

# Additive Fertigung, 3D-Druck: Chancen für eine Re-Lokalisierung industrieller Produktion

**Tagung: Industrie 4.0: Neue industrielle Standortbedingungen und Wandel der Wertschöpfungsketten durch Digitalisierung**

Düsseldorf 16. Juli 2019



Ulrich Petschow  
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

# Agenda

---



1. Entwicklungsdynamiken des Produktions- und Konsumtionssystems

2. Additive Fertigung / 3D-Druck

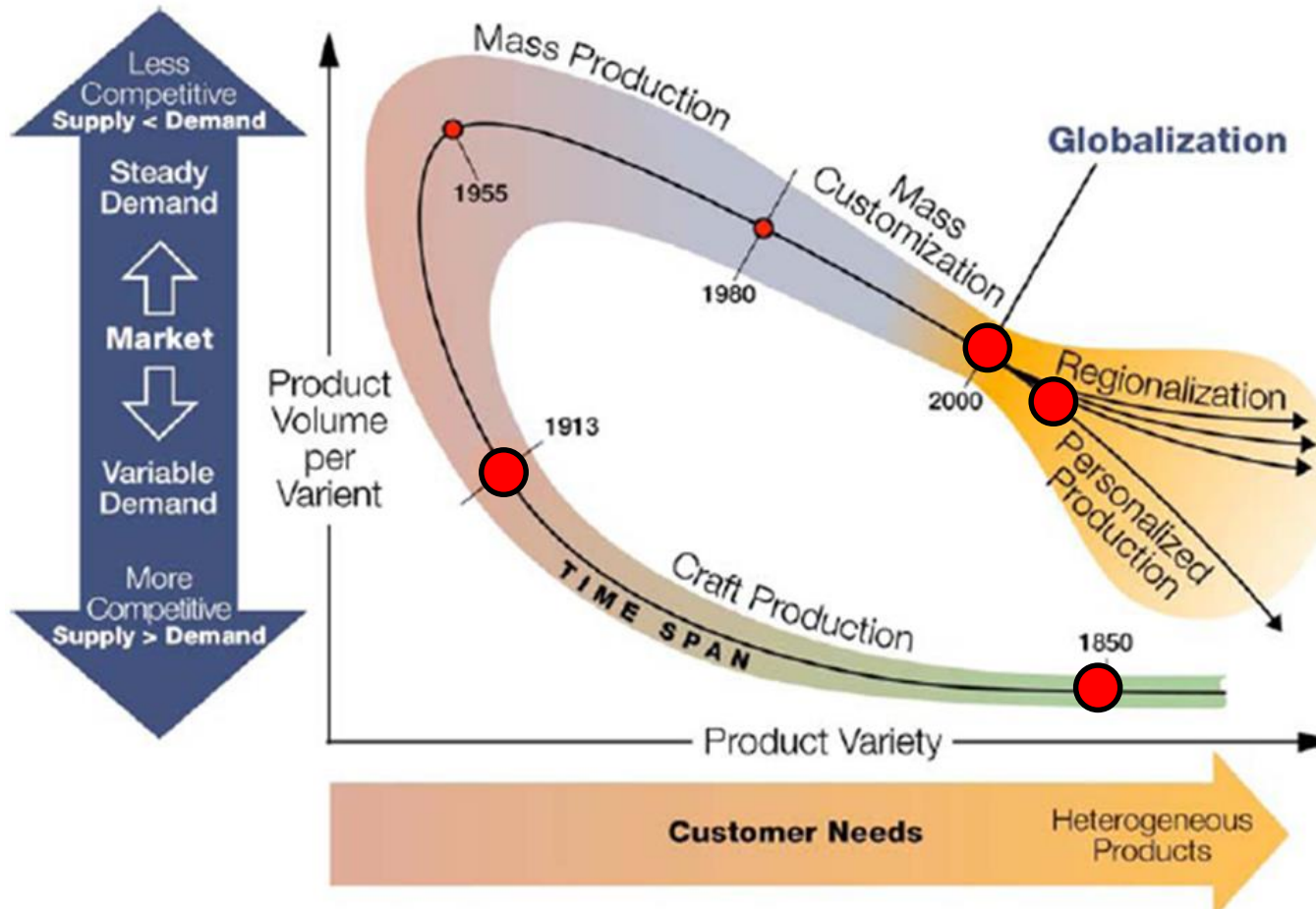
- Technik
- Technik und Ökonomie
- Wertschöpfungsketten

3. Fazit

- Charakterisierung 3D-Druck
- Re-Lokalisierung (?)

4. Szenarien

# Entwicklungsdynamiken Produktionssystem





## 1. Digitalisierung und IT

- Umfassende Reduktion der Transaktionskosten
- Weitgehende Vernetzungsmöglichkeiten
- Digitalisierung: Grenzkosten gegen Null
- Neue Kooperationsformen und Geschäftsmodelle „online“

## 2. Vielfältige neue Technologien und Werkstoffe

- Hohe Innovationsdynamiken in vielen Feldern
- Mögliche neue Verknüpfungen zwischen den Feldern



## Von Massenproduktion zur „Mass Customization“

- Tendenzielle Transformation von „economies of scale“ zu „economies of scope“
  - flexible Handhabung von großen Produktspektren unter Effizienzbedingungen der Massenproduktion
- Fokus variiert zwischen Marktsegmenten und Zielgrößen (markets of few vs. markets of one)

(<http://www.volkswagen.de/>)

# Allgemeine Dynamiken (2)

---



- Ausdifferenzierung von Lebens- und Konsumstilen
- Erhöhung von Komplexität und Unsicherheit
  - Erwartbarkeit der Nachfragesituationen auf den (globalen) Märkten
  - Intensive Interaktionen zwischen Unternehmen, Kunden, Zulieferern und Vertrieb
- Flexibilität durch variabel und adaptiv gestaltbare Produktionsstrukturen
  - modulares Design von Komponenten
  - Etablierung kundenspezifischer Dienstleistungen um Standardprodukte
  - Erschließung neuer Zugänge zu kundenrelevantem Wissen

# Wertschöpfung und Pfade personalisierter Produktion – gegenwärtige Muster

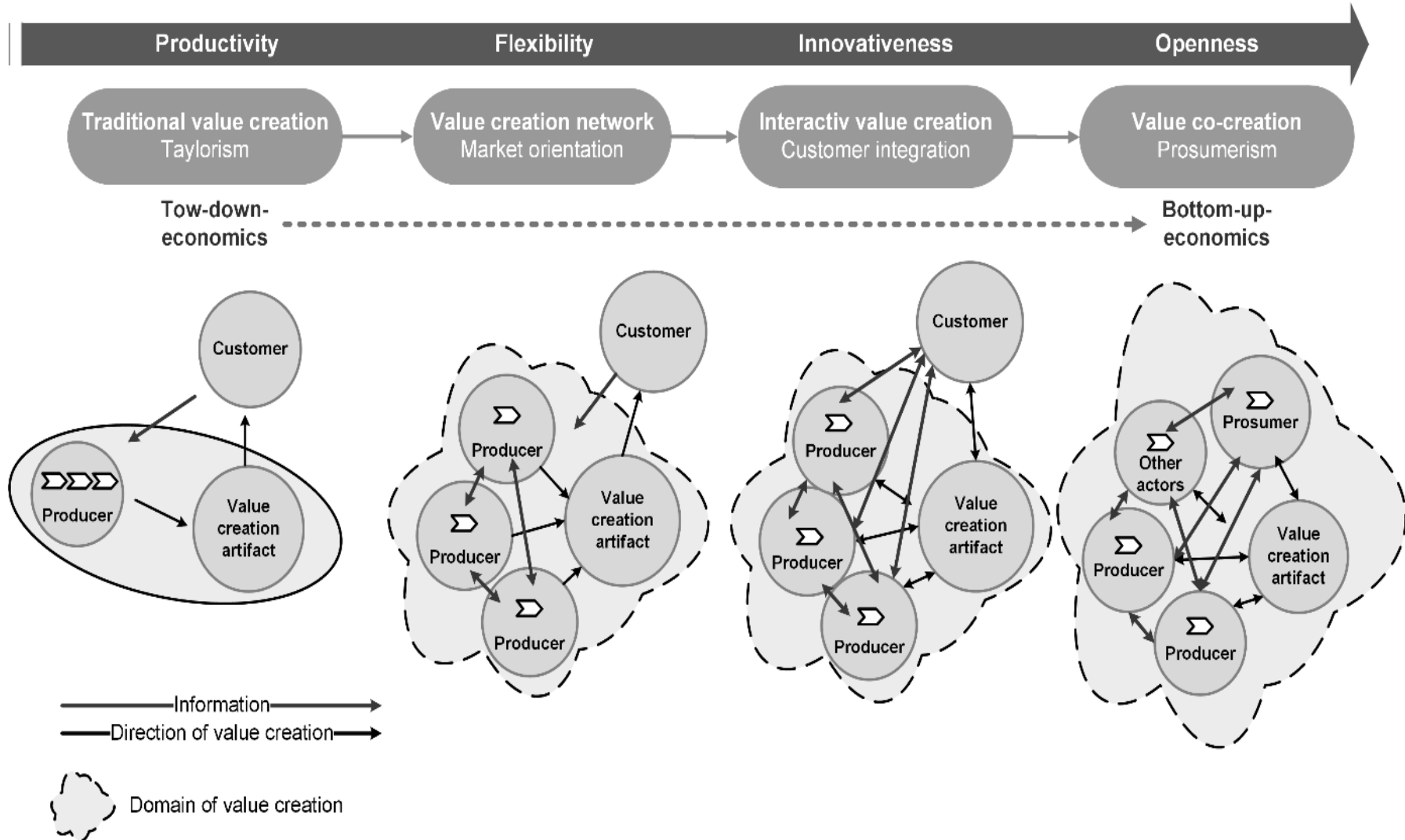
---



- Tendenzielle Öffnung der Produktionsstrukturen für individuelle Gestaltungsmöglichkeiten durch Konsumenten
  - **passiv** durch die Berücksichtigung kundenindividueller Präferenzen in den Produktentstehungsprozess
  - **aktiv** durch die (teilweise) Übernahme von Produktions- bzw. Innovationsschritten durch den Konsumenten (open-innovation, consumer co-creation, crowdsourcing etc.)
- Informations-, Kommunikations- und Produktionstechnologien ermöglichen Plattformen und Geschäftsmodelle für die neuen Formen der Wertschöpfung



# Hin zu einer bottom-up Ökonomie?







---

– **2. Additive Fertigung / 3D-Druck**

# Typisierte Formen der Materialbearbeitung

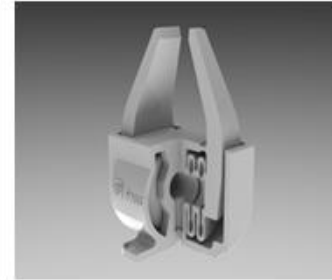
---



subtractive










formative



additive

# Technologien und Materialien Additive Verfahren / 3D-Druck



Kategorien	Kategoriebeschreibung	Beispielverfahren und primäre Materialien		
		Metall	Kunststoff	Sonstiges*
Vat Photo-polymeri-zation	 Flüssiges Photopolymer wird schichtenweise mit Lichtstrahlen ausgehärtet		3	Stereolithography (SLA)
				Digital Light Processing (DLP)
				Continuous Liquid Interface Production (CLIP)
Material Jetting	 Werkstoff wird tropfenweise mit einer beheizten Düse selektiv auf das Objekt aufgetragen		5	Polyjet Printing (PJP)
Powder Bed Fusion	 Werkstoffpulver wird schichtweise durch thermische Energie (zum Beispiel Laser-, Elektronenstrahl) selektiv verschmolzen	Electron Beam Melting (EBM)		
			2	Selective Laser Sintering (SLS)
		4		Direct Metal Laser Sintering (DMLS/SLM)
Binder Jetting	 Bindemittel wird auf Pulverbett punktuell aufgetragen zur schichtenweisen Verbindung des Werkstoffpulvers			Three Dimensional Printing (3DP)
Material Extrusion	 Schmelzfähiger Werkstoff wird mit einer beheizten Düse schichtenweise auf das Objekt aufgetragen		1	Fused Deposition Modeling (FDM)
Sheet Lamination	 Laminierte Werkstofffolien werden schichtenweise zugeschnitten, bspw. mittels Laser, Messer			Laminated Object Manufacturing (LOM)
Directed Energy Deposition	 Laserstrahl wird zum Aufschmelzen und gleichzeitig-gem Aufbringen eines Zusatzwerkstoffes genutzt	Laser Metal Deposition (LMD)		



---

– **Technik und Ökonomie**



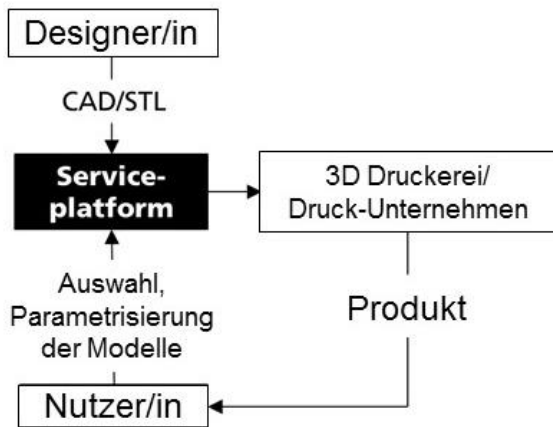
# AM und potenzielle Effekte auf Märkte

AM Charakteristika	Ökonomische Effekte	Markteffekte
Vielseitige Fertigungsanlagen	Economies of scope (Produktdifferenzierung) / Breite Marktabdeckung	Vielfältige differenzierte Märkte können zugleich erschlossen werden / Fixkostenverteilung Geringere Markteintrittsbarrieren
Customization, hohe Flexibilität		Leichte Anpassung an Nachfrageschwankungen, hohe Flexibilität
Komplexität bei geringem Aufwand	Geringe Anpassungskosten bei Änderungen des Produkts	Hohe Flexibilität; Begrenzung: Skaleneffekte und Kostenwettbewerb
Minderung der „assembly“-Kosten	Verringerung der Umrüstkosten	Ggf. Minderung der Grenzkosten bei „assembly“ intensiven Gütern

# Möglicher (örtlicher) Einsatz von 3D Druckern: Lokalisierung/Globalisierung

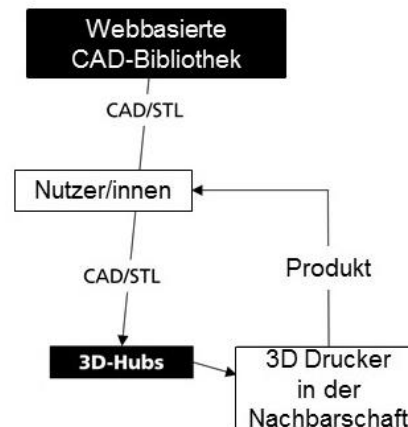


## 1. Nutzung in einer Fabrik



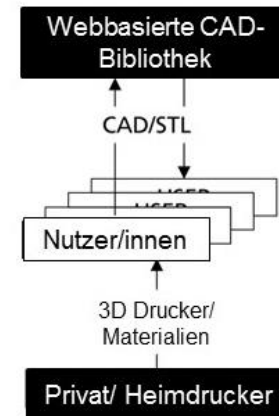
© Fraunhofer UMSICHT

## 2. Nutzung in einem regionalen Druckzentrum



© Fraunhofer UMSICHT

## 3. Nutzung privat/ zu Hause



© Fraunhofer UMSICHT

Quelle: Bertling / Rommel 2016



---

– **Wertschöpfung**



- **Entwicklungstrend Wertschöpfungsketten:**
  - von vertikal integrierten Unternehmen zu komplexen Formen der Integration zwischen geographisch verteilten zugleich aber funktional integrierten Akteuren
    - 3D-Druck verändert die Balance zwischen den Akteuren
    - verringerte Relevanz von scale, ggf. stärker lokal: ggf. gewisse Abkopplung von globalen Produktionsketten
  - Verteilung der Wertschöpfung zwischen den unterschiedlichen Funktionen (Standort und Akteure)
    - Bedeutungszuwachs: intangible Aktivitäten ggü. Produktion
    - Verbreitung von 3D-Druck: Einklang mit Fokus auf Service („sevicification“), Datennutzungen in Plattformen



# Wertschöpfungsketten: Effekte von 3D-Druck

---



- **Einfluss 3D-Druck differenziert je Wertschöpfungskette**
  - Materialverfügbarkeit für 3D-Druck
  - geringe Skalenerträge
  - hoher Bedarf / Möglichkeit der Customization
  - begrenzte Automatisierungsmöglichkeiten
- **Potenziell kürzere Wertschöpfungsketten**
  - Geringere Produktion und Handel von intermediären Gütern
  - mögl. stärkere geographische Verteilung der Produktion
  - Stärkere Netzwerke von „regionalen“ Produzenten co-location mit Endnutzern

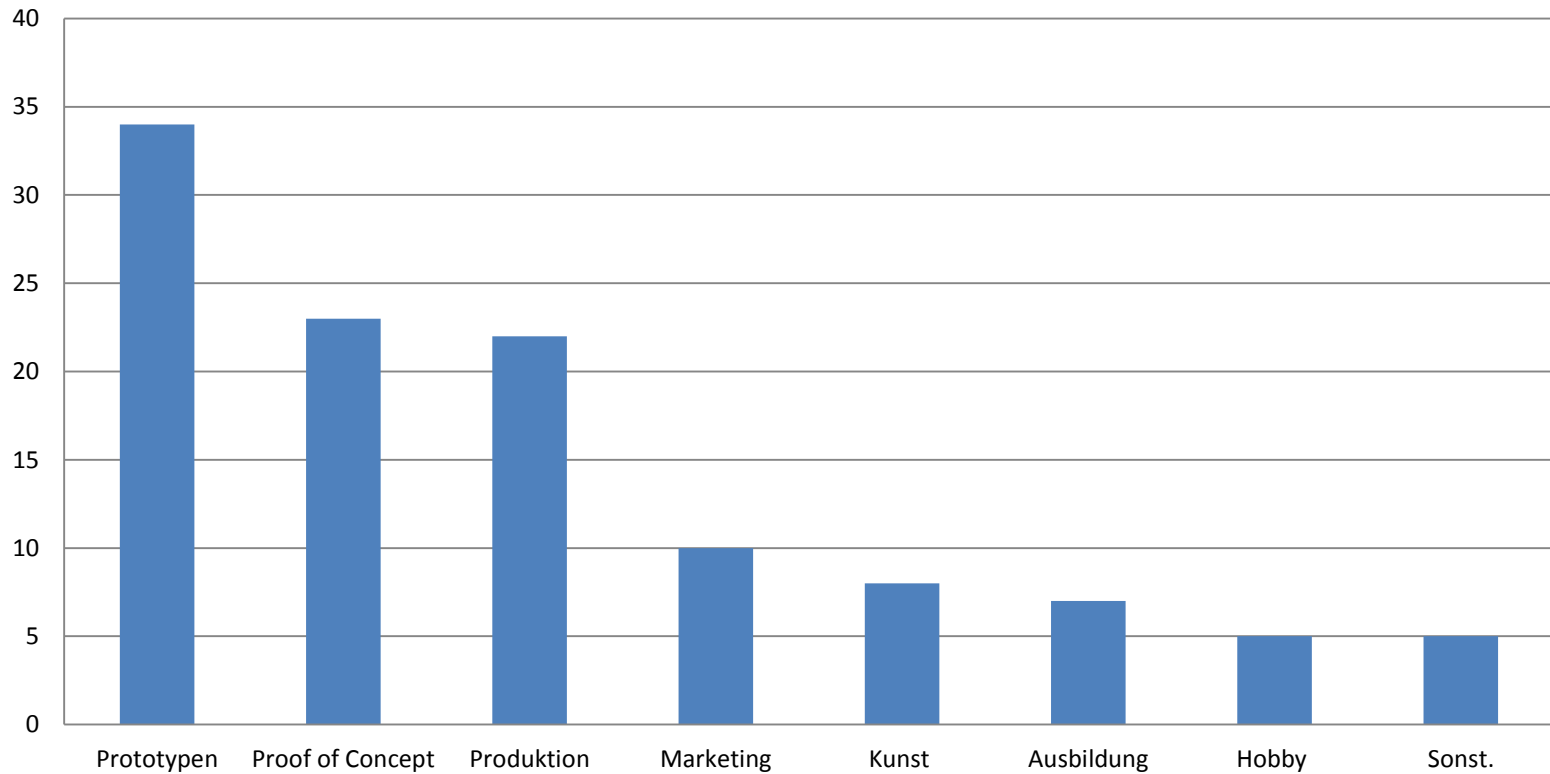
# 3D-Druck und spezifische Wertschöpfungsketten

---



- **Große Differenzen der Nutzung von 3D-Druck in Wertschöpfungsketten:**
  - Hoch: Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, Automobilindustrie und Ausbildung
  - Vielfach Nutzung eher im Kontext „pre-production“
  - Automobilbau:
    - Reduktion der der Kosten von Spezialausrüstungen
    - Verringerung der der Modellentwicklungszeiten in der pre-production (nicht Einsatz in der Massenproduktion)
  - Luft- und Raumfahrt:
    - Nutzung im Kontext der pre- und post-production Aktivitäten
    - Konkrete Produktion: geringe Volumina / hohe Kosten der Materialien / neue Formen (u.a. Gewichtsreduktion)

# Anwendungsfelder 3D-Druck





---

– **Fazit**

# 3D-Druck - Einordnung

---



- **Wird als General Purpose Technology aufgefasst**
  - damit breite Anwendungs- und Entwicklungspotenziale
  - nicht eine Technologie sondern ein Cluster von Technologien
    - „bottom-up“ Produktionsprozesse
    - Einbettung in (Innovations-) Ökosysteme und deren Entwicklung
  - vielfältige Einsatzmöglichkeiten / Innovationspotenziale
  - im Zeitablauf vielfältige disruptive Potenziale denkbar
  - Lead Markets

# Einordnung 3D-Druck

---



- **Umfassende Veränderungsprozesse im Produktionssystem und der Interaktion mit der Konsumsphäre feststellbar**
- **Öffnungsprozesse gerade mit Blick auf das Innovationsregime und co-creation zunehmend relevant**
- **Wissen und Wissensintegration wird wichtiger**
  - Relevanzverlagerung von der Produktions- zur Nachfrageseite
  - Digitalisierung reduziert die Transaktionskosten
    - Kooperationen werden erleichtert
    - Selbstorganisationsmöglichkeiten erhöhen sich
    - Neue Kooperationskulturen werden ermöglicht (nicht allein im digitalen Raum)

# Re-Lokalisierung?

---



- **Die Produktionssphäre ist in Bewegung**
  - Vielfalt neuer Technologien (GPT)
  - vielfältige neue Kombinationen möglich und erschließbar
  - aktuell eine hohe Dynamik
- **Nachfrage zunehmend ausdifferenziert**
  - Individualisierung (mass customization)
  - Zunehmende Relevanz von co-creation und Nutzereinbindung
  - zunehmende Bedeutung der Nachfrage
  - Innovationssysteme Produktion / Konsum (Regulierung)

# Re-Lokalisierung?

---



- **Was kann Re-Lokalisierung der Produktion darstellen?**
  - unter den Bedingungen
    - von Digitalisierung (u.a. Generierung von Wissen über die Konsumenten und deren Einbindung)
    - von hochgradig ausdifferenzierten Wertschöpfungsketten auch im Kontext von 3D-Druck
- **typisierte Formen der Nutzung von 3D-Druck**
  - Global angesiedeltes Druckzentrum
  - 3D-Druck in bestehenden Wertschöpfungsnetzwerken
  - Regional angesiedeltes 3D-Druckzentrum (Interaktion zwischen Konsumenten und Mittlern)
  - Druck @home





## – Fördernde Faktoren:

- Identifizierung von Bedarfen, die persönlicher Interaktionen bedürfen (user innovation)
- kombinatorische Innovationen (neue Technologien, unterschiedliche Bedarfsfelder, Integration durch neue Produktionsverfahren...)
- Interaktionen: personengebundenenes Wissen, Problemlösungen konkret...



## – Offene Fragen:

- wie regional / lokal muss die Produktion sein um Interaktion Konsument/Produzent zu co-creation zu ermöglichen
  - Welche Möglichkeiten bieten die neuen datengetriebenen Analysemethoden (predictive, AI...)
- Welche „Cluster“ (Produktion / Konsum) können sich lokal herausbilden und lokal/regional „bestimmend“ sein?
- Welche Relevanz haben die neuen Logistikkonzepte, die die Zeit und Raum „schrumpfen“ lassen?



---

– **Szenarien**

# Veränderung der Wertschöpfungsketten

---



## – **Komplementäre Szenarien:**

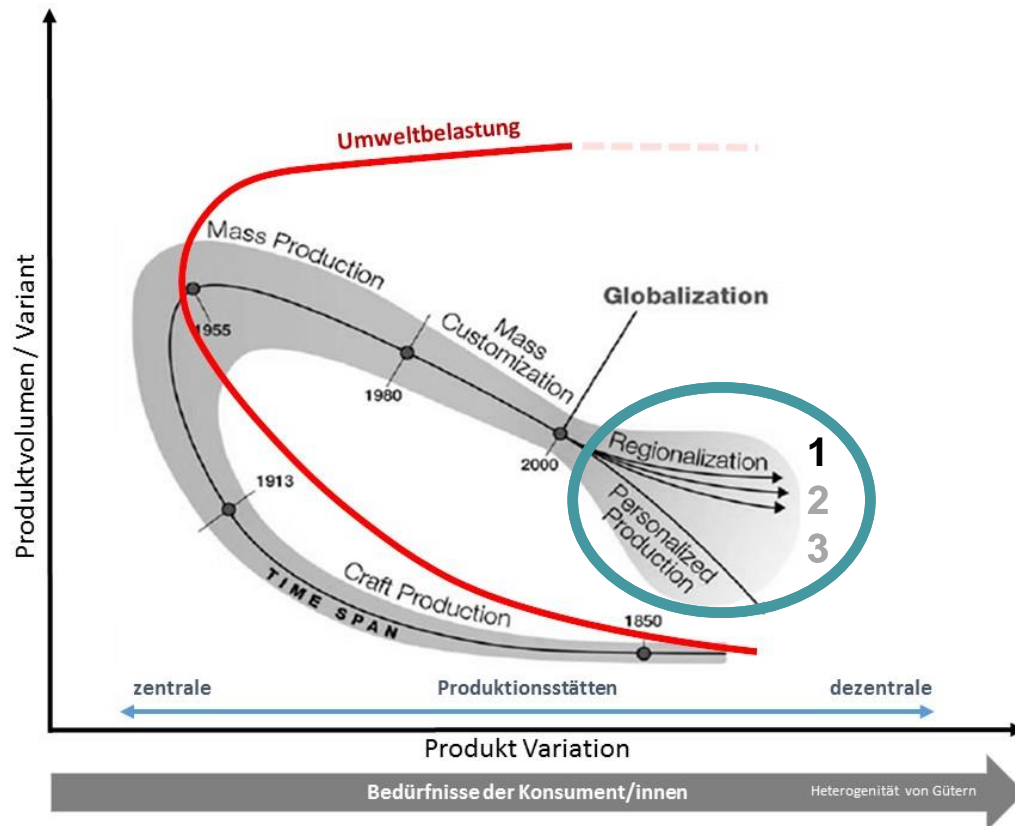
- 3D-Druck führt zur Anpassung der Wertschöpfungsketten
  - gewisses rebundling
  - geographische Verteilung: wenig Veränderung
  - Wertschöpfungsverteilung: eher gleichbleibend

## – **Substitutionsszenarien:**

- 3D-Druck verändert die Wertschöpfungsketten fundamental
  - relevantes rebundling
  - geographische Verteilung: Dezentralisierung / Verbrauchernähe
  - Wertschöpfungsverteilung: stärkere Gleichverteilung



# Szenarien neuer Produktionssysteme



**Quelle:**  
Koren (2010);  
schematische  
Erweiterung IÖW  
(2015).

Vielen Dank.

Ulrich Petschow

16. Juli 2019

