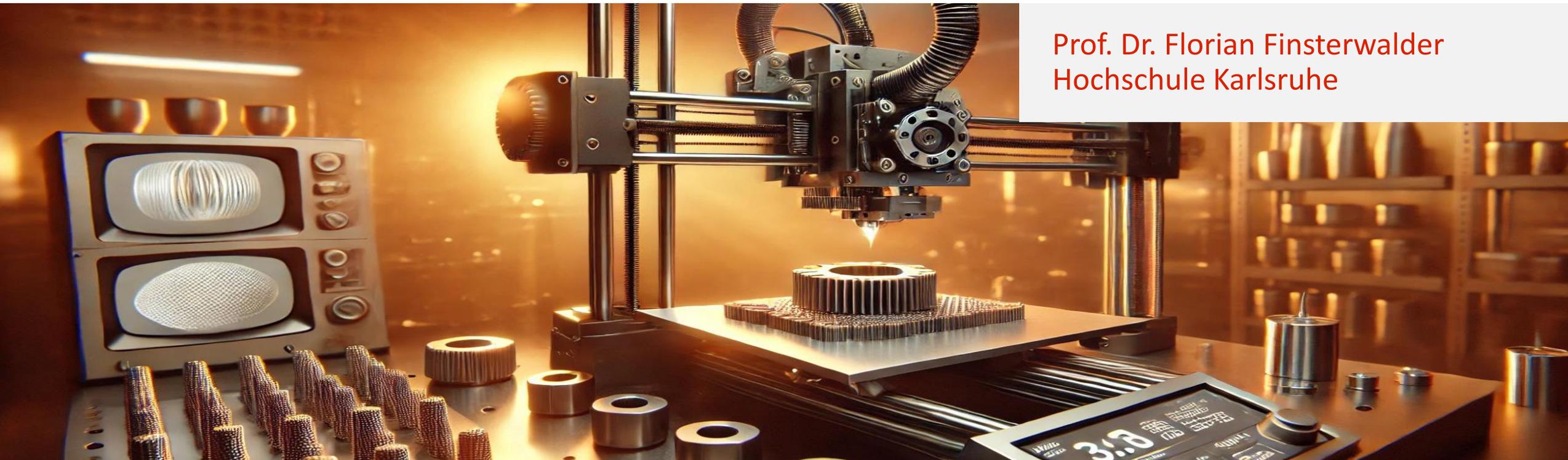


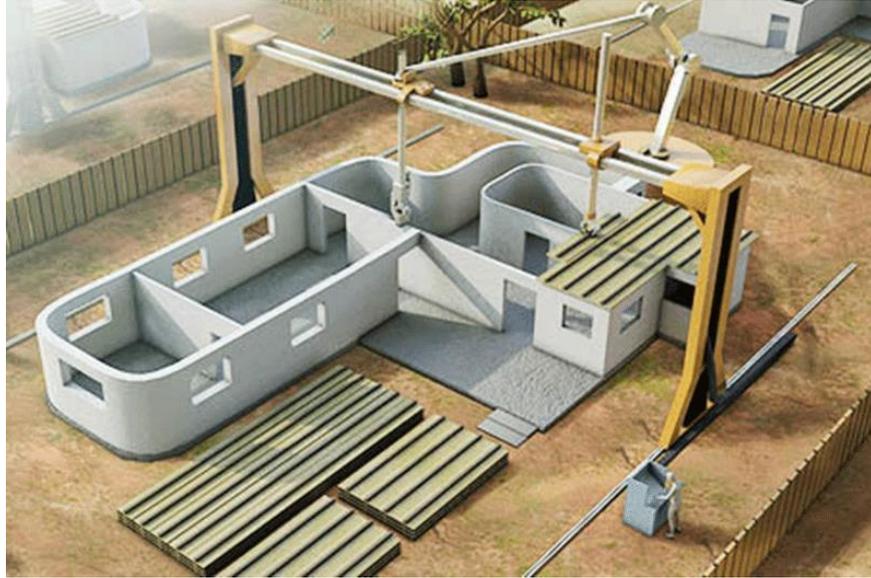
# 3D-Druck und additive Fertigung: Möglichkeiten und Märkte, Technik und Trends



Prof. Dr. Florian Finsterwalder  
Hochschule Karlsruhe



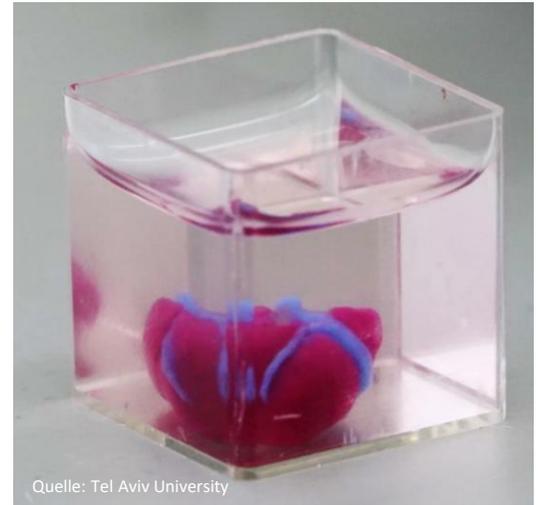
Quelle: Nervous System



Quelle: NOWlab / BigRep GmbH



Quelle: Airbus

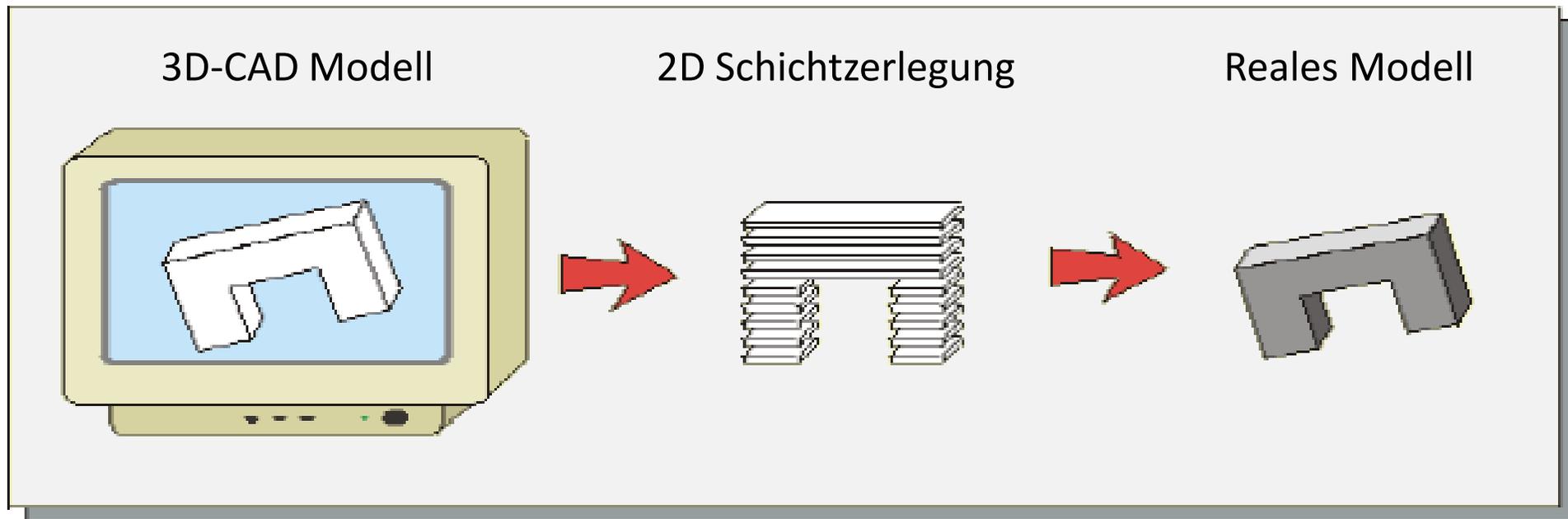


Quelle: Tel Aviv University

# 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.

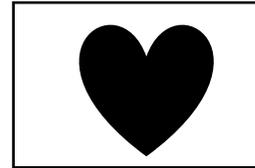
konventionell subtraktiv



- ☹ Zugänglichkeit

# Klassifizierung Additive Fertigungsverfahren: Schichterzeugung

- flächig → „bildgebend“



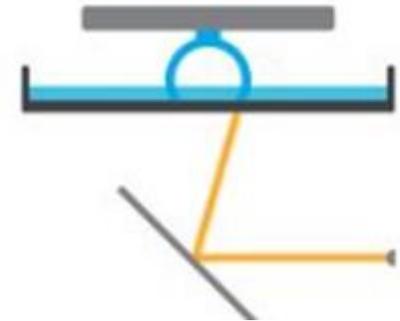
z.B. DLP



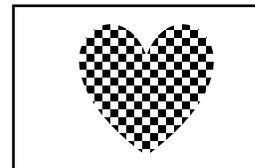
- linienförmig → „malend“, „plottend“



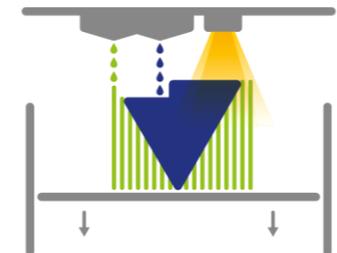
z.B. SLA



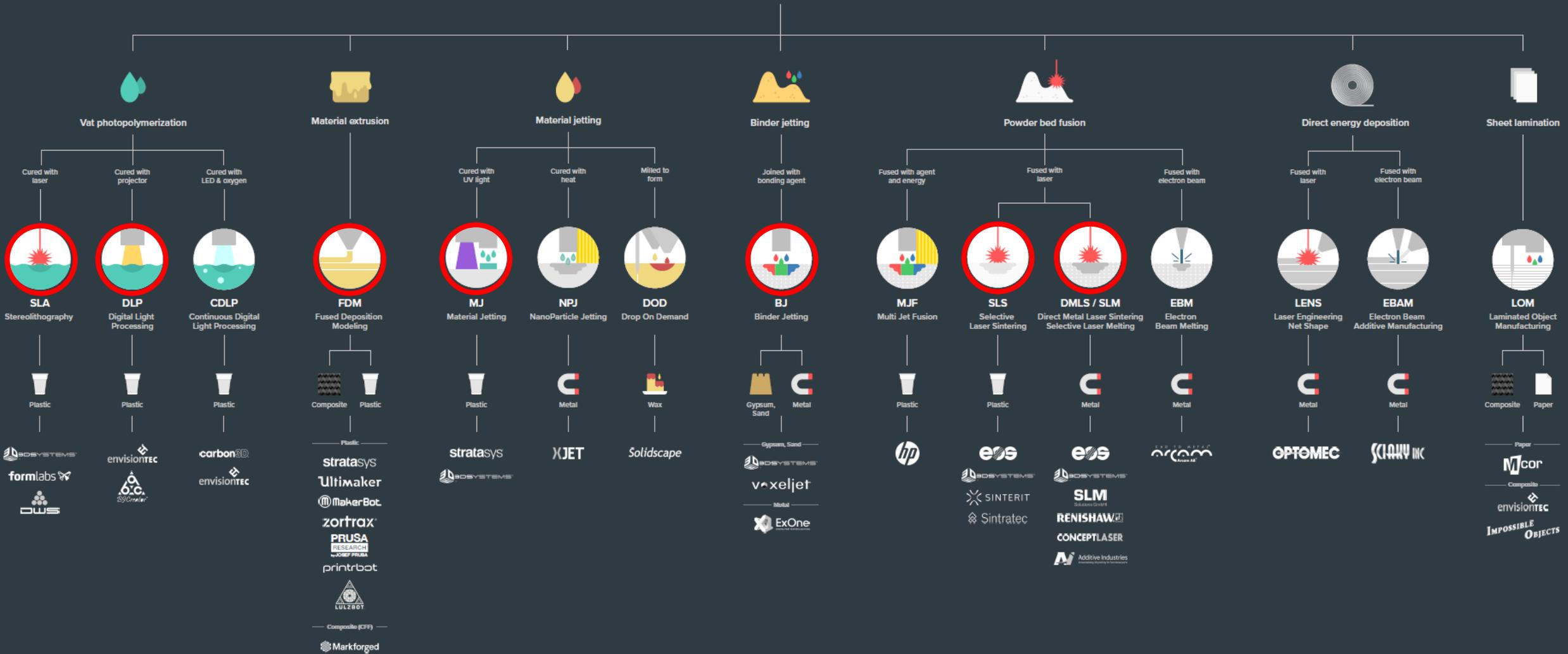
- punktförmig



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

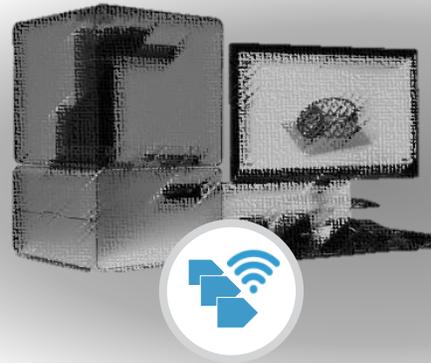


- Variable Produkte
- Kundenindividuelle, personalisierte Teile

## Gestaltungs-Freiheiten

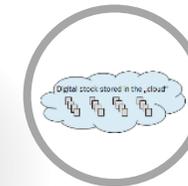


- Leichtbau
- Integrierte Funktionen
- Herstellung in einem Schritt



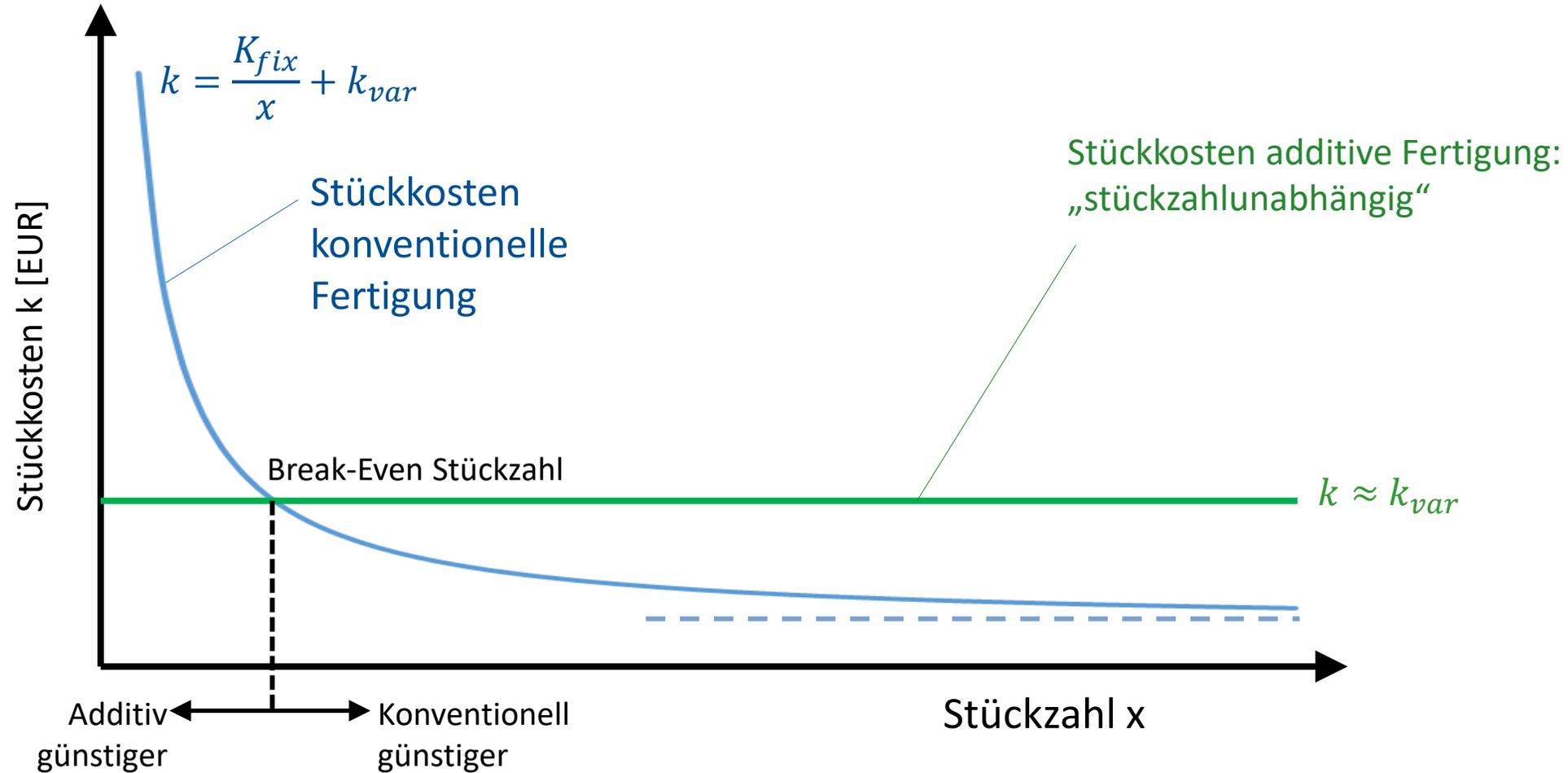
## Additive Design & Manufacturing

## 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

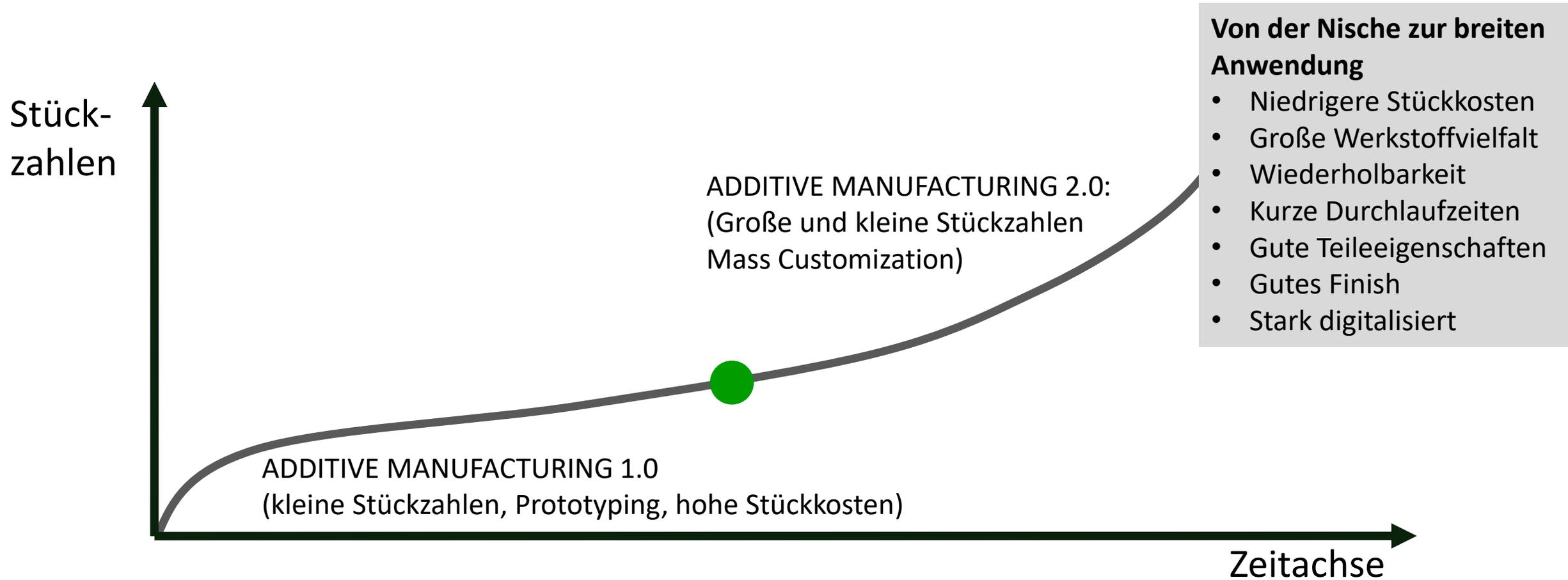
## **Skalierung**

- 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

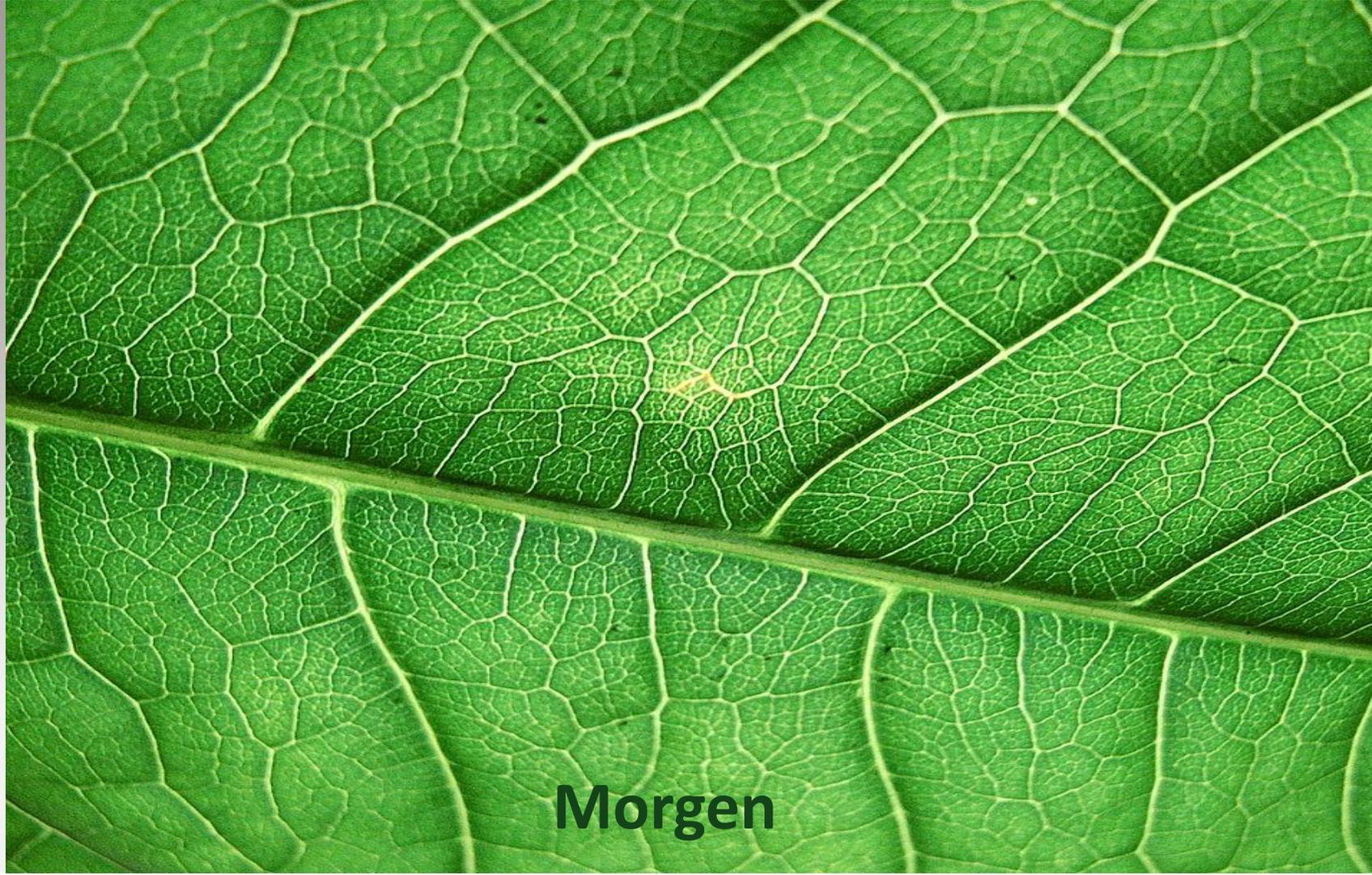


Quelle: angelehnt an Desktop Metal

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

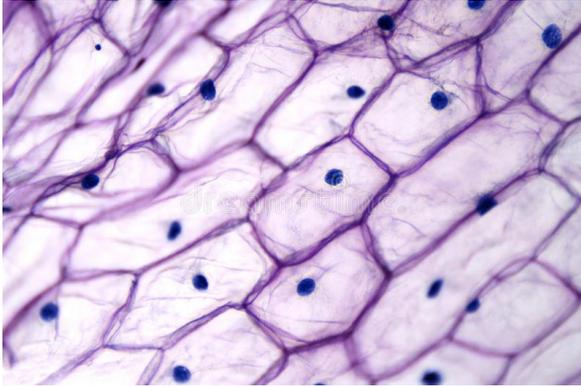
Folie 5 +3 – Märkte: Dental, Sport, Schmuck, Automobil – mit entsprechenden Beispielen

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

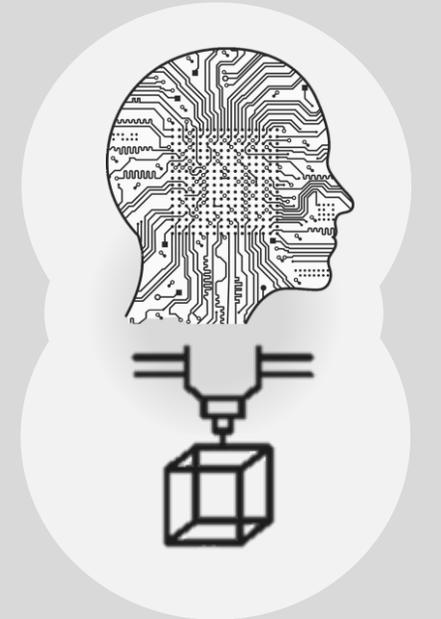




# Chancen durch künstliche Intelligenz

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.“

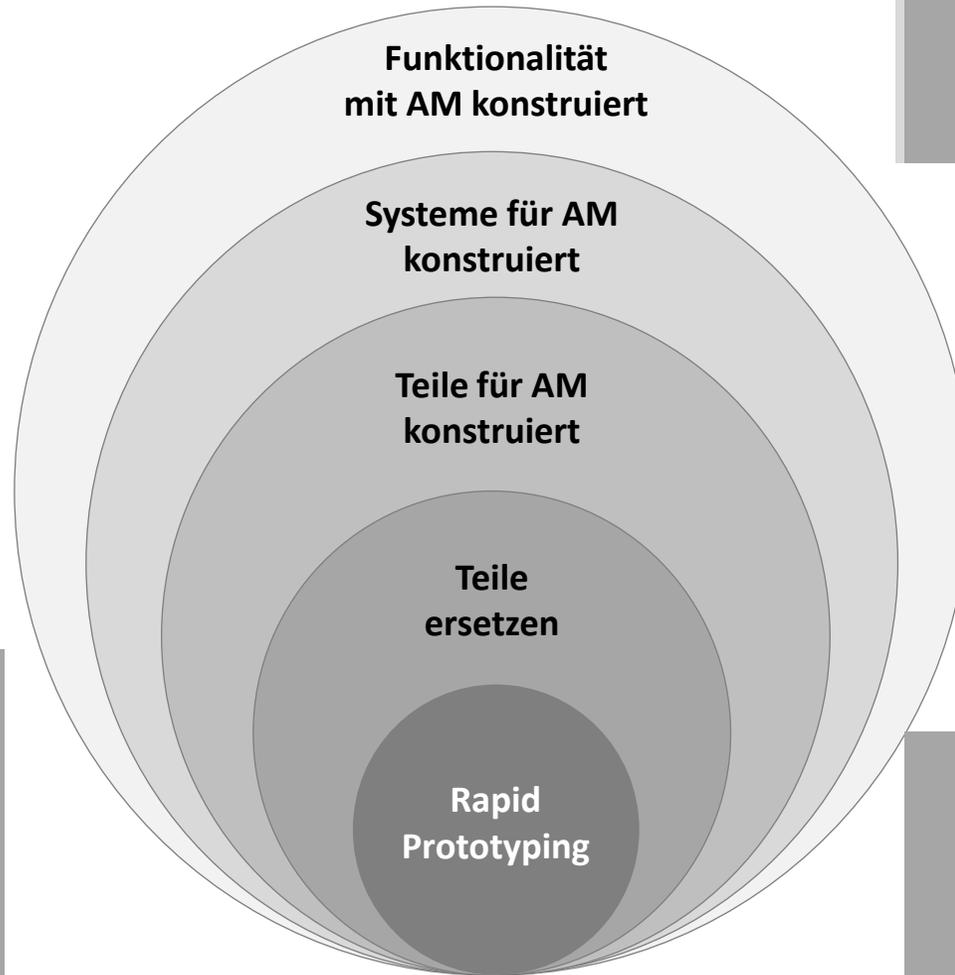
Dr. Phil Reeves

## Wachstumspotenzial:

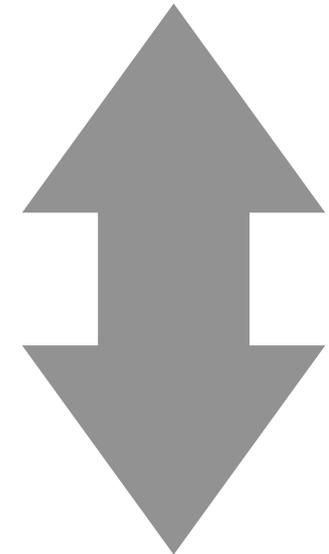
Weltweite Fertigung: >> \$15.000 Mrd.

- 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

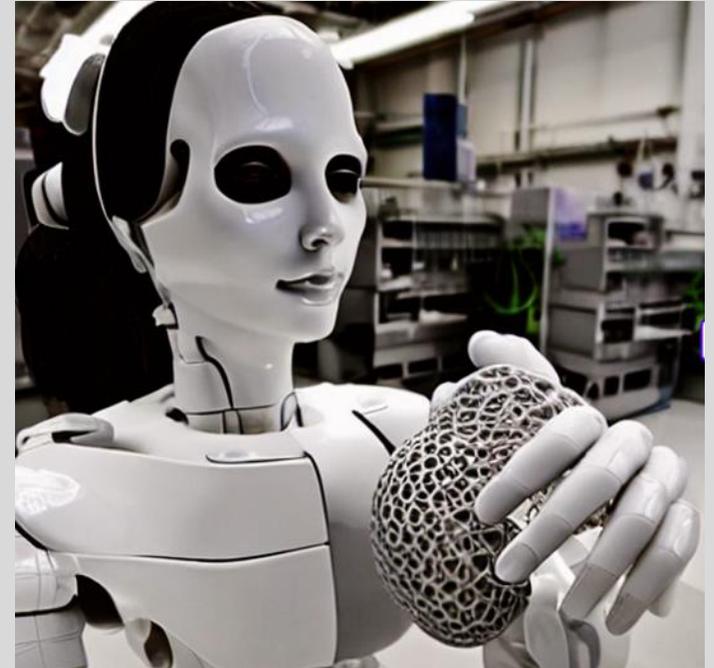
## Trend 1

### 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.



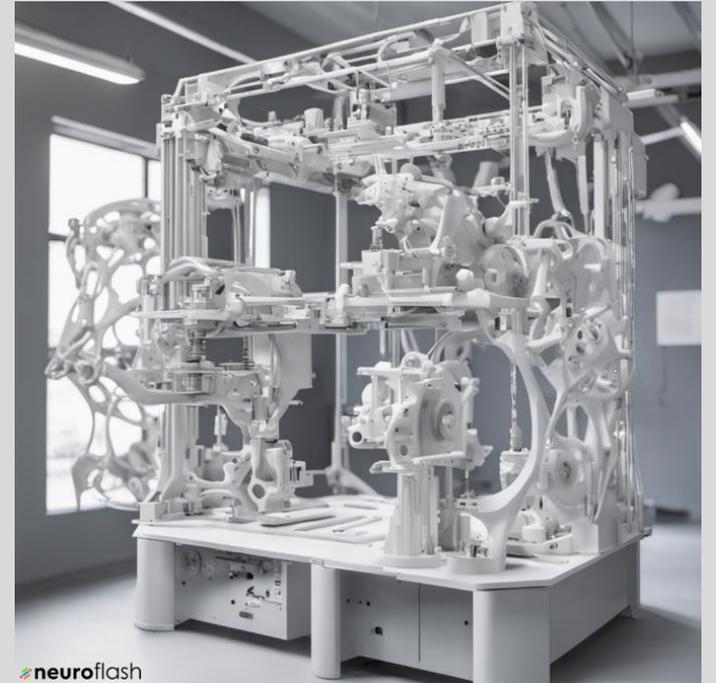
Quelle; Spare Parts 3D

# 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

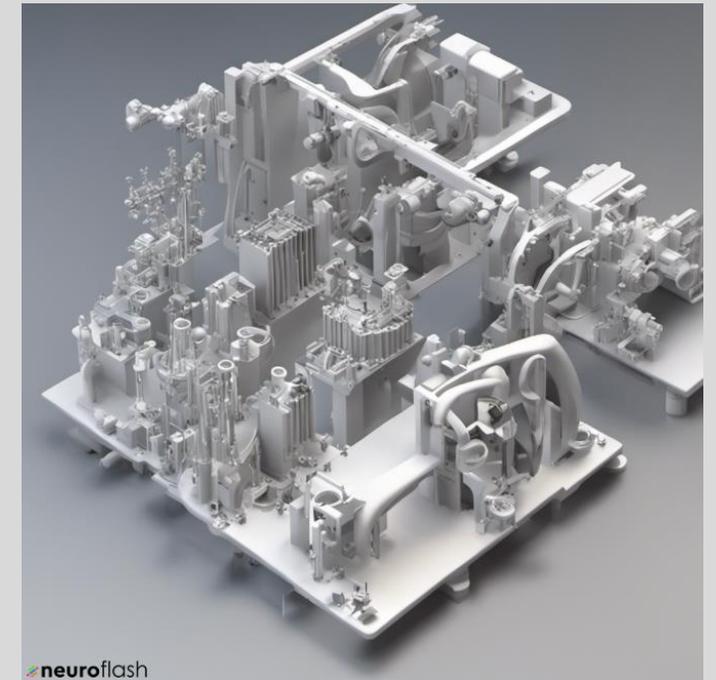
KI - erstellt

# 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.



KI - erstellt