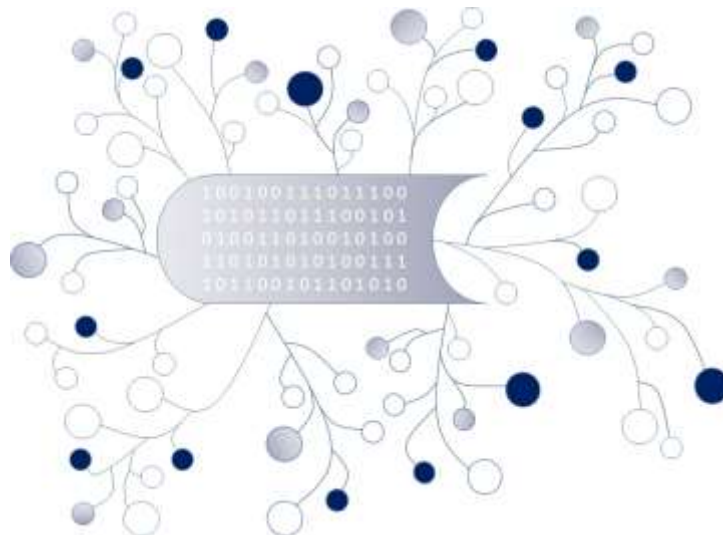




# ***Digl-VET***

## ***Fostering Digitization and Industry 4.0 in vocational education***

**2018-1-DE02-KA202-005145**



### **IO4 – Lerner Material für den Präsenzunterricht**

#### **Modul B – Industrie 4.0.: Begriffe und Geschichte**

**Autor: A.O.A. Arges**

**Übersetzung: Jennifer Schneider, Universität Paderborn**



## Inhalt:

### 1. Die technologische Revolution: Von der ersten bis zur vierten Revolution

1.1. Kurze Einleitung und Begrifflichkeiten .....	2
1.2. Aufgaben – Video .....	5

### 2. Industrie 4.0

2.1 Geschichte und Begriffe.....	6
2.1.1. Fundamentale Charakteristika von Industrie 4.0 .....	6
2.1.2. Spezifisches Konzept.....	7
2.2. Makerspaces and additive production .....	9
2.3. Tasks – Questions and answers.....	11



## 1. Die technologische Revolution: Von der ersten bis zur vierten Revolution

### 1.1. Kurze Einleitung und Begrifflichkeiten

Historisch gesehen ging der Industriegesellschaft die Agrargesellschaft voraus, die Ende des 18. Jahrhunderts zu verschwinden begann.

Materialverarbeitungstechnologien haben sich seit ihrer Einführung bis jetzt disruptiv weiterentwickelt, und es können vier große industrielle Revolutionen definiert werden (in der Literatur als Industrie 1 bis Industrie 4 bezeichnet). Die erste industrielle Revolution, die in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts begann, ist gekennzeichnet durch die Einführung mechanischer Produktionsanlagen, die mit Wasser oder Dampf betrieben werden.

Die zweite industrielle Revolution begann Ende des 19. Jahrhunderts. Besonders für diese Revolution ist die Verwendung des elektrischen Antriebs von Produktionsanlagen und die Realisierung einer Massenproduktion auf der Grundlage der Arbeitsteilung.

Die dritte industrielle Revolution begann im 8. Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts mit dem Aufkommen von Logic Programmable Controllers (PLCs). Grundlegendes ist der Einsatz elektronischer Systeme und Informationstechnologie in der Produktionsautomatisierung.

Heute stehen wir am Anfang der vierten industriellen Revolution (Industrie 4.0), die durch den Einsatz cyber-physischer Systeme in Produktionsprozessen gekennzeichnet ist. Die Industrie 4.0-Revolution sieht vor, dass das herzustellende Produkt mit den Fertigungsanlagen (Maschinen und Roboter) interagieren und Prozesselemente untereinander in kommunizieren und den Verarbeitungsprozess vereinfachen. Auf diese Weise wird ein intelligentes Produktionssystem erreicht, das in der Lage ist, autonom zu kommunizieren und optimale Entscheidungen zu treffen. Eine grafische Darstellung dieser vier industriellen Revolutionen ist in Abbildung 1 dargestellt.



# Industrial Revolution

## 1. Industrial Revolution

- End of 18th
- Mechanization

## 2. Industrial Revolution

- Start of 20th Century
- Electrification

## 3. Industrial Revolution

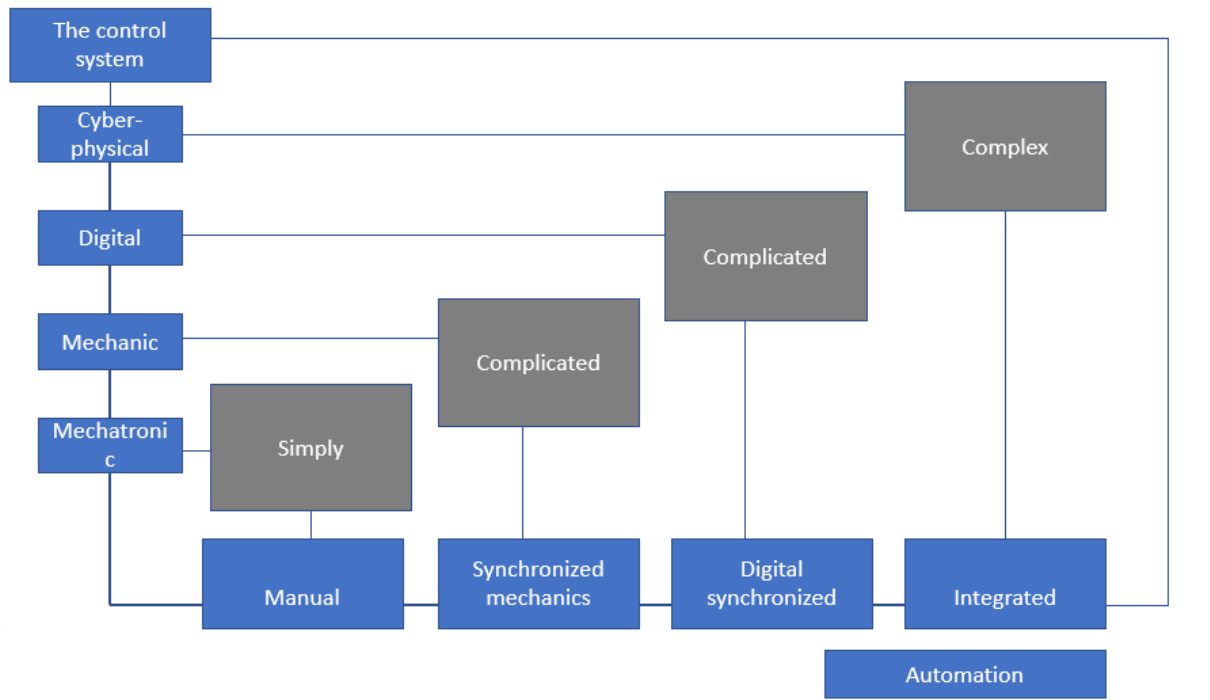
- Start of 70ies
- Digitization

## 4. Industrial Revolution

- today
- Conectivity

Abbildung 1. Eigene Darstellung, in Anlehnung an Banabic, D. (2016), p. 195.







Verbraucheranforderungen, wie folgt definiert werden (Abb. 3):

- Die Zeit vor der ersten industriellen Revolution (der handwerklichen Produktion) ist dadurch gekennzeichnet, dass jedes Produkt für einen bestimmten Kunden entworfen und hergestellt wurde (Schuhe, Kleidung, Pferdegeschirre usw.).
- Die industrielle Revolution des 18. und 19. Jahrhunderts führte zu einer Steigerung der Produktivität und des Produktionsvolumens durch Produktvarianten; Beginn des 20. Jahrhunderts (eingeführt von Ford in der Herstellung des Ford T Automodells). Zu diesem Zeitpunkt wird eine begrenzte Anzahl von Produkten hergestellt, die in einer sehr großen (Massen-) Anzahl hergestellt werden kann (vorausgesetzt, es gibt genügend Käufer). Das Jahr 1955 gilt als charakteristisch für die Massenproduktion und ist das Jahr mit dem höchsten Produktionsvolumen für eine bestimmte Produktvariante. Ab diesem Wendejahr nimmt die Produktvielfalt zu und die Anzahl der Produkte einer Variante ab.
- Das Jahr 1980 ist das Jahr des Übergangs zu einer neuen Phase, der Massenanpassung, in der der Kunde das gewünschte Produkt aus einer Liste von weiteren Eigenschaften und Optionen auswählen kann, bevor es hergestellt wird (ein klassisches Beispiel ist die Auswahl der Fahrzeugkonfiguration durch den Kunden, basierend auf einer Produktliste der Varianten).

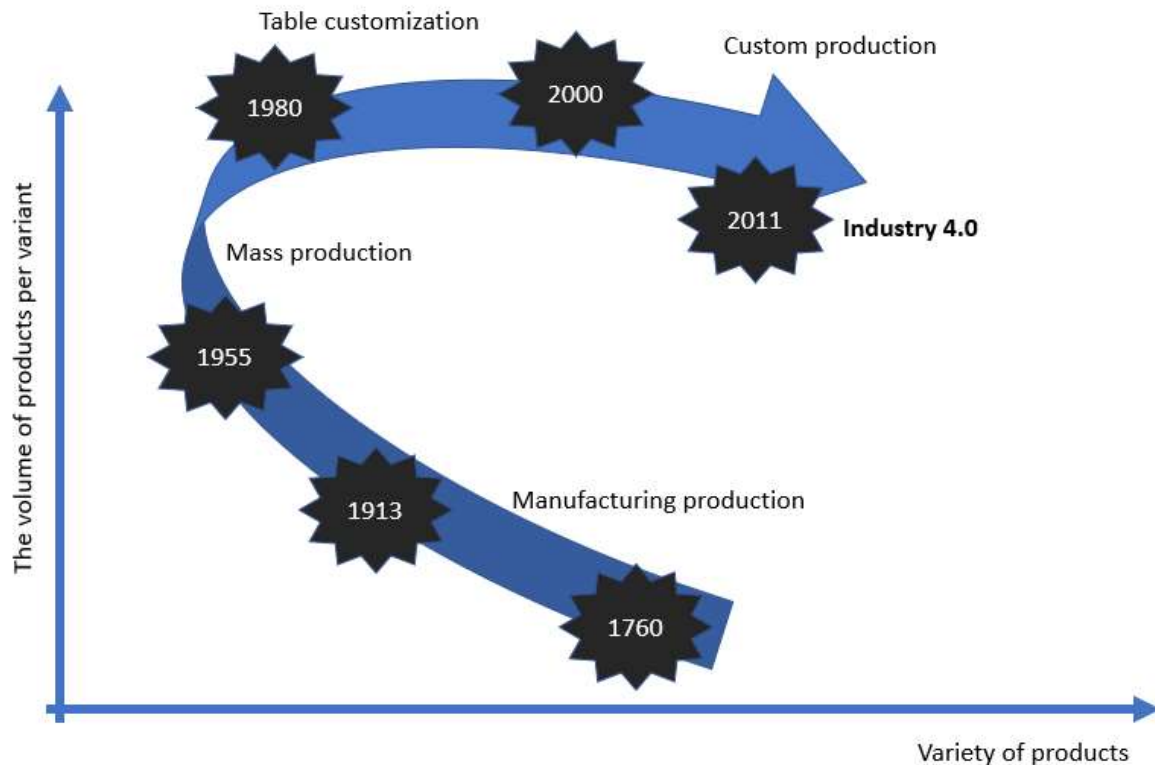


Abbildung. 3 Eigene Darstellung, in Anlehnung an Banabic, D. (2018), S. 8.

Daraus folgt, dass die Herstellungstechnologien eine zyklische Entwicklung durchlaufen haben: Von der personalisierten (individuell orientierten), handwerklichen Produktion, über die Massenproduktion (produktorientiert) bis zur massenspezifischen (verbraucherorientierten) Massenproduktion und die Rückkehr zur personalisierten (verbraucherorientierten) Produktion.

### **Fazit:**

Die erste industrielle Revolution fand statt, als die Kraft des Wassers und die Kraft des Dampfes die Fertigungsmechanisierung in Gang setzten.

Die zweite industrielle Revolution begann mit der Einführung von Elektrizität, Förderbändern und Massenproduktion, und

die dritte industrielle Revolution basierte auf der Einführung von Automatisierungs- und IT-Tools in Produktionsprozessen.

Industrie 4.0 führt das Konzept der Smart Factory ein, ähnlich dem Konzept der Smart City, bei dem ein modulares Ökosystem von cyber-physischen Systemen physische Prozesse überwacht, eine virtuelle Kopie davon erstellt und dezentrale Entscheidungen trifft.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> What means 4.0 Industry 4.0?- Ionuț Țața, CEO Iceberg



## 1.2. Aufgaben:

1. Bitte schauen Sie das Video zu Industrie 4.0 und dessen Geschichte:  
<https://www.youtube.com/watch?v=v9rZOa3CUC8>

**Bitte machen Sie sich Notizen zum Video!**





## 2. Bitte beantworten Sie die nachfolgende Frage! Nur eine Antwort ist korrekt! (Single Choice Aufgabe):

Was charakterisiert Industrie 4.0?

- a) Die Existenz von: Robotern, Drohnen, autonomen Fahrzeugen, 3D-Druckern, künstlicher Intelligenz (KI), Internet der Dinge (IoT), Cloud Computing, Nanotechnologie
- b) Die Tatsache, dass all Prozesse und Produkte miteinander kommunizieren können, sie analysieren Informationen und können basierend auf dessen Auswertung Entscheidungen treffen und autonom handeln**
- c) Die Geschwindigkeit in der Entscheidungen getroffen werden können
- d) Datensicherheit

Screenshot der H5P- Version:

Was charakterisiert Industrie 4.0?

Die Existenz von: Robotern, Drohnen, autonomen Fahrzeugen, 3D-Druckern, künstlicher Intelligenz (KI), Internet der Dinge (IoT), Cloud Computing, Nanotechnologie

Die Geschwindigkeit, mit der Entscheidungen getroffen werden können.

Die Tatsache, dass jegliche Kommunikation ob zwischenmenschlich oder maschinell durch die Fortschritte der Digitalisierung vernetzt werden und zeitlich sowie räumlich unabhängig sind.

Datensicherheit





## 2. Industrie 4.0

### 2.1. Geschichte und Begriffe

Die Initiative Industrie 4.0 wurde 2011 von der Bundesregierung auf der Messe in Hannover vorgestellt. Bald folgten dieser Initiative andere Staaten unter anderen Namen: Fabrik der Zukunft (Frankreich und Italien), Katapult (Großbritannien), "Smart Manufacturing" in den USA bzw. "Made in China - 2025" in China oder "Innovation 2025" »In Japan. Der Begriff wurde mit der Initiative des Weltwirtschaftsforums, sowie einer Debatte zu diesem Thema in Davoz, im Januar 2016 von Klaus Schwab, dem Gründer und Koordinator dieser Organisation, diskutiert. Industrie 4.0 zeichnet sich durch die Automatisierung, Digitalisierung und Vernetzung aller Komponenten in Produktionsprozessen aus.

#### 2.1.1. Die grundlegenden Merkmale von Industrie 4.0 sind <sup>2</sup>:

- (1) Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen;
- (2) Blockchain;
- (3) IIOT, Industrie-Internet der Dinge;
- (4) virtuelle Realität;
- (5) Augmented Reality;
- (6) gemischte oder hybride Realität;
- (7) Roboter und Cobots;
- (8) autonome Autos.

---

<sup>2</sup> M. Ruessmann et al, Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in manufacturing Industries, The Boston Consulting Group, April 2015.

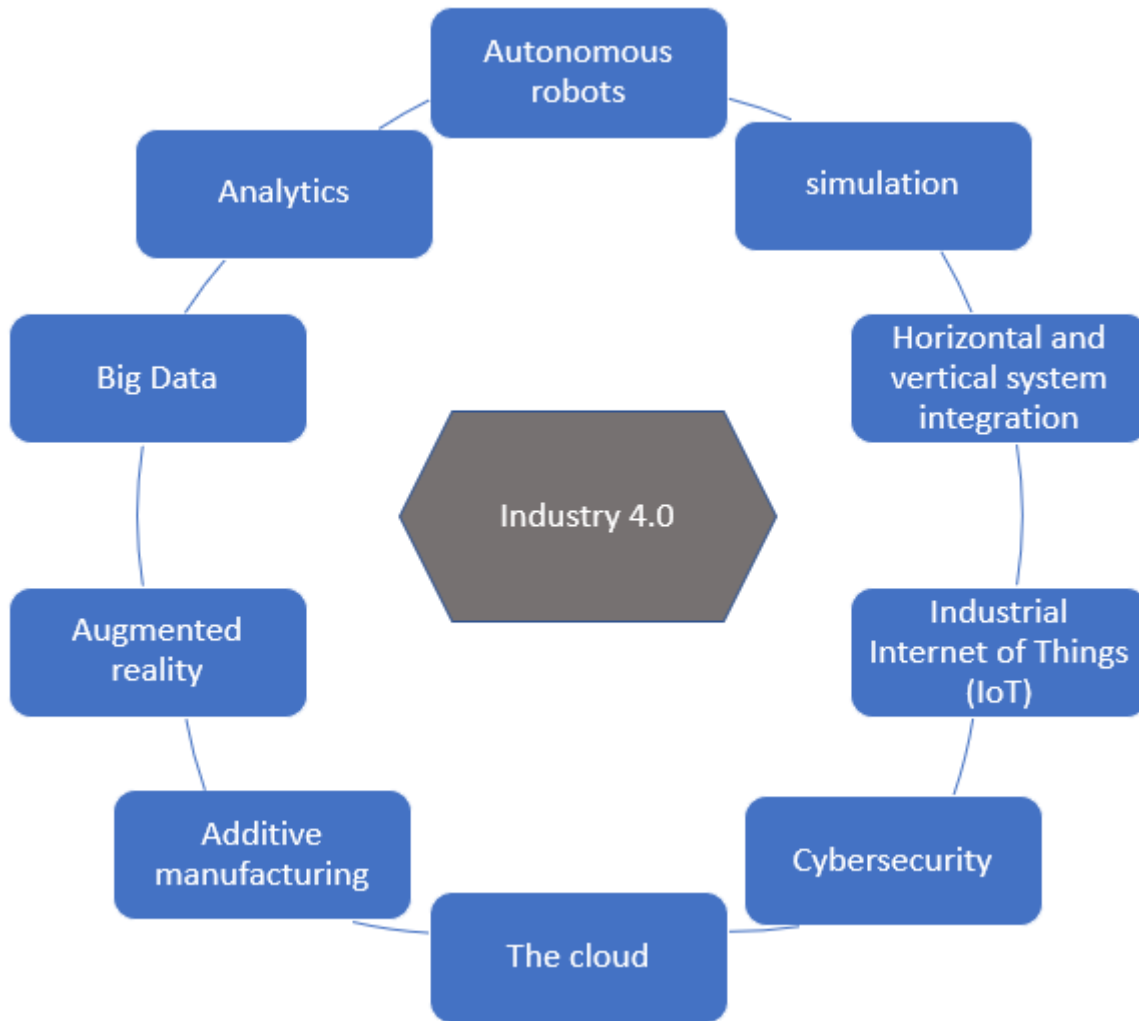


Abbildung 4. Eigene Darstellung, in Anlehnung an Banabic, D. (2016), p. 198.



### 2.1.2. Specific concepts:

**1. Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen.** Durch KI können Computer die menschliche Sprache verstehen, Objekte, Geräusche, Farben und andere externe Reize erkennen sowie Probleme erkennen, planen und lösen. Gartner definiert das intelligente digitale Netzwerk, als die Interaktion zwischen Personen, Geräten, Inhalten und Diensten. Maschinelles Lernen (ML) ist ein Weg, um zur KI zu gelangen. ML beschreibt den Prozess, mit dem ein Computersystem aus den Daten lernen kann, auf die es zugreifen kann, ohne für diese Aufgabe explizit programmiert worden zu sein. Die bekanntesten Anwendungen von ML sind: Schätzung des Wechselkurses von Aktien und Entscheidungen über Transaktionen und Investitionen; Diagnostik in der Medizin; Analyse von Daten, die von Fahrzeugen in der Dynamik erzeugt werden, Identifizierung von Verhaltensmustern zur Rationalisierung des Verkehrs; Ermittlung der Verbraucherpräferenzen und Personalisierung von Werbung und Empfehlungen.

**2. Das Blockchain-Konzept.** Blockchain gewann nach 2009 mit dem Aufkommen von Bitcoin an Popularität. Stuart Haber und W. Scott Stornetta entwickelten das Konzept der Blockchain (Internet der Werte), Daten, die in verketteten Blöcken gespeichert und kryptografisch gesichert sind. Im Jahr 2009 wurde die Blockchain-Technologie zur Lösung für schnelle, sichere und dezentrale Transaktionen. Die Blockchain-Technologie definiert das Konzept der Transaktion neu. Aufgrund der fehlenden zentralen Einheit, die die Informationen bzw. den Wert speichert, verwaltet und besteuert, behält die Technologie nur die Subjekte der Transaktion, den Initiator und den Begünstigten in der Gleichung bei, wodurch die Dritten eliminiert werden. Bei der Blockchain-Technologie fallen keine Transaktionskosten an, sondern nur Infrastrukturkosten. Blockchain definiert das Konzept des Austauschs neu, ohne die Vermittler der Transaktion gibt es nur Absender (Produzent) und Empfänger (Benutzer).

**3. Industrielles Internet der Dinge (IIOT).** Im industriellen Bereich integriert IoT intelligente Maschinen, fortschrittliche Daten und Menschen in ein leistungsstarkes und fließendes Ökosystem.

**4. Virtuelle Realität / VR.** Die VR-Technologie emuliert die Erfahrung der Interaktion mit der Umgebung und bringt sie der bekannten Realität näher. VR ermöglicht es uns, die reale Umgebung zu verlassen und ein wesentlicher Bestandteil der Verwirklichung alternativer Realität zu werden, um mit den Elementen zu interagieren, aus denen sie besteht. Die Technologie schafft eine Realitätsversion, die das Gehirn als real betrachten kann, obwohl sie nicht wirklich existiert.



**5. Augmented Reality (AR).** Die AR-Technologie ähnelt der VR, hat jedoch nicht den gleichen Captive-Effekt. Der Benutzer verliert nicht den Kontakt zur Umgebung. AR baut ausgehend von der realen Umgebung eine alternative Realität auf, die mit computergenerierten Elementen angereichert wird.

**6. Mixed Reality (MR) oder Hybrid** ist eine neuere Technologie als AR und VR, die überwiegend virtuelle Räume schafft, in denen sich reale Objekte und Menschen dynamisch in projizierte Welten integrieren und so neue Umgebungen und Realitäten schaffen, in denen digitale und physische Objekte koexistieren und interagieren .

**7. Industrieroboter und Co-Roboter oder Cobots** (kollaborative Roboter, die gemäß der Spieltheorie erstellt wurden) verfügen über Künstliche Intelligenz (KI), autonome Fähigkeiten zum Erkennen, Entscheiden, Lernen und Anpassen. Sie sind mit Sensoren, Technologien und intelligenten Systemen ausgestattet, die sie mit anderen Ökosystemen verbinden. Aufgrund der Sensoren und Funktionen von Maschinelles Lernen (ML) sind sich die Cobots der Anwesenheit von Menschen, des Grads der Nähe, des Ortes und des Kontexts, in dem sie sich befinden, bewusst.

**8. Fahrerlos.** Die fahrerlose Technologie bietet dem Benutzer ein hohes Maß an Autonomie- das Auto funktioniert völlig autonom.





## **Die Smart Factory ist das Herzstück von Industrie 4.0.**

Ziel ist es, eine autonome Produktion zu schaffen, in der Menschen, Maschinen, Anlagen und Produkte unabhängig voneinander kommunizieren. Die sogenannten cyber-physischen Systeme machen die Produktion flexibler und effizienter und verändern die übliche Struktur einer Prozesskette (5), was letztendlich zur Umsetzung individueller Kundenwünsche zu Kosten führt, die bisher nur in der Massenproduktion möglich waren.

Zum leichteren Verständnis des Unterschieds zwischen Prozesskettenstrukturen in einem klassischen Fertigungssystem und einem für Industrie 4.0 spezifischen System wurden diese in den Abb. 4 gezeigt. In dem klassischen System findet der Produktionsprozess in einem genau definierten Herstellungsfluss zwischen unabhängigen Arbeitszellen statt. Im neuen Industrie 4.0-Konzept sind sowohl Produkte als auch Daten miteinander integriert (Abb.4).

### **Einige Besonderheiten des neuen Fertigungskonzepts sind:**

- eine integrierte Kommunikation über den gesamten Arbeitszyklus (1);
- ein hoher Automatisierungsgrad, der dazu führen wird, dass Arbeiter, die gering qualifizierte Arbeiten ausführen, durch Roboter ersetzt werden (können) (2);
- Erhöhung der Zahl hochqualifizierter Personen für die Überwachung und Verwaltung der Herstellung von Luxusgütern (2);
- ein hohes Maß an Kommunikation zwischen Maschinen (Maschine zu Maschine-M2M) bzw. zwischen Maschine und Mensch (Maschine zu Mensch-M2H) (3);
- Optimierung der gesamten Prozesskette durch Verwendung von Programmen für künstliche Intelligenz in jeder Struktur der Technologiekette





## 2.2. Makerspaces und additive Produktion

Eines der Merkmale von Industrie 4.0 ist der Fokus auf technologisch komplexe Produkte, die von kleinen und kreativen Expertenteams mit transdisziplinärer Ausbildung hergestellt werden. Dabei ermöglicht bspw. der 3D-Drucker eine additive Produktion, die sehr wirtschaftlich ist.

Bei der additiven Produktion werden dreidimensionale Objekte beliebiger Form konstruiert, indem Materialschichten (Kunststoff, Metall usw.) Ebene für Ebene hinzugefügt werden. In der klassischen industriellen Produktion werden Objekte auf subtraktive Weise hergestellt, so dass sie von einer größeren Materialmenge ausgehen, aus der das gewünschte Objekt extrahiert wird.

**Ein Beispiel:** Um eine Holzfigur nach industriellen Methoden herzustellen, gehen wir von einem größeren Stück Holz aus, aus dem die Figur extrahiert wird. Bei der additiven Herstellung kann dieselbe Figur hergestellt werden, indem verschiedene Schichten aus extrudiertem Material (geschmolzen und geformt) mit einem 3D-Drucker hinzugefügt werden.

Die Vorteile der additiven Produktion sind vielfältig und reichen von geringeren Kosten (reduzierter Material- und Arbeitsverbrauch) bis hin zur schnellen Herstellung von Objekten, die für die Wartung komplexer Installationen erforderlich sind. Beispielsweise kann im Falle eines defekten Teils eines Fahrzeugs der Austausch ebendieses vor Ort durch 3D-Druck eines vordefinierten Modells erfolgen. Die additive Produktion kommt sowohl industriellen, aber auch militärischen Anwendungen zugute, bei denen bestimmte notwendige Komponenten vor Ort hergestellt werden können (oder auch müssen).

Makerspaces sind transdisziplinäre Räume, in denen technologisch komplexe Objekte mithilfe von Robotern, 3D-Druckern und Drohnen kreativ und kollaborativ erstellt werden können. Sie sind eine Art Labor der Zukunft, in dem Experten mit transdisziplinärer Ausbildung physikalisch-kybernetische Systeme betreiben oder bauen können. Es muss





hervorgehoben werden, dass eines der Hauptmerkmale von Makerspaces die Transdisziplinarität ist, bei der die Dynamik mehrerer Ebenen der umgebenden Welt gleichzeitig gesteuert wird.

Makerspaces sind für die Implementierung von Industrie 4.0 von wesentlicher Bedeutung, da sie die Bereiche darstellen, in denen neue Produkte und Dienstleistungen auf der Basis fortschrittlicher Technologien und Materialien hergestellt werden. Die Anzahl der Makerspaces ist derzeit gering, aber mit zunehmender Anzahl der Roboter werden sie die klassischen industriellen Montagelinien ersetzen. Makerspaces wird in Zukunft der Hauptraum für die Produktion von Waren und Dienstleistungen mit wirtschaftlichem Wert sein.

Die Sicherung der Makerspaces aus Cyberspace-Sicht ist entscheidend für den Erfolg der Communities, die ihren Wettbewerbsvorteil durch fortschrittliche Technologien ausbauen. Ein potenzieller Angreifer darf Makerspaces nicht nur den physischen Raum, sondern insb. den virtuellen Raum zerstören und schädigen. nicht physisch zerstören. Dabei reicht es aus, die Softwaresysteme zu verändern oder unmerklich die Daten zu extrahieren, die die Ergebnisse der kreativen Arbeit der Experten aus den angegriffenen Makerspaces darstellen. Ohne Forschungs- und Entwicklungskosten kann der Angreifer kostengünstigere Produkte vermarkten, die in seinen Makerspaces hergestellt werden.

**Bildungs-Makerspaces** sind besonders wichtig, weil Kinder schon früh lernen sollten, transdisziplinär zu denken. Um in der zukünftigen Gesellschaft sich einbinden zu können und somit umgangssprachlich „einsetzbar zu sein“, sollten die Kinder von heute lernen, technologisch kreativ zu sein, transdisziplinär zu denken, Computer zu programmieren, kritische Fähigkeiten zu besitzen und Wege zu beherrschen, komplexe Ideen durch digitales Umsetzen auszudrücken.

Zusammenfassend können wir sagen, dass Cybersicherheit und künstliche Intelligenz Schlüsselbereiche für diejenigen sind, die zu den Gewinnern von Industrie 4.0 gehören möchten. Die Sicherung von physischen und Cyber-Systemen, die häufig in Makerspaces betrieben werden, ist ein zentrales Thema in einer Welt, in der Daten und Software zu den wichtigsten wirtschaftlichen Werten werden.







### 2.3. Aufgaben:

**Bitte beantworten Sie die nachfolgenden Aufgaben (Multiple Choice):**

3. Industrie 4.0 wird durch folgendes charakterisiert...

- a) Alle Komponenten funktionieren autonom
- b) keine menschliche Intervention in den Herstellungsprozessen
- c) Interkonnektivität aller Komponenten des Produktionsprozesses
- e) Die Existenz eines High- Performing IT Sektors
- f) Anstieg an benötigten Datensicherheitsdiensten
- g) Digitalisierung

Industrie 4.0 wird durch folgendes charakterisiert...

- Zusammenschaltung aller Komponenten des Produktionsprozesses
- Der "Nichtmenschliche" Eingriffe in den Herstellungsprozess
- Digitalisierung
- Die Existenz eines leistungsstarken IT-Sektors
- Automatisierung aller Komponenten
- Erhöhter Bedarf an Datensicherheit

[Check](#)



#### 4. Welche der folgenden Technologien sind für die 4. Industrielle Revolution maßgebend?

- a) Internet der Dinge (IdD)
- b) Vertikale Systemintegration
- c) Datensicherung
- d) Herstellungsprozesse in geschlossenen Systemen, aufgrund der Datensicherung
- e) Herstellung mit zusätzlichem Material rocessing by adding material
- f) erweiterte Realität
- g) Autonome Roboter

---

Welche der folgenden Technologien sind spezifisch für die vierte industrielle Revolution - Industrie 4.0?

Vertikale Systemintegration

Herstellung von Teilen in geschlossenen Systemen zur Datensicherung sowie Schutz

Erweiterte Realität

Autonome Roboter

Internet of Things (IoT) oder auch Internet der Dinge (IdD)

Verarbeitung durch weiteres Hinzufügen von Materialien

Datensicherheit

Check





### (Weiterführende) Literatur

Bahrin, M. A. K.; Othman, M- F.; Azli, N. H. N.; Talib, M. F. ( 2016): INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. Jurnal Teknologi , Centre for Artificial Intelligence and Robotic, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. Link: [https://www.researchgate.net/profile/Fauzi\\_Othman/publication/304614356\\_Industry\\_40\\_A\\_review\\_on\\_industrial\\_automation\\_and\\_robotic/links/57ac15aa08ae3765c3b7bab8.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fauzi_Othman/publication/304614356_Industry_40_A_review_on_industrial_automation_and_robotic/links/57ac15aa08ae3765c3b7bab8.pdf)

Geisberger E, Broy M (2012) agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. acatech, München.

Kagermann, H.; Wahlster, J. Helbig (2013): Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Ulrike Findelee: Acatech – National Academy of Science and Engineering.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. *et al.* (2014): Industry 4.0. *Bus Inf Syst Eng* **6**, 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

William M. D. (2014): Industrie 4.0 - Smart Manufacturing For The Future. Berlin: Germany Trade & Invest.