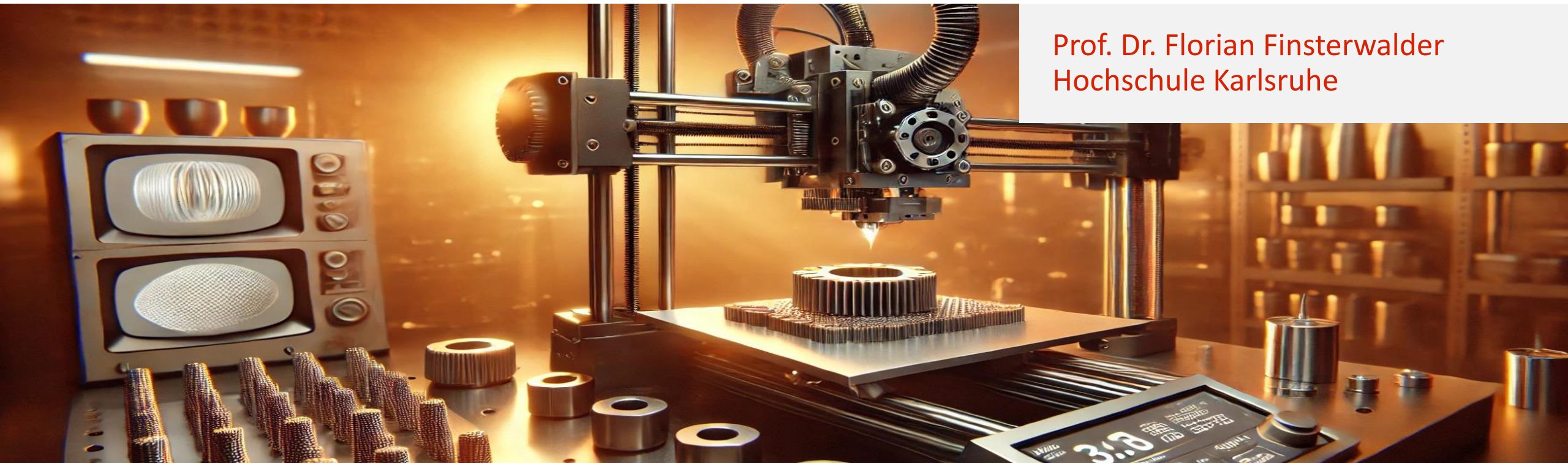


3D-Druck und additive Fertigung: Möglichkeiten und Märkte, Technik und Trends



Prof. Dr. Florian Finsterwalder
Hochschule Karlsruhe



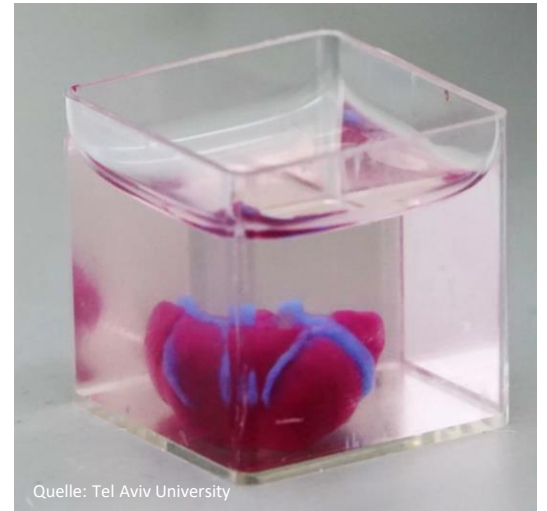
Quelle: Nervous System



Quelle: NOWlab / BigRep GmbH



Quelle: Airbus

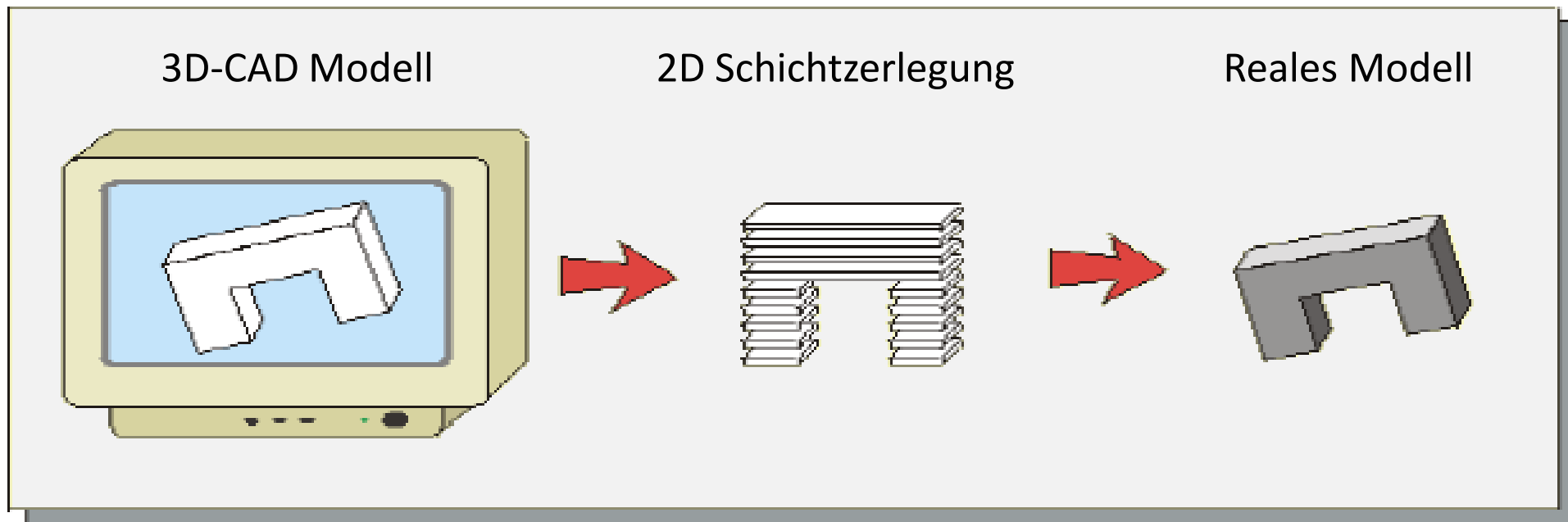


Quelle: Tel Aviv University

Additive / Generative Fertigung: Grundsätzliches Prinzip

Jeder 3D-Körper lässt sich zerlegen in:

- 2D-Schichten
- 1D-Linien
- 0D-Punkte („Voxels“)



Klassifizierung Additive Fertigungsverfahren: Materialien

- Kunststoffe
- Metalle
- Keramik / Sand / Beton / Glas
- Wachs / Pastöse Medien
- (Verbundwerkstoffe)

Klassifizierung Additive Fertigungsverfahren: Materialauftrag

- Auftragsverfahren (Depositionsverf.)



- ☺ Materialmix möglich
- ☺ hohe Materialausnutzung
- ☹ Stützkonstruktionen

- Bad-, Bettverfahren (Immersionsverf.)



- ☺ meist bessere Abstützung
- ☺ meist höhere Geschwindigkeit mgl.

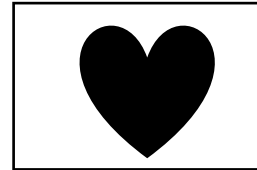
konventionell subtraktiv



- ☹ Zugänglichkeit

Klassifizierung Additive Fertigungsverfahren: Schichterzeugung

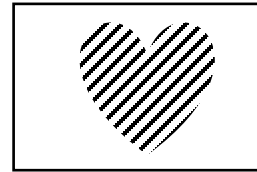
- flächig → „bildgebend“



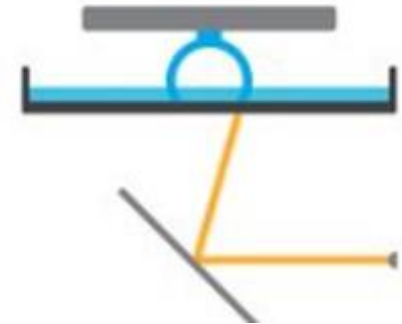
z.B. DLP



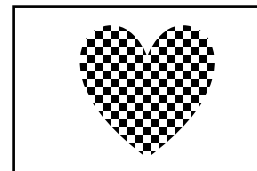
- linienförmig → „malend“, „plottend“



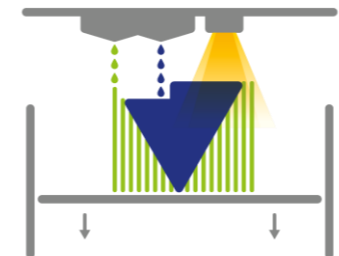
z.B. SLA



- punktförmig











z.B. MJ



ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



Kriterien für die Auswahl der Druck-Technologie

Materials	Technologies		
	Parts built through polymerization	Parts built through bonding agent	Parts built through melting
Ceramic		 BJ	 LM
Metal			 EBM
Sand			
Plastic	 SL	 PJ	 FDM
Wax			 LS
			 MJ*
	Lower	Durability	Higher
	Smoother	Surface finish	Rougher
	Higher	Detail	Lower
	Prototypes Indirect processes	Application	Functional parts

Chancen für die Additive Fertigung

Geschwindigkeit / Time-to-Market



- Schnelle Erprobungsmuster
- Verkürzte Entwicklungszeiten

Flexibilität / Individualisierung

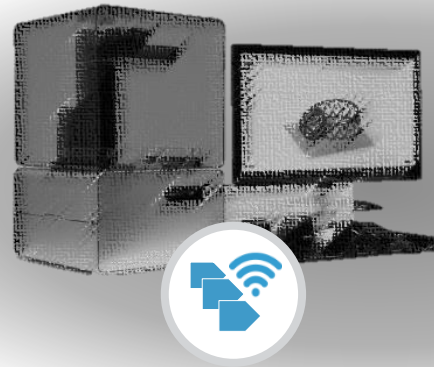


- Variable Produkte
- Kundenindividuelle, personalisierte Teile

Gestaltungs-Freiheiten

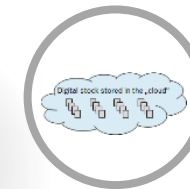


- Leichtbau
- Integrierte Funktionen
- Herstellung in einem Schritt



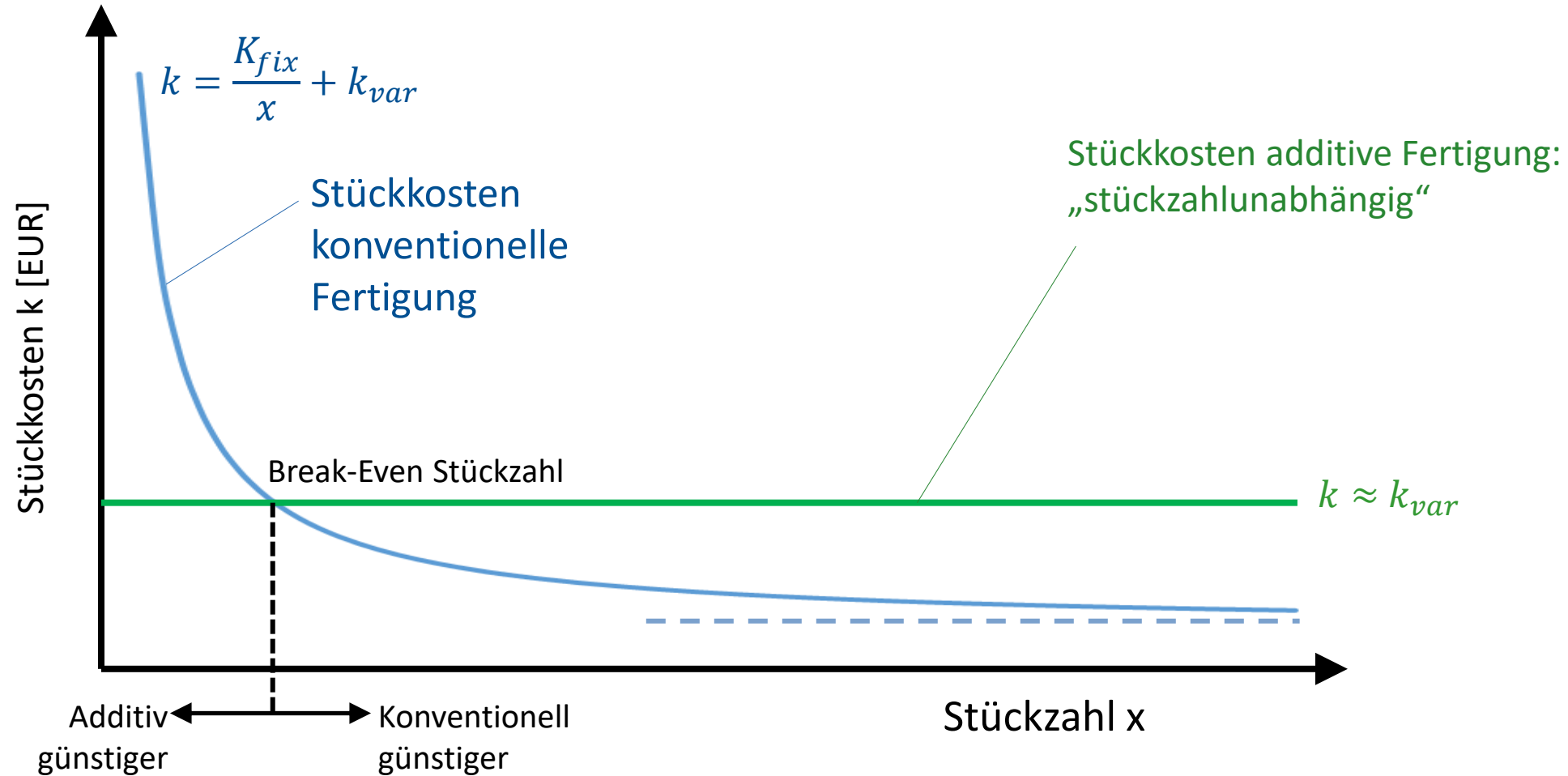
Additive Design & Manufacturing

Kleinserien / Ersatzteile



- Kostenvorteil bei Kleinserien durch geringere Fixkosten
- Teile nach Bedarf
→ kein Lager
- Kein Risiko Endbevorratung

Wirtschaftlichkeit: AM mit geringen Fixkosten



Märkte und Branchen

- AM Gesamtvolumen ca. 25 Mrd USD
- Durchschnittliches Wachstum >10%
- Anteil am gesamten Produktionsvolumen <2%



Trend: Chancen durch Künstliche Intelligenz



KI entlang der AM-Wertschöpfungskette

Konstruktion und Modellierung:

- Generierung von optimierten Designs und komplexen Strukturen
- Produktdesign nach ästhetischen Gesichtspunkten

Produktionsprozess-Prozessoptimierung:

- Druckprozess überwachen
- Druckprozess optimieren, z.B. hinsichtlich Effizienz

Qualitätskontrolle:

- Fehlererkennung und -klassifikation
- (prädiktive) Korrekturmaßnahmen
- In-line und end-of-line

Materialentwicklung:

- Vorhersage von Materialeigenschaften und -verhalten durch maschinelles Lernen
- Identifizierung neuer Materialkombinationen

Nachbearbeitung und Bearbeitung:

- Integration von KI in Robotersysteme
- Automatisierung komplexer Nachbearbeitungs- und Bearbeitungsprozesse

Trend: Produktivität und Skalierung

Geschwindigkeit

- Pre-Prozess: (KI-)unterstütztes Planung des Baujobs
- In- Postprozess: höhere Verfahrensgeschwindigkeiten, Parallelisierung in Drucker-Farmen
- Post-Prozess: Automatisierung der Nachbearbeitung und QS
- Optimierung oder Eliminierung der größten Zeitfresser (manuelle Prozesse)
- Verringerung der Verschwendung (Lagern, Abkühlen, sequentielle Abläufe etc.)

Spezialisierung

- Anpassung von Technologie und Maschine auf den Use Case
- Spezialmaschine für die Serienproduktion anstatt Universalmaschinen für das Prototyping
- Variable Parameter-Konstruktionen z.B. für Sohlen, Brillengestelle

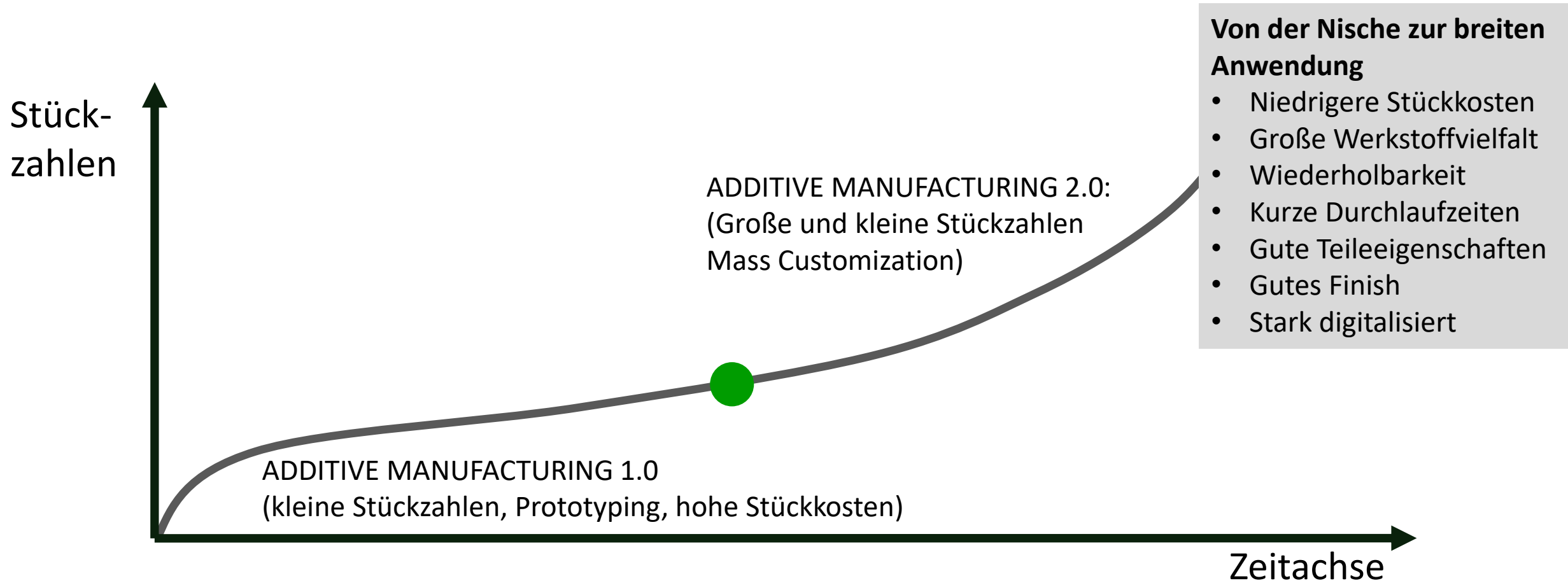
Skalierung

- Größere Bauräume für größere Batches
- Parallelisierung durch Druckerfarmen

Wirtschaftliche und technische Trends im Umfeld

- Zahl der Werkstoffe entwickelt sich rasant
→ Metall, Kunststoff, Keramik
- Stark angestiegene Zahl von Technologieanbietern,
insbesondere Chinesische Maschinenhersteller drängen in den Markt.
- Weniger Venture Capital im Markt
- Große Schwankungen in den Unternehmenswerten

Additive Fertigung für große (Serien-)Stückzahlen? → von AM 1.0 zu AM 2.0

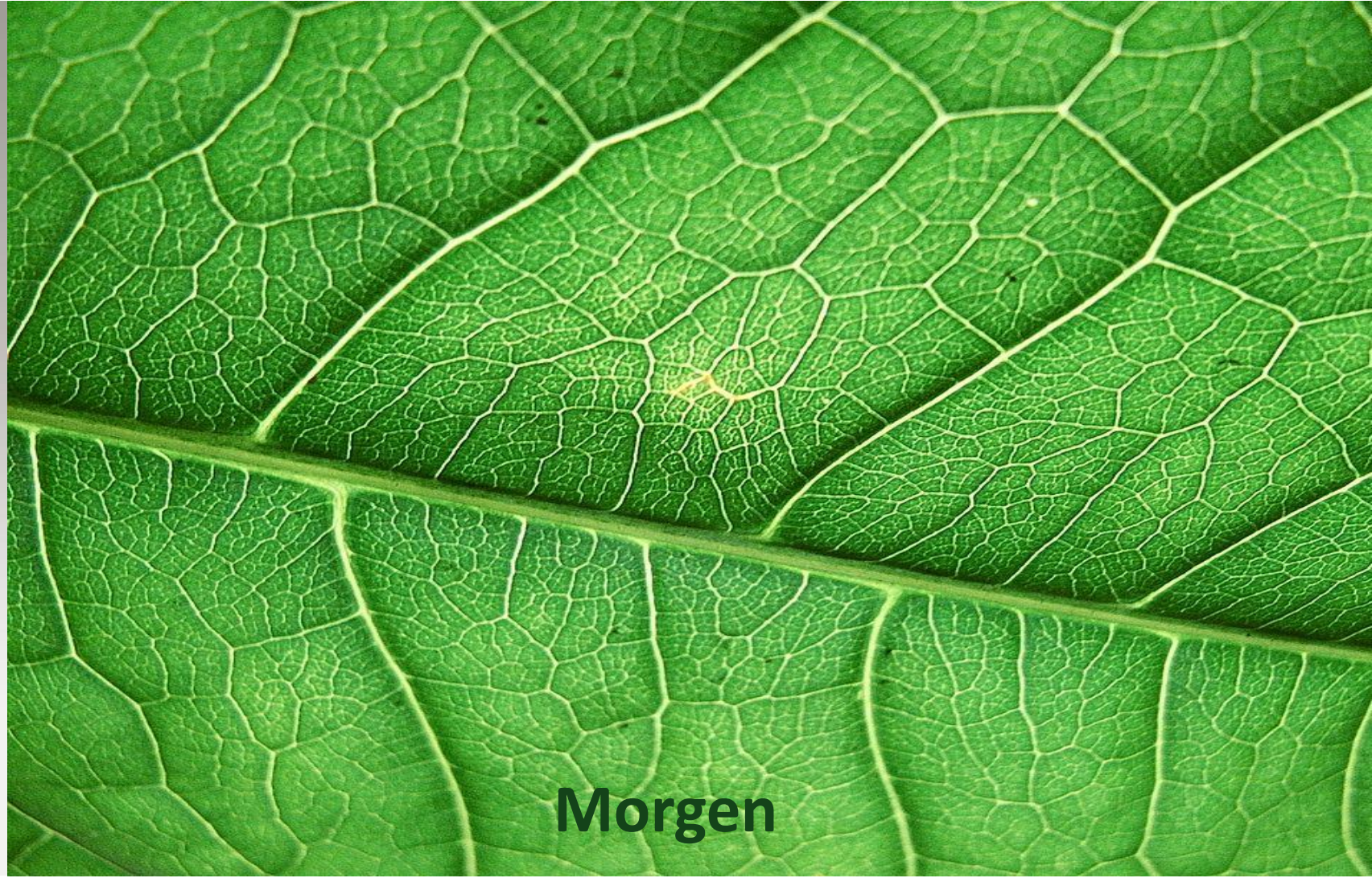


Quelle: angelehnt an Desktop Metal

Vielen Dank!



Gestern



Morgen

Back Up

3D-Druck und additive Fertigung: Möglichkeiten und Märkte, Technik und Trends



Prof. Dr. Florian Finsterwalder
Hochschule Karlsruhe

Gliederung

Folie 1 – Titelfolie

Folie 2 – Grundprinzip AM – „naturnah“

Folie 3 + 1 – Folie 4 – Vorteile AM

Folie 4 +2 - Überblick Verfahren – grobe Einteilung – Herausforderungen

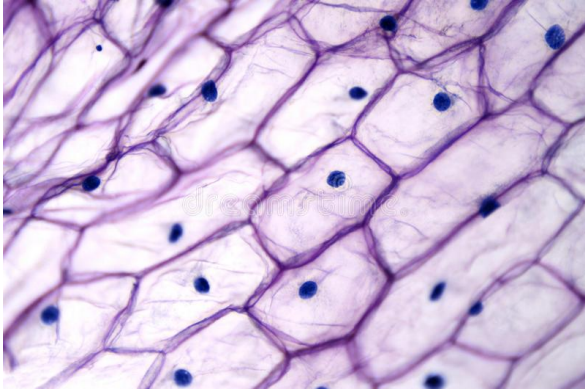
Folie 5 +3 – Märkte: Dental, Sport, Schmuck, Automobil – mit entsprechenden Beispielen

Folie 6 – Überblick Technologien, welche Maschinen

Folie 7 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und -rechnung

Folie 8 +1 – Trends: technologisch, wirtschaftlich – mit Beispielen entlang der WSK

Generative Fertigung: ein „natürliches“ Verfahren



Wachstum in Zellen \triangleq Voxels



Wachstum in Schichten

Begrifflichkeiten und Einordnung geometrie-gebender Verfahren

Volumenänderung des Werkstücks

$\Delta V < 0$ **Subtraktive Verfahren** Spanende Bearbeitung:

- schrumpfen
- schlichten



$\Delta V = 0$ **Formative Verfahren** Umformen:

- Tiefziehen
- Schmieden
- Walzen



$\Delta V > 0$ **Additive/Generative Verfahren** Urformen:

Verfahren

- (Spritz-, Druck)-Gießen
- Auftragsschweißen



Auf- oder Aneinanderfügen von Volumenelementen, im engeren Sinne nach digitalem Modell und meist schichtweise

→ umgangssprachlich: „**3D-Druck**“

Je nach **Anwendung**: Rapid Prototyping / Rapid Tooling / Add. Manufacturing

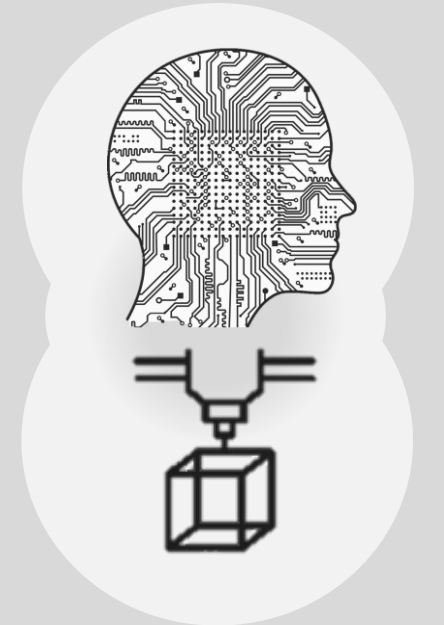




Chancen durch künstliche Intelligenz

AI → AIOT – „Artificial Intelligence of Things“?

- Generative KI im Produktgestaltungsprozess
- Design heute: **form follows function** (z.B. Topologieoptimierung)
Zukunft: Stil, Ästhetik, Kunst mit zunehmenden Stellenwert
- Prompting: anhand eines digitalen Zwillings?
- AI ermöglicht Produktevolution auf Basis von Test- und Felddaten
– Ansatz **Federated Learning**?
- Große **Diversität** an Strukturen und Produkten für sämtliche Nischen
(analog Biologie?)



AM - Exponentielle Entwicklung

„Die Realität ist, dass AM immer noch eine sehr kleine Industrie ist. Wir verwenden die Zahlen, ohne sie in einen Kontext zu setzen.“

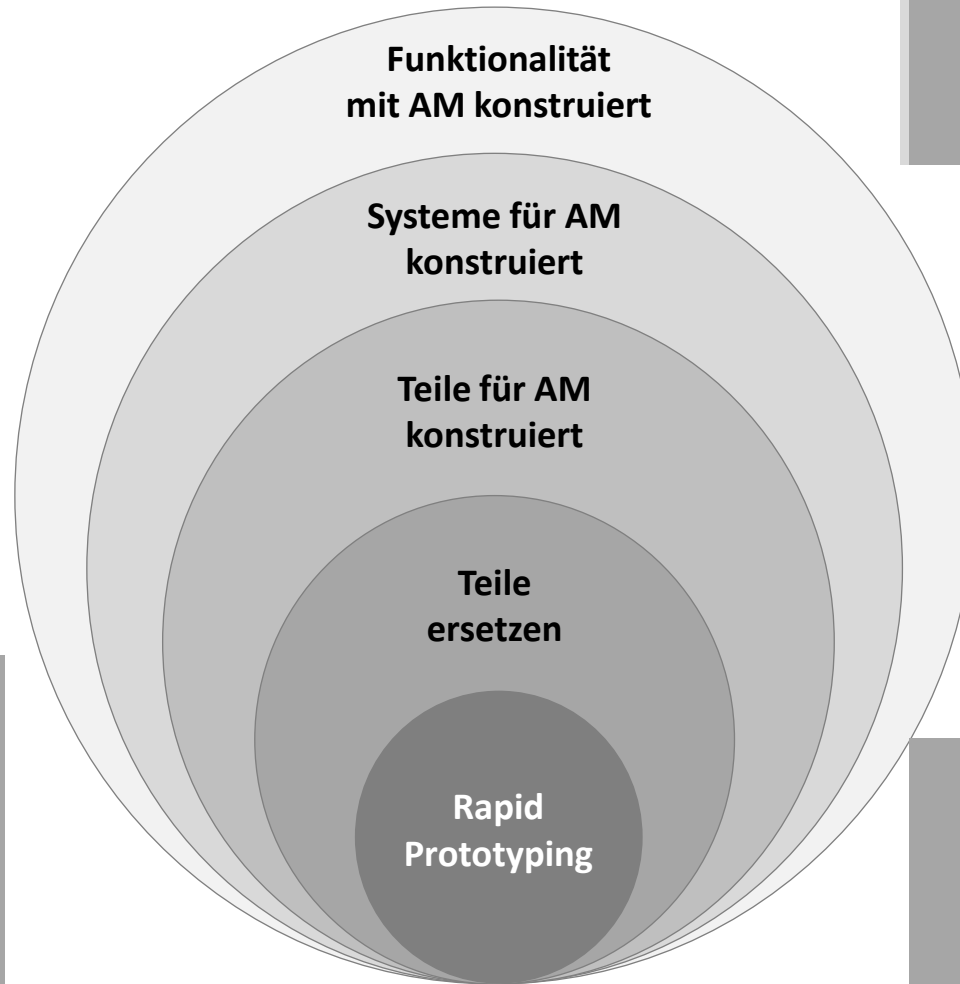
Dr. Phil Reeves

Wachstumspotenzial:

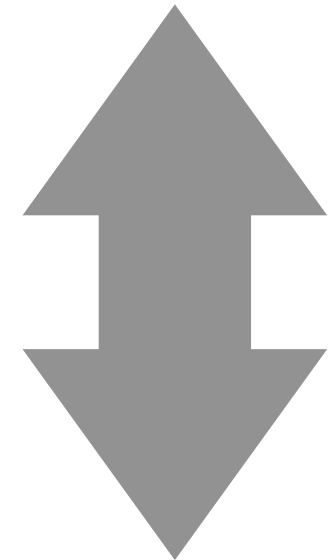
Weltweite Fertigung: >> \$15.000 Mrd.

- 1% davon: >> \$150 Mrd.
- 5% davon: >> \$750 Mrd.

Quellen: Terry Wohlers, BCG AM Market Model



„Before - Design“
Diskomfortzone
mit hohen kreativen
Anforderungen



„Afterwards- Design“
Komfortzone

Von AM 1.0 zu AM 2.0 - Trends

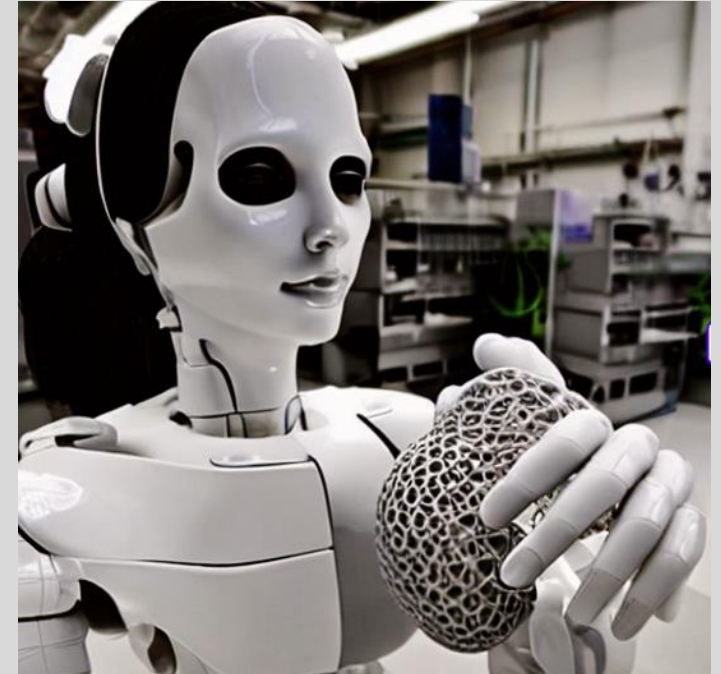
Trend 1

Künstliche Intelligenz hält Einzug in die additive Fertigung

Aber:

KI erfordert massive Vorarbeiten im Verfügbarmachen von Daten.

KI ist viel mehr als die schlichte Automatisierung und Optimierung von wiederholten Prozessen.



Mit AI erstellt aus dem Prompt (Text)
„AI in der Additiven Fertigung“

KI in der Additiven Fertigung - Beispiele

NEXA3D -AI-Powered Desktop 3D Printer



AI-betriebene Optimierung

verwendet erweiterte AI-Algorithmen, um die Druckparameter zu optimieren.

Intelligentes Task –Management

Proaktiver Assistent, Management von Druckjobs und Planungsaufgaben

Adaptives Lernen

aus seinen Interaktionen und Anpassung der Vorhersage des Verhaltens erwartet den Wartungsbedarf, bevor sie die Druckleistung beeinflussen.

Kontextueller Assistent

bietet kontextbezogene Unterstützung, die auf Ihren Arbeitsablauf zugeschnitten ist.

Voice Control

Natürliche Sprachbefehle machen die Operation hands-free.

AI Smart Material Management

analysiert Materialeigenschaften und Nutzungsmuster.

Adaptives Feedback

bietet während des Drucks Echtzeit-Feedback und Vorschläge.

Collaborative Workflows

verwalten intelligent mehrere Druckaufträge und koordinierende Aufgaben.

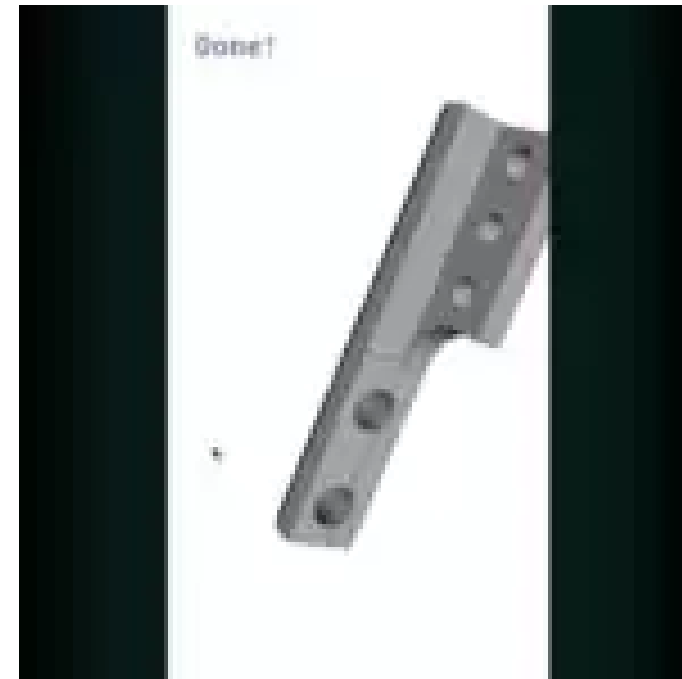
Personalisierte Benutzererfahrung

maßschneidert seine Funktionen für einzigartige Druckpräferenzen und Gewohnheiten.

KI in der Additiven Fertigung - Beispiele

Spare Parts 3D nutzt KI, um 2D-Zeichnungen für den 3D-Druck zugänglich zu machen

Das französische Software-Start-up **Spare Parts 3D** hat **Theia** auf den Markt gebracht, ein KI-basiertes Tool zur automatischen Umwandlung von 2D-Konstruktionszeichnungen in 3D-druckbare Modelle. Die Lösung soll Unternehmen den Einstieg in die additive Fertigung von Ersatzteilen erleichtern.



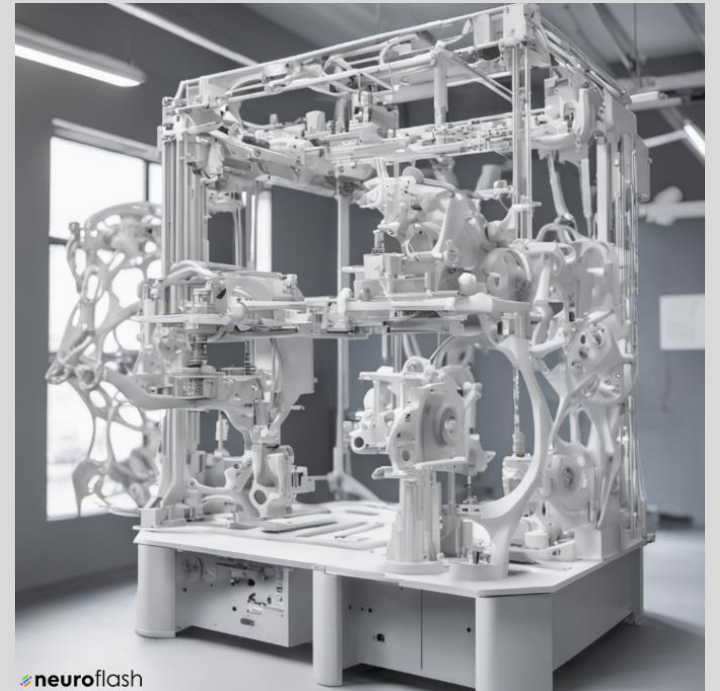
Quelle; Spare Parts 3D

Von AM 1.0 zu AM 2.0 - Trends

Trend 2a

Produktivität steht im Mittelpunkt

- Auf die Produkte und Applikationen angepasste Technologien
- Große Bauräume für große Batches
- Geschwindigkeit von Pre-, In- und Postprozess
- Priorisierung von größten Zeitfressern (manuelle Prozesse, Postprozess etc.)
- Verringerung der Verschwendung (Lagern, Abkühlen, sequentielle Abläufe etc.)



neuroflash

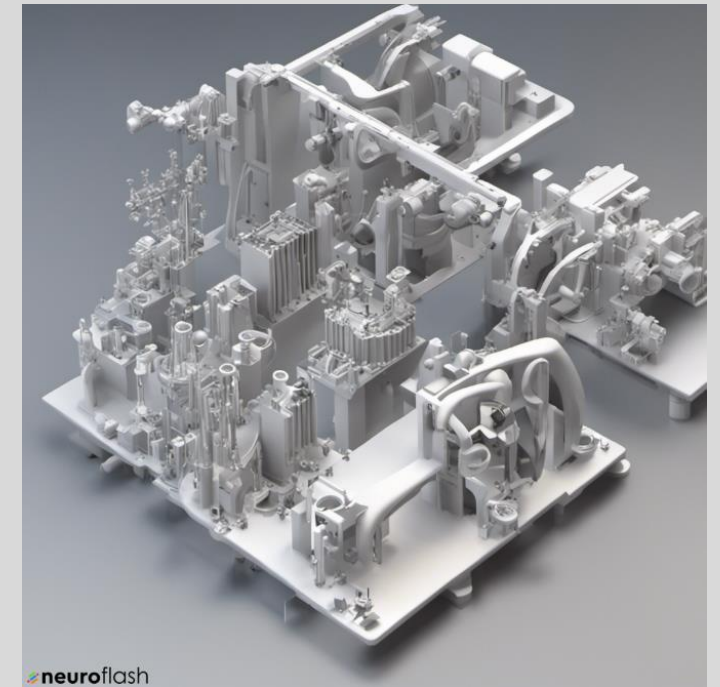
KI - erstellt

Von AM 1.0 zu AM 2.0 - Trends

Trend 2b

Die Wirtschaftlichkeit der Technologien in der Serienproduktion als entscheidende Größe identifiziert

- Materialkosten
- Maschinenkosten
- Prozesskosten, incl. Pre- und Postprozess
- Einbindung in die Gesamtfertigung
- Der Kunde bezahlt nicht für 3D-Druck.
- Der Kunde bezahlt für Mehrwert und Funktionalität.



neuroflash

KI - erstellt