

## 1. Eine kurze Vorgeschichte

Manche Experten behaupten, früher sei die Welt noch einfach gewesen. Mit „früher“ ist vor allem „vor der Erfindung der Informationstechnik“ gemeint. Wir sehen das nicht so, die Welt war nur anders. Zum Beispiel in der Industrie: Da gab es Fabriken, in denen Menschen Maschinen bedienten, um Produkte herzustellen. Irgendwo im Büro saß ein Ingenieur, der an einem Computer die Steuerungsprogramme für die Maschinen entwarf und dafür Lochkarten stanzte. Die Maschinen, die diesen Programmen folgten, hießen NC-Maschinen, NC von „Numeric Control“, zahlengesteuert. In diesen Fabriken gaben Produktionstechniker den Ton an, Informatiker brauchte man noch nicht so dringend, wenn es sie denn überhaupt schon gab, denn die Maschinen sollten Teile herstellen. IT-technische Vernetzung beeinträchtigte die Fertigung in den Augen der Ingenieure nur. Auch die Maschinenprogramme konnten noch von „normalen“ Technikern und Ingenieuren geschrieben werden.

Das begann sich zu ändern, als die ersten Programme zur Produktionsplanung und -steuerung entstanden, die zunächst größere Anlagen und Produktionsbereiche („Werkstätten“), später dann ganze Fabriken mit Computerunterstützung planen und steuern sollten. Mit der verbesserten Leistungsfähigkeit von Computern erweiterten sich auch deren Einsatzmöglichkeiten in der industriellen Produktion, bis hin zur Vision einer computerintegrierten Fabrik. Das Schlagwort hieß CIM (Computer Integrated Manufacturing) und erwies sich faktisch eher als Vision. Informations- und Kommunikationstechnik waren noch nicht so weit, um komplexe Abläufe komplett abbilden oder gar zuverlässig steuern zu können. Die Informationswelt und die materielle Welt waren noch deutlich getrennt. Stichwort „materiell“: Tatsächlich erwiesen sich Material- und Kapazitätswirtschaft häufig als Schwachpunkt: Die Systeme meldeten Material oder Maschinen als verfügbar und planten es für die Produktion ein, das physisch gar nicht vorhanden oder bereit war. Die

Produktion stand. Terminjäger waren auf der Suche nach Material, und die Meister mussten sich in der Werkstatt davon überzeugen, dass eine Maschine gerade wegen einer Wartung nicht zur Verfügung stand. Um solche teuren Ausfälle zu vermeiden, planten die Systeme große Puffer – und die Werksleitung legte klammheimlich noch größere Zwischenlager an. Die Lager und Flächen füllten sich, neben den Fabriken wuchsen Bestände von Rohmaterial und Halbfertigteilen. Und wegen des gebundenen Kapitals kosteten sie Geld, manchmal sehr viel Geld.

Um eine lange Geschichte abzukürzen: Die Dinge haben sich seither in verschiedenen Schüben komplett gewandelt. Erst kam aus Japan die schlanke Produktion und mit ihr die Prinzipien der bestandsarmen Kanban-Fertigung. Und nun Industrie 4.0 – eine deutsche Erfindung. Wurde die Informationstechnik in der Fabrik lange von produktionstechnischen Entwicklungen getrieben, haben sich die Dinge heute in ihr Gegenteil verkehrt. Immer wieder kommen in der informationstechnischen Welt Themen auf, die in der Produktion für hektisches Treiben sorgen. Vom digitalen Zwilling bis zu Plattform-Ökonomie und „Manufacturing-as-a-Service“ – die IT gibt den Innovationstakt vor, die Produktion muss sich den Technologien stellen.

Man könnte die provokante Frage stellen, wer in der Fabrik des 21. Jahrhunderts die Lufthoheit hat, Produktionstechnik oder Informatik? Wir weichen dieser Frage einstweilen aus und stellen fest, dass die Welten zusammengewachsen sind. Das ist genauso wahr – und unverfänglich – wie die Beobachtung, dass Ingenieure und Informatiker in der Produktion der Zukunft Hand in Hand arbeiten und eine gemeinsame Sprache sprechen müssen. Genau darum geht es in diesem Buch: Um die gemeinsame Sprache, das gemeinsame Verständnis, *was* in einer Fabrik passiert und *wie* es passiert. Es ist deshalb kein Zufall, dass Informatiker und Ingenieure gemeinsam an dieser Geschichte gearbeitet haben und sie auch zukünftig gemeinsam fortschreiben.

Soweit die Vorgeschichte, springen wir hinein in die Gegenwart. Und in die Zukunft.

## **Gegenwart und Zukunft**

Man kann sich der Zukunft nähern, indem man als Ausgangspunkt zum einen das Internet und zum anderen das Cloud Computing betrachtet. Die systematische Nutzung des Internets und der Internet-Technologien zur Vernetzung der Produktionsmittel und der Produkte ist der technologische Treiber für die 4. Industrielle Revolution und damit Industrie 4.0. Das Aufkommen und der Erfolg des Cloud Computing und die dort herrschende Marktdominanz von US-amerikanischen und asiatischen Herstellern führte zu der Idee einer spezifisch europäischen Ausprägung: dieses Projekt heißt GAIA-X. Es ist der Hoffnungsträger für die Cloud in industriellen (B2B-) Anwendungen – genauer gesagt eine europäische Initiative für datensouveräne IT-Infrastrukturen – mitsamt den Datenräumen, die man dafür benötigt.

Diese grundlegende Infrastruktur ist erforderlich, um auf ihrer Basis neue Anwendungen für die Industrie zu realisieren. Dazu gehört es, IT-Services zu entwickeln und zu verwalten, Produkt- und Produktionsdaten zu schützen und ihren Austausch möglich zu machen sowie einige andere Einzelthemen (der Informatik) mehr.

Parallel zu diesen Überlegungen kommen die Produktionstechniker ins Spiel, indem sie die Anforderungen der Produktion formulieren und daraus neue Anwendungen ableiten. Eine dieser Anforderung heißt, dass Fabriken in Zukunft modular, selbst-konfigurierend und selbstorganisierend sein sollen – ein alter Traum der Fabrikbetriebslehre. Modularität setzt voraus, dass Produktionsanlagen weniger spezialisiert, sondern eher universell einsetzbar sind. Und dass Fertigungsaufgaben durch die Kombination universeller Module bearbeitet werden. Ändert sich die Aufgabe, lassen sich die Module neu kombinieren und konfigurieren. Besser noch, sie konfigurieren

sich selbst. Diese Anlagen werden dann für die jeweilige Produktionsaufgabe zusammengebaut. Ist die Aufgabe erledigt, baut man die modulare Fabrik wieder auseinander und setzt die Komponenten für die nächste Aufgabe wieder neu zusammen. Da sie universell verwendbar sind, ist so etwas grundsätzlich möglich. Wie gesagt: Diese Vision ist nicht ganz neu, die Möglichkeiten der Realisierung dagegen schon – und zwar durch (neue) Technologien der IT und der Kommunikationstechnik, die auf die Belange der Produktion angepasst sind. Das ist der Unterschied zu früher.

Ein modulares Produktionsparadigma passt insofern in die Zeit, als die Variantenvielfalt von Produkten kontinuierlich steigt, die Lebenszyklen aber immer kürzer werden. Produktionsanlagen sind mehrheitlich noch immer so ausgelegt, dass sie große Stückzahlen zu günstigen Stückkosten herstellen können. „Economies of Scale“ ist noch immer das führende Paradigma im Maschinenbau. Dafür sind solche Anlagen mit hohen Investitionen und damit verbundenen Fixkosten (für Abschreibungen, mit einer Dauer bis zu 15 Jahren) verbunden. Umrüstungen oder gar ein Umbau sind langwierig, schwierig und teuer.

Bereits heute ist die Forderung nach mehr Universalität teilweise erfüllt – nämlich bei Industrierobotern: Sie dienen als universelle Manipulatoren, handhaben Material, setzen Kleberauppen oder führen andere Bearbeitungen aus. Ein weiteres Beispiel sind Fahrerlose Transportsysteme (FTS). Diese befördern Rohmaterial, Werkstücke oder montierte Zwischenprodukte gleichermaßen und bringen sie selbstständig an den Ort der nächsten Bearbeitung. Ein solches Ökosystem basiert eben auf den bereits kurz gestreiften Datenräumen, damit ein Informationsaustausch zwischen den Modulen stattfinden kann.

Denkt man über die Fabrik im engeren Sinne hinaus, muss es künftig möglich sein, verteilte Produktionsnetzwerke auf diese Weise zu konfigurieren und zu steuern. Die Frage, ob das denn überhaupt nötig sei, lässt sich mit dem Verweis auf die Bedeutung der