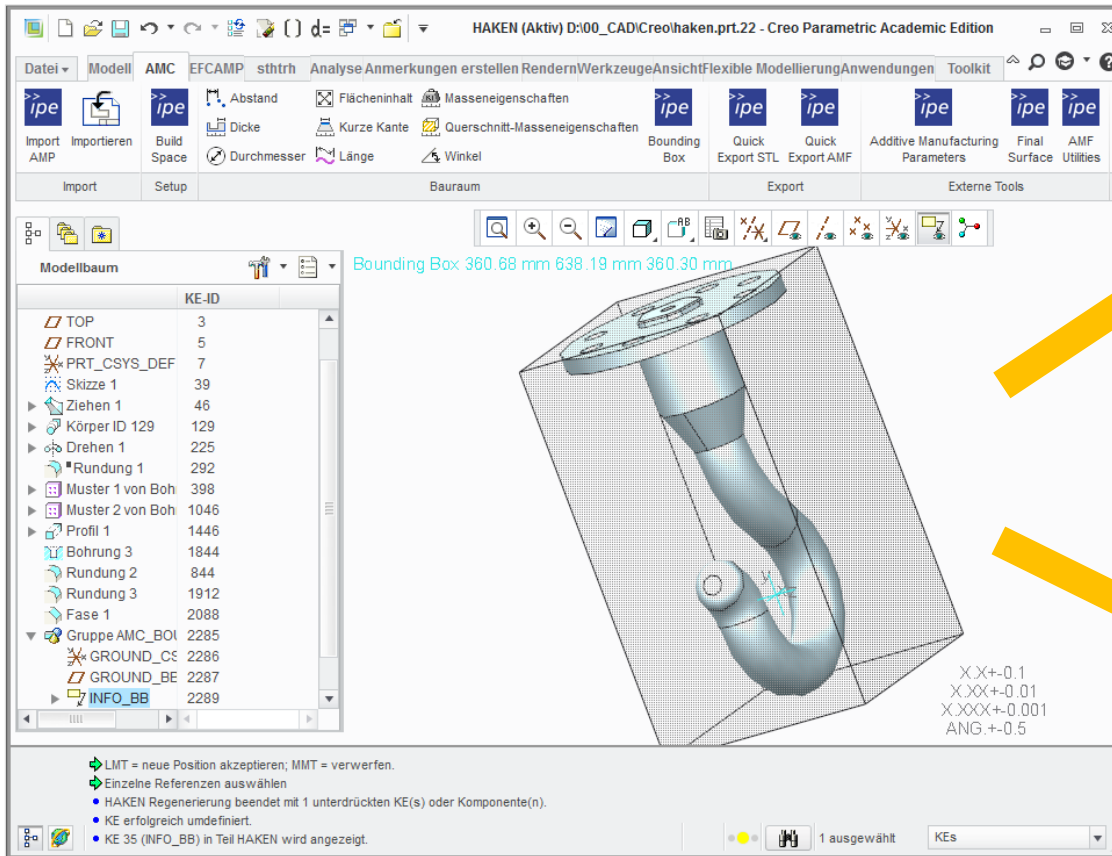


AMC: Funktionen (Bsp. Inventor)

- Importiere AMP-XML
 - Importiert AMP-XML Daten um z. B. die Bauraumabmessungen anzuzeigen
- Importieren
 - Ruft die Inventor-Importfunktionen für z. B. IGES oder STL auf.
- AM Bezugselemente und Ansichten erzeugen
 - Erzeugt die Bauteilansichten mit der Z-Achse in Baurichtung, Bezugsebenen „Platform“, „Front“ und „Side“
- AM Bauraum erzeugen
 - Liest die Daten für den Bauraum aus der AMP-XML und zeigt diesen als 3D-Skizze
- Schrumpf berücksichtigen
 - Zeigt den zur Verfügung stehenden Bauraum unter Berücksichtigung des Bauteilschrumpfes an
- Bounding Box erzeugen
 - Erzeugt achsenorientierte Bounding Box des gewählten Features

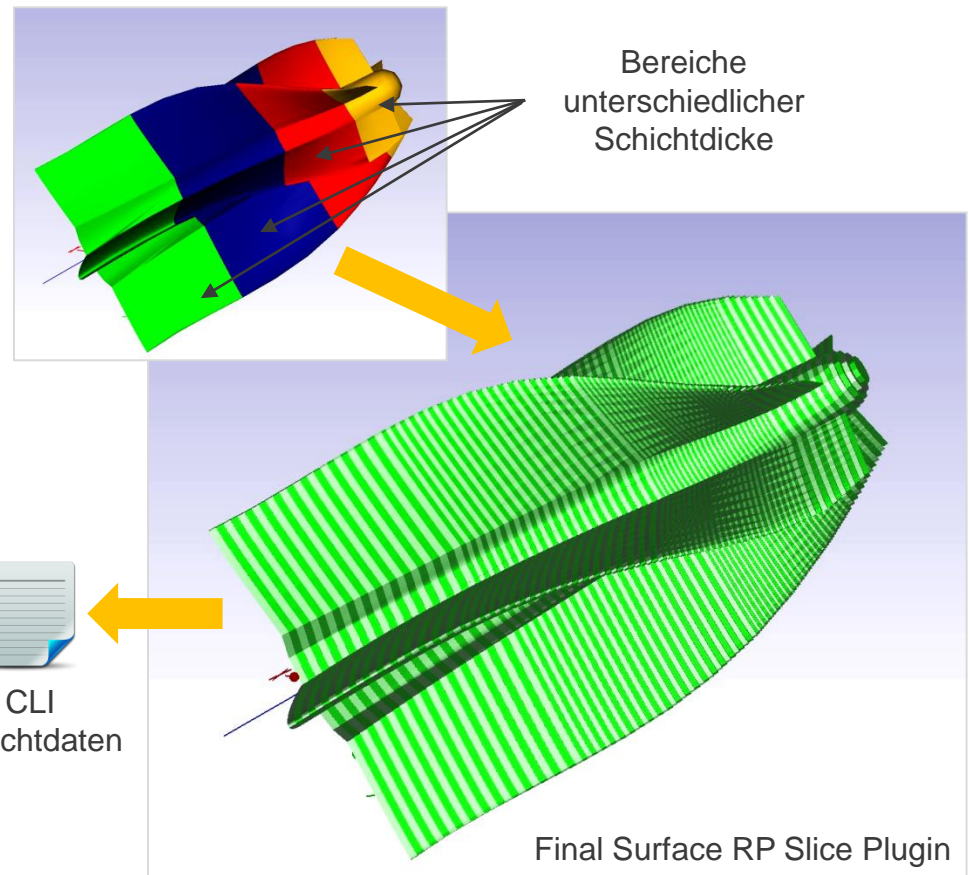
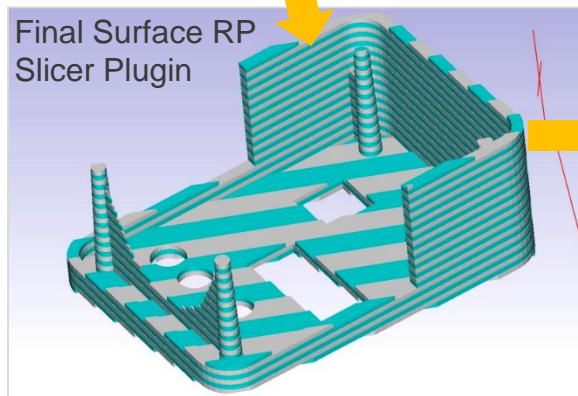
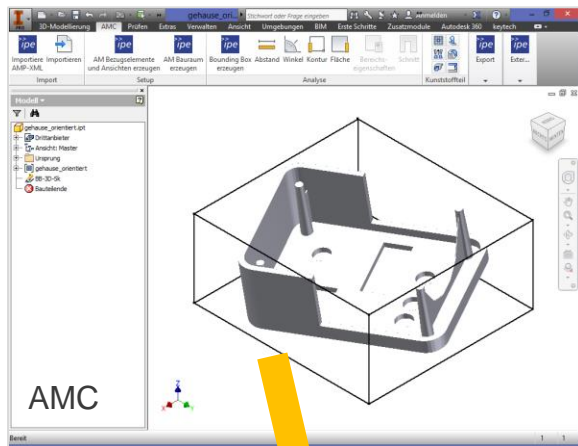
AMC: Evaluierung von Stützkonstruktionen

- Volumen der Stützkonstruktionen
- Angriffsflächen
- Lageoptimierung



AMC: Schichtzerlegung

- Übergabe der Schichtzerlegungsinformationen aus der CAD-Umgebung
- Gleichmäßige und bereichsweise-adaptive Schichtzerlegung
- Erstellung von CLI-Schichtdaten
- Visualisierung der Schichtzerlegungseffekte



Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung

- Additive Manufacturing hat sich als Fertigungstechnologie etabliert
- Erforderlich sind Software-Werkzeuge zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses für AM-Produkte
- Kommunikation an den Schnittstellen der Prozesskette muss sichergestellt werden
- Mit den entwickelten Additive-Manufacturing Tools wird der Gestaltungsprozess unterstützt und strukturierte Informationen werden bereitgestellt
- Für AM spezifische Einschränkungen, wie Stützkonstruktionen und Schichtzerlegungseffekte, können konstruktionsbegleitend evaluiert werden
- Ein weiterer Ausbau der CAD-Werkzeuge ist geplant, um den Gestaltungsprozess mit AM-gerechten Features weiter zu unterstützen

Dipl.-Ing. Alexander Martha
alexander.martha@uni-due.de
+49 203 379 3935

Universität Duisburg-Essen
Institut für Produkt Engineering
Lehrstuhl für Rechnereinsatz in der Konstruktion
www.uni-due.de/cae

Lotharstr. 1
47057 Duisburg

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 424 ZBG der
Forschungsvereinigung Gesellschaft zur
Förderung angewandter Informatik e. V.
wurde über die AiF im Rahmen des
Programms zur Förderung der Industriellen
Gemeinschaftsforschung (IGF) vom
Bundesministerium für Wirtschaft und
Energie aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages gefördert.



Institut für Produkt Engineering