

## Industrie 4.0

Unter dem in Deutschland geprägten Begriff Industrie 4.0 (I 4.0) versteht man jenen Teil des für die Zukunft erwarteten „Internet of Everything“, der sich im Kern mit einer durchgängigen Datenvernetzung von Produktion/Fertigung und Logistik befasst und langfristig zu einer Informatisierung der gesamten Wertschöpfungskette führen soll. Zentrale Leitgedanken hierbei sind z.B., dass der Kunde künftig in Echtzeit Einfluss auf die Gestaltung seines Produktes nehmen können soll, dass die Produktion von Gütern dezentral bzw. lokal beim Kunden stattfindet, dass die Logistik optimal verzahnt sein wird und dass der gesamte Lebensweg des Produktes von den Ausgangswerkstoffen bis hin zur Wiederverwertung bzw. Deponierung verfolgt und dokumentiert werden kann. Charakteristisch für I 4.0 wird die Abkehr von der Massenproduktion weniger Standardgüter zugunsten der Einzelstück- oder Kleinserienproduktion exakt nach Kundenwunsch sein.

Grundideen und Vorläuferkonzepte zu I 4.0 gibt es bereits seit den frühen 1980er Jahren, z.B. unter der Bezeichnung „Computer Integrated Manufacturing“, später dann „Intelligente Fabrik“, „Intelligente Produktion“ oder „Intelligente Lieferketten“. Dazu soll jetzt die verbreitete Anwendung von Internettechnologien zur Kommunikation zwischen Menschen, Maschinen und Produkten kommen. Als wichtigste technologische Treiber werden die Umstellung des Internetprotokolls von Version 4 auf 6 mit ca.  $340 \times 10^{36}$  (statt zuvor ca.  $4 \times 10^9$ ) möglichen Einzeladressen für vernetzte Objekte sowie die Fortschritte in der mobilen Kommunikation und beim sogenannten 3D-Druck gesehen.

Die technologische Basis der I 4.0 ist das **Internet der Dinge**, über das informationstechnisch zunehmend alle Objekte untereinander sowie mit den Menschen verbunden werden. Auf diese Weise wird eine virtuelle Parallelwelt erschaffen, in der Kommunikation und Datenaustausch keinen Zeitverlust mehr bedingten, mögliche Optionen und Alternativen in kürzester Zeit simuliert und bewertet und somit alle fertigungsrelevanten Prozesse in der realen

Welt kontinuierlich angepasst und permanent optimiert werden können.

Eine Teilmenge des Internets der Dinge sind sogenannte **Cyber-Physische Systeme (CPS)**. Diese stellen jeweils einen Verbund aus informatischen Komponenten mit mechanischen und elektronischen Systemen dar, die miteinander kommunizieren. Dabei kontrolliert und steuert die informatische Komponente einerseits die physischen Teile des Systems, andererseits steht sie mit der informatischen Überstruktur des Produktionsprozesses, z.B. dem Produktplanungs- und Produktsteuerungssystem, im permanenten Abgleich. Die hierfür benötigte Automatisierungstechnik wird durch die Einführung von Methoden wie Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration, Selbstdiagnose und die maschinenseitige intelligente Unterstützung der Werker in ihrer immer komplexer werdenden Arbeitswelt zunehmend verbessert.

Zur Erleichterung der Umsetzung der I 4.0 wurden sechs Design-Prinzipien definiert: **Interoperabilität**, Virtualisierung, Dezentralisation, Echtzeitfähigkeit, Serviceorientierung und Modularität. Interoperabilität beschreibt die benötigte Fähigkeit von Menschen, CPS und intelligenter Fabrik, sich untereinander zu verbinden und über das Internet (der Dinge) miteinander zu kommunizieren. Unter **Virtualisierung** wird der Prozess verstanden, die intelligente Fabrik und alle ihre Prozesse in virtuellen Fabrik- und Simulationsmodellen abzubilden, um dort die Prozesse anhand von Sensordaten aus der realen Welt permanent zu optimieren. Kern des Prinzips **Dezentralisation** ist es im ersten Schritt, den CPS innerhalb einer intelligenten Fabrik in Bezug auf Logistik und Produktion größtmögliche Autonomie zu gewähren, um der massenweisen Fertigung von Einzelstücken („kundenindividuelle Massenproduktion“) besser gerecht werden zu können. Im zweiten Schritt sollen CPS auch geographisch weit verteilt an unterschiedlichen Standorten möglichst unabhängig voneinander produzieren können, dabei jedoch über das Internet zu einer virtuellen intelligenten Fabrik zusammengefasst sein.

Ähnliches gilt für die **Echtzeitfähigkeit**: Im ersten Schritt soll dadurch die Möglichkeit gegeben werden, alle relevanten Daten der Produktions- und Logistikprozesse in der intelligenten Fabrik verzögerungsfrei zu sammeln, zu analysieren und zu bewerten. Im zweiten Schritt soll hierbei später der Kunde eingebunden werden, der dann seine Wünsche zu seinem Produkt „online“ in den Produktionsprozess einbringen kann. Die **Serviceorientierung** bezieht sich einerseits auf den klassischen Begriff „Kundenorientierung“, wobei hier als Kunde sowohl ein CPS, ein Werker in einer intelligenten Fabrik oder auch diese selbst gemeint sein kann. Andererseits bezieht sie sich auf die Nutzung des „Internet of Services“, welches unterschiedlichste Dienstleistungen einschließlich Informationsbeschaffung und -aufbereitung bietet. Die **Modularität** soll gewährleisten, dass sich die intelligente Fabrik jederzeit und kurzfristig durch Hinzufügen oder Wegnahme einzelner Module oder ganzer CPS an sich ändernde Anforderungen anpassen kann.

Damit sich das letztlich politisch getriebene Konzept I 4.0 weiterentwickeln kann und umsetzen lässt, muss noch eine Reihe von **Herausforderungen** überwunden werden. Zu den wichtigsten zählen IT-Sicherheit, Schutz geistigen Eigentums sowie Zuverlässigkeit und Stabilität der vielen benötigten Kommunikationswege. Auch die Unversehrtheit und Vollständigkeit des Produktionsprozesses sind in einem von Echtzeit geprägten Produktionskontext allein aus logistischen Gründen bislang kaum zu garantieren. Bei allen Fortschritten in der Kommunikationstechnik müssen physische Objekte wie Halbzeuge oder Vorprodukte immer noch transportiert werden. Darüber hinaus fordert eine konsequente Umsetzung des I 4.0-Paradigmas speziell qualifizierte Mitarbeiter in allen unternehmerischen Bereichen. So ist insgesamt mit einer durchgängigen Umstrukturierung der Industrie in Richtung I 4.0, wie sie von der Bundesregierung visioniert wurde, allenfalls langfristig zu rechnen. Allerdings formen einzelne Aspekte wie immer stärkere Vernetzung, CPS oder das 3D-Drucken bereits heute viele Industriezweige nachhaltig um.

**Stefan Reschke**