

## Industrie 4.0 – Ein Konzept zur digitalen Transformation

Als zentrales Aktionsfeld zukünftiger Aufgaben einer digitalen Wirtschaft und Gesellschaft kann das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 als Hightech-Strategie 2020 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung beschrieben werden. Mittels innovativer Lösungen sollen Herausforderungen der Digitalisierung angegangen und Chancen für die Wertschöpfung und den Wohlstand genutzt werden. Dabei stellen Informations- und Kommunikationstechnologien eine Schlüsselrolle dar, mit denen die Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandortes Deutschland gesichert und erweitert werden kann. Im Folgenden soll erläutert werden, wie der Begriff Industrie 4.0 zu verstehen ist.

### Historischer Hintergrund

Aus der Geschichte der Produktion können verschiedene Phasen industriellen Wandels beschrieben werden, welche durch technologische Umbrüche gekennzeichnet waren. So kann als Auslöser für die 1. Industrielle Revolution die Erfindung der Dampfmaschine genannt werden, deren erster Einsatz Ende des 18. Jahrhunderts zu datieren ist. Durch den Einsatz von Maschinen konnte in zahlreichen Industrien (Textilindustrie, Landwirtschaft, Schifffahrt, Eisenbahn) die Produktivität gesteigert werden. Damit war auch die Grundlage für die 2. industrielle Revolution geschaffen. Durch eine zunehmende Elektrifizierung ab ca. 1871 folgten Erfindungen, wie der elektrische Webstuhl, die Dampfschiffe oder Technologien der Kohle- und Elektroindustrie. Daraus entwickelten sich neue Industrien im Bereich Elektronik, Chemie aber auch Maschinenbau. Eine besondere Bedeutung erhält in diesem Zusammenhang die Automobilindustrie, in der Henry Ford mit dem Model Ford-T den Grundstein für die erste industrielle Fließbandproduktion legte. Damit revolutionierte er die Fertigungsmethode und schuf die Basis für die Massenproduktion, weshalb die 2. Industrielle Revolution als Umwälzung der prozessualen Struktur gesehen werden kann. Mit Unterbrechung durch die beiden Weltkriege wurde der Grundstein für die elektronische Entwicklung durch den ersten Flipflop Schaltkreis 1958 gesetzt. Durch den Einsatz von Elektronik und IT kam es zur Entwicklung und weiteren Automatisierung der Produktion, was als die 3. Industrielle Revolution definiert wird. Daran anschließend beschreibt die Vision der 4. Industriellen Revolution, auch Industrie 4.0 genannt, ein vernetztes und kommunizierendes System auf Basis neuester Internettechnologie, wo nun der Fokus auf der Information liegt. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Elektronik führt zu einer weiteren Automatisierung der Produktion. Die Maschinen-Maschinen-Kommunikation umfasst die gesamte Prozesskette bei der Schaffung individueller Produkte.

### Definition und Merkmale der Industrie 4.0

Eine erste Vorstellung des Begriffs Industrie 4.0 erfolgte für die breite Öffentlichkeit auf der Hannover Messe im Jahr 2011. Dabei gestaltete sich bis heute das Verständnis und die Definition als äußerst facettenreich und heterogen. Grundlegend beschreibt der Begriff einen Paradigmenwechsel, wo auf Grundlage des Internets zunehmend die reale und virtuelle Welt zusammenschmelzen. Zurückzuführen ist der Begriff dabei auf die Gründer Henning Kagermann (Ex-Vorstandssprecher von SAP), Wolf-Dieter Lukas (BMBF-Vertreter) und Wolfgang Wahlster (Chef des DFKI). Gleichzeitig wurde die Plattform Industrie 4.0 aus den Verbänden BITKOM, DVMA und ZVEI gegründet, deren Fokus auf der Erforschung des Phänomens Industrie 4.0 liegt. Diese setzen das Fundament für eine Definition, indem sie die 4. Industrielle Revolution als eine „neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten [beschreiben]. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, der Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen“ (Plattform Industrie 4.0 2015: 8).

In dieser Definition wird deutlich, dass Industrie 4.0 nicht auf einzelne Bereich baut, sondern darauf abzielt die gesamte Wertschöpfungskette, von der Idee, dem Auftrag, der Entwicklung, und Produktion bis hin zur Lieferung in

ihrer Ganzheitlichkeit zu revolutionieren. Außerdem kann die 4. Industrielle Revolution mit folgenden Charakteristiken beschrieben werden:

- Hohes Maß an Produktindividualisierung,
- Hohe flexible und effiziente Produktion,
- Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozessen und
- Starke Verkopplung von hochwertigen Dienstleistungen und Produktion.

## Fünf zentrale Technologien der Industrie 4.0

Als zentrale Technologietreiber der Industrie 4.0 können die Robotik, Künstliche Intelligenz, Cyber-Physical Systems, Big Data und das Semantic Web genannt werden. Diese sind eng miteinander verbunden, denn Fortschritte in einem Bereich beeinflussen direkt bzw. indirekt die Innovationsgeschwindigkeit der anderen Technologien.

Ein *Cyber-Physical System (CPS)* beschreibt die Kombination von Software- und Hardwaresystemen zu einem komplexen und intelligenten Verbund, in dem jedes einzelne physische Objekt eine eigene Identität besitzt. In diesem Zusammenhang kann von Embedded Systems (ES) gesprochen werden, wo Mikrocomputersysteme bei der Durchführung spezieller technischer Anwendungen helfen. Verknüpft man Maschinen/Komponenten bzw. deren Embedded Systems über das Internet, entstehen Cyber-Physical Systems, welche sich aus dem *Internet der Dinge und Dienste, Ubiquitous Computing* und *Cloud Computing* zusammensetzen. Ubiquitous Computing beschreibt die Fähigkeit von Objekten, Daten und Informationen mit entsprechender Mikroelektronik zu verarbeiten bzw. zu versenden. Jedoch werden diese erst durch das *Internet der Dinge und Dienste (IoTS)* kommunikationsfähig. Mit der Vernetzung sämtlicher Alltagsgegenstände, sogenannter Smart Products, werden permanent Daten erzeugt und in einer Cloud gespeichert. Neben Daten werden aber auch IT-Ressourcen über das Internet abrufbar, wodurch alle Nutzer gleichzeitig Zugriff auf Daten und Informationen haben. Damit besteht die Möglichkeit, alle Daten zu erfassen, aufzuschlüsseln, sowie diese in Echtzeit mit Hilfe von Algorithmen auszuwerten und dies für die Produkt- und Prozessanpassung auszunutzen. Darunter zählt das Phänomen *Big Data*, was große digitale Datenmengen hinsichtlich ihrer Analyse, Sammlung, Verwertung, Nutzung aber auch Vermarktung beschreibt. Darauf aufbauend kann das *Cyber-Physical Productionssystem (CPPS)* genannt werden, welches die Produktion dezentral und kontextadaptiv über Unternehmensgrenzen hinweg steuert. Darunter fällt u.a. die *Mensch-Maschine-Interaktion (MMI)* zur Überwachung und Steuerung von Produktionsanlagen. Eine weitere zentrale Komponente der Industrie 4.0 ist die *Robotik*, bei der ein intelligenter Assistent dem Menschen gefährliche, gesundheitliche oder belastende Aufgaben abnimmt. Ergänzt wird dies durch die *künstliche Intelligenz*, wodurch computerbasierende Systeme in die Lage versetzt werden, selbstlernend eigene Produktionslösungsfähigkeiten zu entwickeln.

## Kundenintegration

Durch das oben beschriebene Internet der Dinge und Dienste (IoTS) entsteht die Möglichkeit, dass Maschinen, Produkte und Komponenten Informationen untereinander austauschen, um auf Veränderungen bzw. Aktionen von Maschinen und Menschen zu reagieren und selbst Aktivitäten auszulösen. Dadurch erhält die Wertschöpfung einen völlig neuen Stellenwert. Mit zunehmender Anzahl von Smart Products verändert sich der Stellenwert im Bereich des Service deutlich. Durch die Verbreitung des Internets der Dinge entstehen immer mehr hybride Produkte, bei denen der Service technologisch in das Produkt integriert wird. Somit erfolgt nicht nur eine Trennung von materiellen Produkten und immateriellen Dienstleistungen im Bereich B2B, sondern auch zunehmend im Bereich des B2C. Eine Vernetzung der physischen Objekte (Autos, Hausgeräte, Gebäude usw.) und der neuen internetbasierten Dienstleistungen, wie im Gesundheitswesen (Smart Health), in der Mobilität (Smart Mobility bzw. Smart Logistics), in Geschäftsmodellen (Smart Business) im Wohnumfeld (Smart Home, Smart Building, Smart Grids) oder im städtischen (Smart Cities) sowie im ländlichen Bereich (Smart Rural Areas), aber auch die Wearable Devices sind diesbezüglich Treiber einer veränderten B2C-Landschaft. An diesen Schnittstellen verändern sich herkömmliche Wertschöpfungsketten und es etablieren sich neue Geschäftsmodelle, die stärker auf individuelle und kurzfristige Kundenwünsche zugeschnitten sind. Somit wandelt sich die Mass Customization zur Mass Personalization. Dies geschieht auf der Ebene der industriellen Wertschöpfung, indem Anbieter von ausgelieferten Produkten

komplementäre Dienstleistungen (Smart Service) anbieten. Dieser Trend, bei dem auch zuvor rein produzierende Unternehmen beginnen Serviceleistungen anzubieten, wird mit dem Begriff der Servitization beschrieben. Diese Unternehmen wandeln sich somit vom Produzenten zum Gesamtlösungsanbieter. Damit stehen wir vor einer systematischen Geschäftsmodellinnovation, bei der die Rolle des Plattformbusiness eine zentrale Rolle erhält. Wie dies im einzelnen Fall aussehen kann, soll im Folgenden an fünf verschiedenen Beispielen beschrieben werden.

- 1.) Mit dem Begriff des *Smart Home* wird die Vernetzung von Haustechnik und Haushaltsgeräten beschrieben, die zur Erhöhung von Lebensqualität, effizienter Energieverbrauchskontrolle und Sicherheit beitragen. Neben Haushaltsgeräten wie Lampen, Heizung, Kühlschrank, Zahnbürste und Waschmaschine ist eine zunehmende Vernetzung der Unterhaltungselektronik feststellbar. Mit einer Anwesenheitssimulation werden bspw. potenzielle Einbrecher abgeschreckt und somit die Sicherheit in den eigenen vier Wänden erhöht. Simuliert wird dabei bspw. das Einschalten der Beleuchtung oder das Steuern der Rollläden. Auch die Vernetzung von Küchengeräten, wie dem Wasserkocher oder Kühlschrank liefern einen Beitrag zum "intelligenten" Ausbau des Wohnbereichs. So hat die Firma iKettle einen Wasserkocher entwickelt, der sich per App steuern lässt. In Zukunft soll ein smarterer Kühlschrank dem Besitzer den Einkauf abnehmen und diesen informieren, wenn Lebensmittel zur Neige gehen oder abgelaufen sind.  
Einhergehend mit Technologien im Smart Home-Bereich kann auch auf *Smart Meter*, der intelligenten Stromzähler, verwiesen werden. Hiermit soll die Digitalisierung und Transformation der Energiewende vorangetrieben werden. Damit kann der Stromverbrauch im privaten Haushalt an die schwankende Energieerzeugung über Windräder und Photovoltaik-Anlagen angepasst werden. Außerdem hat der Nutzer genaue Kontrolle über seinen Stromverbrauch und seitens der Energieträger kann in Echtzeit eine Fernablesung vollzogen werden.
- 2.) Mit der digitalen Transformation im städtischen Bereich, den *Smart Cities*, wird der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) eng mit der Verbesserung städtischer Funktionen und Dienstleistungen verknüpft. Dazu zählt bspw. die Vernetzung und intelligente Steuerung städtischer Systeme wie Ladesäulen für E-Autos, Müllcontainer und Straßenlaternen oder Verwaltungsapparate. In Wien können Fahrgäste der öffentlichen Verkehrsbetriebe mittels App in Echtzeit abrufen, wo sich Straßenbahnen und Busse befinden bzw. wie viele Fahrräder an Leihstationen ausleihbar sind. Damit kann die Entscheidung für Passanten leichter fallen, auf das Fahrrad, den Bus oder die Bahn umzusteigen. Auch in Amsterdam wurde auf Grund des großen Parkplatzmangels im Stadtzentrum die Plattform Mobypark entwickelt, welche freie Kapazitäten von u.a. Privatparkplätzen, Hotels oder Parkhäusern auflistet. Außerdem können darüber Eigentümer von Parkflächen nicht besetzte Parkplätze über diese Plattform anbieten. Um die Mobilität in Städten zu steigern, werden in Newcastle die Ampelschaltungen mit Verkehrsinformationen ausgestattet. So kommuniziert das Fahrzeug direkt mit der amtlichen Verkehrskontrolle. Dies ermöglicht einen reibungslosen Verkehrsfluss und die Übermittlung von Verkehrsmeldungen in Echtzeit an das Navigationssystem. Ergänzt wird dies durch das Projekt Compass4d, ein Warnsystem, was Fahrer auf Gefahrenstellen wie Unfälle und Staus oder Verkehrsregelmissbrauch hinweist (*Smart Mobility*).
- 3.) Im *Gesundheitswesen* sorgte die Digitalisierung für einen grundlegenden Umbruch, denn eine bezahlbare und leistungsfähige Gesundheitsversorgung wird immer wichtiger. Dabei werden mittels Implementierung moderner IT-Werkzeuge Prozesse in Krankenhäusern und Arztpraxen beschleunigt, sowie die Entwicklung der Medizintechnik vorangetrieben. Elektronische Patientenakten, visualisierte Untersuchungsmethoden via Smartphone oder Tablet, sowie Ferndiagnosen über Telemedizin treiben die digitale Transformation im Gesundheitswesen voran. So kann bspw. über das Smartphone eine Echtzeit-Übertragung zum Facharzt erfolgen und die *Smart Health* Anwendung schlägt einen Behandlungstermin vor. Somit kann eine frühzeitige Behandlung ermöglicht oder auch Doppeluntersuchungen vermieden werden. Auch im privaten Bereich führen smarte Lösungen zur Überwachung des Gesundheitszustandes in Echtzeit. Darunter zählen bspw. Waerables von Fitbit, Apple oder Samsung, welche die Herzfrequenz, den zurückgelegten Schritten, Kalorienverbrauch oder Schlafrhythmus messen können.
- 4.) Die digitale Transformation bietet auch eine Chance für die intelligente Steuerung und Optimierung der Komplexität von Lieferketten. Durch den Einsatz von Smarten Technologien (bspw. RFID, Laserscanner oder Infrarotsensor) in der *Transportlogistik* verändert sich

die gesamte Supply Chain. In der Praxis verringern dynamische Routenplanung und Echtzeit-Verkehrsdaten sowohl den CO<sub>2</sub>-Ausstoß als auch die Fahrkosten. Für eine verbesserte Distributionsplanung werden hierfür Logistikketten, Ressourceneinsatz und Informationsflüsse mittels smarten Technologien zeitlich optimiert und gesteuert. Mit *Smart Logistic* werden Daten zu Auslastung der Maschinen, Materialfluss aber auch dem Lagersystem und Ressourcenverbrauch gesammelt und in den Planungsprozess integriert. Damit wirkt der Informationsfluss ständig auf die laufende Produktion ein. Eine effiziente Lösung bieten hierfür Kardex Remstar und Servus Intralogistics in Form von autonom fahrenden Transportrobotern oder smarten Lagersystemen.

- 5.) Auch im industriellen Bereich ist ein Paradigmenwechsel in der digitalen Transformation erkennbar. Mit *Smart Factory* werden intelligente Produktionssysteme beschrieben, in der die Produktion vollständig mit Sensoren ausgestattet wird, wodurch diese adaptiv und flexibel wird. Somit kann sie als Netzwerk von intelligenten Objekten beschrieben werden, bei der smarte Maschinen, Menschen und Ressourcen untereinander Informationen austauschen, was eine ganzheitliche kundenindividuelle, auftragsgetriebene Produktion ermöglicht. Eine erste Umsetzung der Smart Factory zeigt Audi in Ingolstadt. So können Mitarbeiter im Vorseriencenter mittels einem Augmented Reality Tool präzise eine Automobilkonstruktion mittels 3D-Komponenten entwickeln. Im Bereich des Werkzeugbaus stellt ein 3D-Drucker komplexe Metallteile her und ein Roboter reicht Bauteile taktgenau und in ergonomisch angenehmer Position an Mitarbeiter. Mit dieser flexiblen Fertigungsmethode kann Audi seinen Kunden immer individuellere, vielfältigere Produkte anbieten.

Diese oben kurz erläuterten Beispiele zeigen einen Ausschnitt der Vielfältigkeit im B2C-Bereich und liefern einen Hinweis auf die Mass Personalization und Servitization. Die Industrie 4.0 verändert die Unternehmenslandschaft ganzheitlich, dabei weisen verschiedene Bereiche Smarte Technologien auf, die eine Kundenintegration in Unternehmensprozesse ermöglichen. Hierfür bilden Unternehmen eigene Plattformen des Wirtschaftens und verstärken damit eine individuellere Implementierung der Kundenwünsche in den ganzheitlichen Prozess der Produktentstehung.