

Siegfried Russwurm

Zusammenfassung

Um zukunftsfähig zu bleiben, müssen Industrieunternehmen mehr denn je ihre Produktivität steigern, energie- und ressourceneffizienter arbeiten und ihre Flexibilität erhöhen. Nur so können sie gleichzeitig Kosten senken, Markteinführungszeiten reduzieren und die steigende Nachfrage nach höherer Produktvielfalt und Produktindividualisierung befriedigen. Das erfordert ständig effizientere Produktions- und Geschäftsprozesse – um eine hoch flexible Großserienfertigung („Mass Customization“) zu ermöglichen, um Kunden und Geschäftspartner optimal in immer komplexere Wertschöpfungsnetzwerke zu integrieren und um die Produktion noch stärker mit hochwertigen Dienstleistungen zu verbinden.

Nach Jahrzehnten der Optimierung bewährter Fertigungsprozesse steht die produzierende Industrie vor einem Paradigmenwechsel: Die zunehmende Verschmelzung von virtueller und realer Fertigungswelt durch modernste industrielle IT und Software wird die Art zu produzieren grundlegend verändern. Daran besteht genauso wenig Zweifel wie an der Tatsache, dass die Entwicklung und der intelligente Einsatz von leistungstarker industrieller Software zum bestimmenden Faktor für die Fertigungs- und Prozessindustrie werden wird. In vielen Bereichen ist das bereits heute der Fall.

Die Zukunft einer Branche und eines einzelnen Unternehmens entscheidet sich also immer weniger allein in den Werkshallen. Vielmehr wird auch die Leistung der Softwareingenieure maßgeblich sein, deren Systeme es erst ermöglichen, sämtliche Produktionsschritte miteinander wie auch mit betriebswirtschaftlichen Ebenen und mit allen Wertschöpfungsstufen außerhalb des eigenen Unternehmens zu verknüpfen. Die zunehmende Verschmelzung der virtuellen und realen Welt durch industrielle Software

S. Russwurm (✉)

Mitglied des Vorstands und CEO Sektor Industry, Siemens AG, Werner-von-Siemens-Str. 50,
91052 Erlangen, Deutschland

E-Mail: siegfried.russwurm@siemens.com

birgt ein derart großes Produktivitätspotenzial, dass zukunftsorientierte Produktionsbetriebe diesem Thema oberste Priorität geben werden.

2.1 Herausforderung für die Industrie im globalen Wettbewerb

Lange Zeit war die Welt der Industrie recht übersichtlich strukturiert: Hochtechnologie wurde vor allem in westlichen Ländern entwickelt und gefertigt. Und einfache Massenprodukte – auch für die westliche Welt – entstanden zu einem großen Teil in Niedriglohnländern, vor allem in Asien. Die Innovationszyklen für technisch anspruchsvolle Produkte waren planbar, die Absatzmärkte und deren Entwicklung weitgehend vorhersehbar, der Individualisierungsgrad bei Serienprodukten vergleichsweise gering. Das Prinzip der Economies of Scale (Kostenvorteile in der Produktion durch Größe und Masse) hatte sich genauso bewährt wie das der Economies of Scope (Kostensynergien durch breites Produktportfolio). Aufträge mit kleinsten Losgrößen übernahmen in vielen Fällen spezialisierte kleine und mittlere Unternehmen.

Es war eine Zeit, in der Produktivitätsgewinne vor allem durch die Optimierung bestehender Prozesse erzielt wurden, durch einen höheren Automatisierungsgrad in der Fertigung, durch besseres Design, Senkung der Lohnkosten oder etwa eine Verbesserung des Supply Chain Managements. Mit fortschreitender Globalisierung, zunehmender Ressourcenknappheit, steigenden Energiepreisen und gravierenden Technologiesprüngen hat sich diese Situation inzwischen fundamental verändert. Das Volumen des weltweiten Außenhandels ist in den vergangenen 60 Jahren um mehr als das Zwanzigfache gestiegen. Einerseits profitieren Industrieunternehmen davon, denn sie erhalten Zugang zu größeren Absatzmärkten. Andererseits hat sich dadurch der Wettbewerb aber auch erheblich verschärft. Unternehmen müssen immer günstiger, schneller und qualitativ hochwertiger fertigen und vorausschauender agieren. Ihre Wertschöpfungsketten verlaufen heute über Standort- und Unternehmensgrenzen hinweg, aber auch über Ländergrenzen und sogar Zeitzonen. Das Wettbewerbsumfeld hat sich für sie also signifikant verändert, und die Komplexität von Geschäftsmodellen steigt täglich.

Deutlich ist das zum Beispiel bei der Automobilindustrie: Der Wertschöpfungsanteil eines Autoherstellers beträgt im Produktionsbereich derzeit durchschnittlich rund 35 %. Nach einer Studie der Unternehmensberatung Oliver Wyman und des Verbands der Automobilindustrie (VDA) wird er bis zum Jahr 2025 um knapp ein Fünftel auf dann 29 % sinken. Der F&E-Wertschöpfungsanteil wird sich sogar von heute 60 auf dann 47 % reduzieren, der von Engineering-Dienstleistern sich hingegen von 9 auf 17 % fast verdoppeln. Die Zusammenarbeit der Partner innerhalb einer Wertschöpfungskette unterliegt somit einem deutlichen Wandel. Aber auch die Strukturen der Wertschöpfungsketten selbst verändern sich. Handelt es sich bei diesen derzeit überwiegend um eine vertikale Integration über die einzelnen Zulieferstufen hinweg, gestalten sich diese vertikalen Ketten zunehmend zu Wertschöpfungsnetzwerken, die auch die horizontale Integration entlang der Geschäftsprozesse Engineering, Produktion, Montage, Distribution, Sales und Service beinhaltet. In ihnen werden über die Grenzen einzelner Unternehmen hinweg Daten ausgetauscht und

Optimierungspotenziale realisiert. Und es ist absehbar, dass vermehrt auch Endkunden noch stärker und direkter in Design und Engineering eingebunden werden. Das Management der Wertschöpfungsstufen wird also sowohl quantitativ als auch qualitativ immer anspruchsvoller und komplexer.

Eine weitere Herausforderung ist der Anstieg der Produktvielfalt. So kann der Käufer eines Ford Pickup F150 in den USA heute aus 16 Ausstattungsdetails wählen, um sein persönliches Modell zusammenzustellen. Rechnerisch ergibt das 654 Billionen unterschiedliche Ford-F150-Kombinationen. Zu dieser Produktvielfalt kommt eine zunehmende Modellvielfalt. Produzierten deutsche Premium-Fahrzeughersteller Anfang der 1990er Jahre parallel jeweils sieben bis acht verschiedene Modelle, so hat sich diese Zahl inzwischen mehr als verdreifacht: Allein Audi, BMW und Mercedes boten im Jahr 2012 in Deutschland insgesamt 66 Modelle an. Und der Volkswagen-Konzern fertigt an seinen weltweit 100 Standorten rund 280 verschiedene Modelle. In Deutschland wird es nach Prognosen des Duisburger Forschungszentrums CAR im Jahr 2015 beachtliche 415 Modellreihen geben – knapp 200 mehr als im Jahr 1995. Gleichzeitig ist der durchschnittliche Lebenszyklus eines Fahrzeugmodells seit Anfang des Jahrtausends um fast die Hälfte gesunken – von acht auf rund vier Jahre. Während VW zum Beispiel den Golf 1 von 1974 bis einschließlich 1983 zehn Jahre lang produzierte, wurde der Golf VI im Jahr 2012 bereits nach gut fünf Jahren Laufzeit vom Golf VII ersetzt. Und branchenweit hat sich die Entwicklungszeit – vom Design Freeze bis zum Produktionsstart – um ein Drittel reduziert.

Ähnliche Entwicklungen gibt es auch in anderen Branchen: Der chinesische Computerhersteller Lenovo etwa ersetzt seine Smartphones im Durchschnitt nach 3,5 Monaten durch ein neues Modell und brachte zum Beispiel im Jahr 2012 in China 42 unterschiedliche Modelle in die Läden. Beim Konsumgüterkonzern Henkel sind 42 % aller Waschmittelprodukte jünger als drei Jahre. Zudem verkauft das Unternehmen parallel insgesamt 37 verschiedene Sorten seiner Marken Persil, Perwoll, Spree und Weißer Riese – nicht zuletzt, um in den Läden wertvolle Regalflächen zu belegen, die dann den Wettbewerbern fehlen. Zunehmende Produktvielfalt und kürzere Innovationszyklen sind wirtschaftlich gesehen in allen Branchen zunehmend unverzichtbar – treiben aber auch die Kosten und erhöhen die Komplexität von unternehmensinternen Strukturen und Prozessen.

Begleitet werden diese gravierenden Veränderungen – höherer Kostendruck (verbunden mit der Notwendigkeit zu höherer Energie- und Ressourceneffizienz), schärferer Wettbewerb, komplexere Wertschöpfungsnetzwerke, mehr Produktvielfalt, kürzere Innovationszyklen und Markteinführungszeiten – durch eine gesellschaftliche und volkswirtschaftliche Trendwende: Nachdem viele Regierungen in den vergangenen 15 Jahren stark auf den tertiären Dienstleistungssektor gesetzt hatten, erkennen Politiker und Unternehmen nach dem Platzen der New-Economy-Blase und nach der Finanzkrise, dass eine starke industrielle Basis zuverlässiger für wirtschaftliche Stabilität, Arbeitsplätze, Wachstum, Wohlstand und sozialen Frieden sorgt als der Dienstleistungssektor. In der Folge werden weltweit milliardenschwere Förderprogramme für den Fertigungssektor aufgelegt, und viele westliche Unternehmen holen ihre Produktion zurück ins Land.

Begünstigt wird dieses Comeback der Industrie durch eine zunehmende globale Nivellierung des Lohnkostenniveaus. So sind die Löhne in China laut Boston Consulting zuletzt

um durchschnittlich 19 % pro Jahr gestiegen. Dadurch liegen die Produktionskosten zum Beispiel in manchen Regionen der USA nur noch um 7 % höher – betriebswirtschaftliche Faktoren wie kürzere Transportwege, Zollformalitäten, Qualitätssicherung nicht berücksichtigt. Insgesamt sind die Lohnkostenanteile zudem aufgrund der zunehmenden Automatisierung vor allem bei höherwertigen Gütern derart gesunken, dass sie gemessen am Wert des Gesamtprodukts eine immer geringere Rolle spielen.

Das gilt prinzipiell auch bei technologisch weniger anspruchsvollen Gütern, die gemessen an ihrem Volumen oder Gewicht einen geringeren Wert als Hightech-Produkte besitzen. Da hier jedoch die Transportkostenanteile eine vergleichsweise große Rolle spielen, sind die Hersteller solcher Waren bemüht, ihre Produktionsstätten in der Nähe ihrer Absatzmärkte aufzubauen – was zu einer Dezentralisierung der Produktion und damit zu zusätzlicher Komplexität führt. Beispielsweise beliefert der dänische Spielzeughersteller Lego den nordamerikanischen Markt über sein mexikanisches Werk. Für den boomenden asiatischen Markt errichtet Lego hingegen bis zum Jahr 2017 eine 2.000-Mitarbeiter-Fabrik in der chinesischen Millionenstadt Jiaxing.

2.2 Software für die Produktion der Zukunft

Ob Spielwarenproduzent, Autohersteller, Maschinenbauer, Getränkeindustrie oder etwa Chemie- und Elektronikkonzerne: So unterschiedlich die branchenspezifischen Herausforderungen sind, so identisch ist die Notwendigkeit, Produktivität, Effizienz und Flexibilität zu erhöhen und die zunehmende Komplexität beherrschbar zu machen.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden in den Anfängen der Produktionsautomatisierung die Fertigungsprozesse lokal automatisiert, und die Weiterentwicklung erfolgte in klar umrissenen Systemgrenzen. Heute sind in modernen Fabriken Bauteile und Komponenten, Werkzeuge und Transportcontainer, Maschinen und Fördereinrichtungen mit Sensoren und Kommunikationssystemen ausgestattet, die permanent große Datenmengen sammeln und austauschen. Softwaresysteme sorgen für ein reibungsloses Zusammenspiel innerhalb des komplexen Gefüges. Diese umfassende, kommunikationsgestützte Automatisierung von Fertigungsanlagen ist mittlerweile Stand der Technik. Zur weiteren Optimierung legen Unternehmen den Fokus vor allem auf die stetige Verbesserung der einzelnen Prozessschritte, die in der Regel sequenziell erfolgen. Das sind Produktdesign, Produktionsplanung, Produktions-Engineering, die Produktion selbst sowie Services wie Wartung und Instandhaltung, aber auch Energie- und Umweltservices.

Doch je mehr von diesen Schritten über Unternehmensbereiche, Länder und Zeitzeonen hinweg ineinandergreifen, desto mehr stößt das bisherige System der Optimierung an seine Grenzen. Um auf Dauer wettbewerbsfähig zu bleiben, ist ein holistischer Optimierungsansatz erforderlich. Dazu bedarf es völlig neuartiger Softwaresysteme. Das sind Systeme, die den gesamten Lebenszyklus eines Produkts optimieren – von der ersten Produktidee über die Produktion und Lieferlogistik bis zum Betrieb und Service beim Kunden Abb. 2.1.

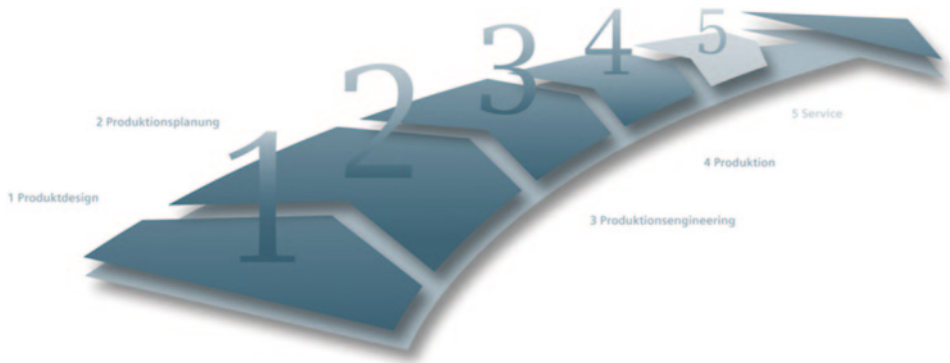


Abb. 2.1 Die Prozessschritte. (Quelle Siemens)

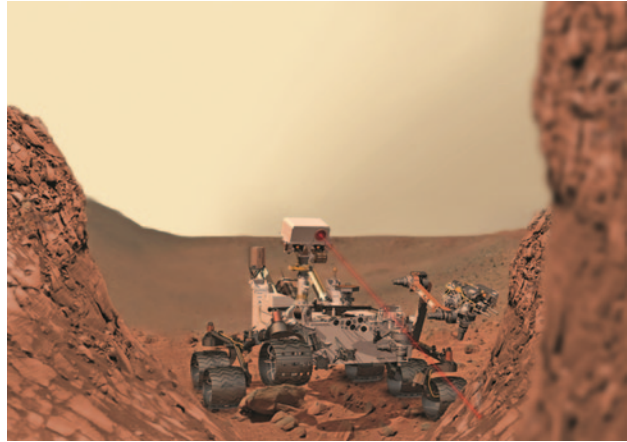
Industrieunternehmen erkennen diese Notwendigkeit und betrachten den Produktentwicklungs- und Produktionsprozess zunehmend ganzheitlich – unter Berücksichtigung aller Produkt-Lebenszykluskosten. Möglich machen diesen Transformationsprozess vor allem die Verbindung neuartiger Industriesoftware mit leistungsfähiger Hardware und damit einhergehend gravierende Fortschritte in der Automatisierungs- und Antriebstechnologie.

Die Branche erlebt eine umfassende Digitalisierung der Produktentstehung, die sich auf alle Prozessschritte erstreckt. Sie erlaubt eine neue Sichtweise auf Fertigungsmethoden, da virtuelle und reale Welt immer mehr verschmelzen und Prozesse überlappend stattfinden. Daten aus dem Engineering können damit zum Beispiel nahtlos in die Produktion überführt werden. Und umgekehrt lassen sich Informationen aus der Produktion zeitnah in vorgelagerten Prozessschritten zur Optimierung von Produkt und Fertigungsprozess nutzen – alles in einem einzigen konsistenten Datenmodell. Für die Zusammenführung von Produkt- und Produktionslebenszyklen gibt es bereits in fast allen relevanten Bereichen durchgängige Software, und sie wird in großer Geschwindigkeit fortentwickelt. In dieser digitalisierten Organisation wird nicht nur das Produkt selbst vollständig am Computer entwickelt, sondern auch seine Fertigung. Die Kombination aus Product Lifecycle Management (PLM) und Automatisierungssoftware und -technik führt zu einer erheblichen Produktivitätssteigerung und zu besserer Wettbewerbsfähigkeit. Die Markteinführungszeit neuer Produkte verkürzt sich um bis zu 50 %. Gleichzeitig werden Ressourcen und Energiekosten eingespart und die Qualität verbessert.

2.2.1 Software für Produktdesign

Anwendungsbeispiele für solche Software gibt es für alle Wertschöpfungsstufen. Beim Produktdesign ist es etwa dank PLM-Software möglich, alternative Designs virtuell zu analysieren und damit Produkte am Rechner zu entwickeln, zu testen und zu optimieren, ohne physische Prototypen zu fertigen. Die digitale Simulation bewährt sich natürlich unter anderem bei der Entwicklung hoch komplexer Produkte – wie beim Mars-Rover Curiosity,

Abb. 2.2 Mars Rover Curiosity.
(Copyright NASA/JPL-Caltech)



der seit August 2012 auf dem Roten Planeten im Einsatz ist: Das Jet Propulsion Laboratory JPL hat den Rover für die NASA mit der PLM-Software NX von Siemens digital entworfen, virtuell zusammengebaut und seinen Einsatz simuliert. Die Software ermöglichte es auch, Einzelteile und ihre Schnittstellen untereinander vorab zu testen.

Besonders verbreitet ist diese Software in der Automobilindustrie, die beherrscht ist von der Notwendigkeit immer kürzerer Markteinführungszeiten und maximaler Flexibilität. So setzt zum Beispiel Daimler bei seiner Pkw- und Lkw-Entwicklung auf die PLM-Software NX. Dabei verlagert der Konzern die Konstruktionstätigkeit seiner mehr als 20 Entwicklungszentren und seiner wichtigsten Zulieferer auf neue, durchgängige Entwicklungsplattformen (Abb. 2.2).

2.2.2 Software für Produktionsplanung

Beispiel Produktionsplanung: Beim Retrofit einer 17 Jahre alten Pressenstraße bei Volkswagen führte die Kombination von PLM-Software und Automatisierungssoftware zu signifikanten Zeitgewinnen: Mit der Software Press Line Simulation (PLS) wurde die ganze Linie mit allen bestehenden Maschinen und Handhabungsgeräten bereits in einem frühen Planungsstadium simuliert und optimiert, um die Produktivität der Gesamtanlage zu erhöhen. Um die Bewegung der Presse möglichst exakt mit der Handhabung der Platinen und der fertig gepressten Teile zu synchronisieren, wurde in der Simulation die gleiche Motion Control Software eingesetzt, die auch in der realen Fertigung Anwendung findet. Mit Erfolg: Die Abweichung zwischen Simulation und realer Anlage ist minimal, damit erlaubt die Simulation das Ausnutzen auch der letzten Reserven. Der anschließende reale Umbau der Pressstation hat zu einer Energieersparnis von bis zu 35 % und einer deutlichen Produktivitätsverbesserung geführt: Pro Minute steigerte sich die Hubzahl nun auf 16 statt zuvor 14 Hub. Dieser unscheinbare Anstieg um zwei Hub entspricht pro Schicht einer erheblichen Steigerung der Stückzahl.

Abb. 2.3 Personalisiertes Knie-Implantat. (Quelle Siemens)



2.2.3 Software für Produktionsengineering

Bei der Überführung der digitalen Planungs- und Produktionsprozesse in die reale Engineeringwelt kommt es auf das bestmögliche Zusammenspiel unterschiedlicher Software-Bausteine der Produktgestaltung und der Produktionsautomatisierung an. Nur ein optimaler Workflow zwischen Betriebs-, Maschinen- und Prozessabläufen sowie eine reibungslose Kommunikation der Einzelsysteme bietet die Voraussetzung dafür, dass Einsparpotenziale voll ausgeschöpft werden. Davon profitieren Unternehmen, ihre Kunden und auch die Endnutzer (Abb. 2.3).

Dies zeigt ein Beispiel aus der Medizintechnik, die als Branche vielfach als Vorreiter genannt wird, weil sie es verstanden habe, zuerst exakt die Herausforderungen zu spezifizieren und dann das notwendige Datengerüst aufzubauen, statt umgekehrt ein bestehendes Problem bestmöglich mit vorhandenen Daten zu lösen. Die Siemens-Sektoren Healthcare und Industry haben gemeinsam eine Methode entwickelt, um künstliche Kniegelenke extrem patientenfreundlich und gleichzeitig kostensparend zu fertigen. Bisher werden für solche Gelenke meist Standardimplantate verwendet. Da es hiervon nur eine begrenzte Auswahl an Größen und Formen gibt, ist es Aufgabe des Arztes, die Knochen des Patienten mit der Fräse auf das künstliche Gelenk anzupassen. Die heute nur selten angewandte Fertigung von personalisierten Gelenken läuft in der Regel weitgehend manuell ab und ist daher kostenintensiv. Anders bei dem neuen Siemens-Verfahren: Hier werden in einem durchgehenden, schnellen und hoch automatisierten Prozessfluss die Patientendaten zunächst in ein Knochenmodell, dann in ein Prothesenmodell und anschließend in Steuerungsdaten für die CNC-Maschine zur Herstellung des Werkstücks umgesetzt. Arbeitsgrundlage ist ein dreidimensionales Bild des Patientenknies aus der Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT). Die Siemens PLM-Software NX CAM kann innerhalb einer halben Stunde die CNC-Daten für die Fertigung erzeugen. Vergleichbare manuelle Konstruktionen würden bis zu zwei Ingenieurtage beanspruchen.

Die anschließende Herstellung des Knie-Implantats kontrolliert eine Steuerung Sinumerik 840D sl. Werkzeugmaschinen, die mit dieser offenen Steuerung ausgerüstet sind, lassen sich direkt in ein übergreifendes, betriebliches Fertigungssteuerungssystem einbinden. Im Idealfall entsteht so eine durchgehende Prozesskette vom Eingang der Patientendaten bis zur Auslieferung der Werkstücke.

Beim Produktionsengineering und der Verknüpfung von industrieller Software mit der Automatisierungs- und Produktionstechnik besitzt Siemens langjährige Erfahrung. Ergebnis dieser Expertise ist unter anderem die Entwicklung des TIA Portals. Es ist eine einzigartige Automatisierungs-Software mit „One Engineering Environment“, also Engineering von einem einzigen Arbeitsplatz, einem einzigen Bildschirm aus über die gesamte Wertschöpfungskette – von der Planung und der Inbetriebnahme über den eigentlichen Betrieb bis zur Wartung und Erweiterung von Automatisierungssystemen. Die Kombination von Industriesoftware mit dem Engineering der Automatisierungs- und Antriebstechnik verknüpft also die Produktplanung mit der Produktion und Serviceleistungen. Die Optimierung des Workflows durch dieses Engineering-Framework ermöglicht Kosteneinsparungen beim Engineering von bis zu 30 %.

2.2.4 Software für die Produktion

Unternehmen, die in den ersten Phasen der Prozesskette (Produktdesign, Produktionsplanung, Produktionsengineering) optimal gearbeitet haben, können in der laufenden Produktion die Ernte einfahren. Dank Totally Integrated Automation (TIA) lassen sich ihre Automatisierungslösungen in der Produktionsphase aber auch weiter optimieren. Schließlich sichern Manufacturing-Execution-Systeme (MES) wie Simatic IT eine hohe Leistung und Reaktionsfähigkeit der Produktion. Dank einer Datenverlinkung kann das Management („top floor“) transparent auf Produktionsprozesse („shop floor“) einwirken – in Echtzeit und unter Berücksichtigung aller Interdependenzen, die bereits in der Engineering-Phase im Modell hinterlegt wurden.

Wie durch integrierte Automatisierungs- und Antriebslösungen Produktionsabläufe effizient und flexibel gestaltet werden können, zeigt sich zum Beispiel beim ostdeutschen Glashersteller f | glass, dessen Werk als eines der weltweit modernsten und energieeffizientesten gilt. Hier werden eine integrierte Automatisierungslösung für das gesamte Werk, ein modernes Energiemanagement sowie eine innovative Wärmerückgewinnungsanlage eingesetzt. Der Herstellungs- und Logistikprozess ist vollständig automatisiert – von der Anlieferung und Mischung der Rohstoffe über den Schmelzprozess, die Verarbeitung und Veredelung der Glasflächen bis hin zur Kommissionierung. Instrumentierungs-, Antriebs-, Automatisierungs- sowie Energieverteilungslösungen werden miteinander vernetzt und integriert und alle Abläufe innerhalb der Produktion mit TIA effizient und flexibel gestaltet. Das Prozessleitsystem Simatic PCS 7 visualisiert und kontrolliert über 3.000 Messpunkte auf der rund 700 Meter langen Anlage. Das Resultat: ein unterbrechungsfreier Betrieb an 365 Tagen im Jahr rund um die Uhr (Abb. 2.4).

Abb. 2.4 Touchscreen-Steuerung bei f | Glass. (Foto f | Glass)



2.2.5 Software für Services

In der Prozess- und Fertigungsindustrie werden passgenaue Servicekonzepte zu einem immer entscheidenderen Erfolgsfaktor. Dazu zählen neben klassischen Reparaturen, Störungsbeseitigungen und Wartungen etwa Energie- und Umweltservices, integrierte Instandhaltungskonzepte oder auch Fernwartungen. Solche Services lassen sich umso besser integrieren und nutzen, je mehr sie auf die digitale Datenbasis aller Prozessschritte aufbauen.

Um die Anlagenverfügbarkeit hoch und die Wartungskosten niedrig zu halten, ist Fernwartung für Überwachung und Instandsetzung von Maschinen und Anlagen eine wirkungsvolle Maßnahme. Der Online-Zugriff ist häufig kostengünstiger, schneller und flexibler als ein Vorort-Service. Noch effizienter wird er, wenn auch Inspektionen aus der Ferne erfolgen, indem das System vorbeugend überprüft oder die Wartung abhängig vom Zustand der Anlage vorgenommen wird (Condition-Based Monitoring).

Besonders in spezialisierten Branchen wie der Luftfahrtindustrie ist die Instandhaltung der extrem komplizierten Anlagen und Systeme eine wichtige Aufgabe, die ohne vorbeugende und vorausschauende Technologien undenkbar ist. Daher ist es kein Zufall, dass Siemens für die integrierte Instandhaltung eines spanischen Airbus-Werks (vergl. Abb. 2.5) verantwortlich ist – inklusive der Instandsetzung der Fertigungsanlagen und des Ersatzteilmanagements.

Allerdings handelt es sich bei Service-Konzepten nicht zwingend um Lösungen, die nur für große Unternehmen geeignet sind. Im Gegenteil: Speziell mittelständische Betriebe ohne global verteilte Service-Teams können damit ihre Auftraggeber effizient betreuen. Mit dem leistungsfähigen Online-Service ePS Network von Siemens unterstützt etwa die Schwäbische Werkzeugmaschinen GmbH, ein Hersteller von mehrspindligen Bearbeitungszentren für OEMs und Zulieferer mit rund 300 Mitarbeitern, seine Kunden weltweit.

Abb. 2.5 Instandhaltung Airbus. (Copyright Airbus S.A.S.)



2.2.6 Softwareintegration in allen Prozessschritten

Wie Anwender schon heute die Verbindung innovativer industrieller Software und leistungsfähiger Hardware zur Vernetzung von virtueller und realer Fertigungswelt und damit zur Integration über mehrere Schritte des Produktentwicklungs- und Produktionsprozesses nutzen, zeigt das Beispiel der modernsten und größten Präzisionsoptikmaschine der Welt. Der 85 Tonnen schwere Koloss wurde entwickelt von der hessischen OptoTech Optikmaschinen GmbH. Auf der Maschine werden höchst präzise Teleskopspiegel für die Weltraumforschung mit Durchmessern von bis zu zwei Metern gefertigt – mit einer Genauigkeit der im Prozess integrierten Messprozeduren von 30 Nanometern. Die Spiegel werden später in einem Teleskop eingesetzt, mit dem Astronomen bis zu 13 Mrd. Lichtjahre ins All blicken können. Mit der PLM-Software NX CAD konstruierten die OptoTech-Ingenieure die Maschine zunächst am Bildschirm. Diese „virtuelle Maschine“ wurde dann von den Mitarbeitern des Siemens Mechatronik Support analysiert, simuliert und optimiert. Die Steuerung übernimmt eine Sinumerik 840D-CNC, deren Benutzeroberfläche eigens auf die Bedürfnisse von OptoTech abgestimmt wurde. Antriebe vom Typ Sinamics sind für die exakten Bewegungen der Acht-Achs-Ultrapräzisions-Schleif- und Poliermaschine zuständig. Die Kombination von CAD-Software mit Hochleistungshardware schafft nicht nur ein neues Maß an Präzision, sondern beschleunigt auch das Fertigungsverfahren. Das erleichtert die schnelle Verfügbarkeit von Teleskopspiegeln – nachdem der weltweite Bedarf an Astrooptik bislang schwer zeitnah zu bedienen war.

2.3 Industrie 4.0

Die deutsche Wortschöpfung „Industrie 4.0“ beschreibt die sogenannte vierte industrielle Revolution – nach der Mechanisierung der Produktion und der Dampfmaschine, nach Fließprinzip und Elektrifizierung und nach der Automatisierung von Produktionspro-

zessen durch speicherprogrammierbare Steuerungen. Gemeint ist damit vor allem ein Paradigmenwechsel hin zu verstärkter Vernetzung neuartiger, interaktiver Produktionstechnik, in der eingebettete Steuerungen direkt miteinander kommunizieren und damit zu „Cyber-Physical Systems“ (cyber-physischen Systemen, CPS) werden.

2.3.1 Die Vision

In der Vision der Industrie 4.0 ist das Produkt selbst ein aktives Element des Produktionsprozesses. Es ist die Vision von Smart Factories, in denen die digitale und physische Welt nahtlos ineinandergreifen. In ihnen besitzen Produkte sämtliche Informationen, die zu ihrer Produktion notwendig sind. Im Zusammenwirken mit den sogenannten Cyber-Physical Systems sind sie eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und kennen ihre Historie, den aktuellen Zustand sowie alternative Wege zum Zielzustand. Es entsteht ein sich selbst organisierendes Netzwerk von Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln, die internetbasiert eigenständig und wechselseitig Informationen in Echtzeit austauschen und sich gegenseitig steuern. CPS ermitteln dabei zulässige Szenarien, vergleichen und bewerten sie nach vorgegebenen Optimierungskriterien und entscheiden dann über die bestmöglichen Kombinationen. Dies alles gestaltet die Herstellung effizienter, individueller, schneller und umweltfreundlicher. Gleichzeitig steigt die Transparenz durch Zugriff auf alle Metainformationen.

Die eingebetteten Produktionssysteme sind einerseits vertikal mit betriebswirtschaftlichen Prozessen in Fabriken und Unternehmen vernetzt und andererseits horizontal zu verteilten Wertschöpfungsnetzwerken verknüpft – von der Bestellung bis zur Lieferung. Gleichzeitig ermöglichen und erfordern sie ein durchgängiges Engineering über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts hinweg. „Cyber-Physical Systems werden die Produktion, Mobilität und Medizinversorgung revolutionieren“, prophezeit die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) in einem Positionspapier und prognostiziert Produktivitätssteigerungen von 30 bis 50 % durch die neuen Fertigungsverfahren.

2.3.2 Der Weg zum Ziel

In der Industrie 4.0 wird die Flexibilität, welche die digitale Welt bietet, noch stärker in die reale Welt übertragen. Dies muss nicht allein dadurch erfolgen, dass das Produkt mit zusätzlicher Technologie versehen wird und dadurch seine eigene Produktion beeinflusst. Ebenso können Produktionsmittel wie Maschinen so gestaltet werden, dass sie sich im Falle einer Umkonfiguration effektiv und effizient an die neuen Randbedingungen adaptieren lassen. Oder aber der Entwicklungsprozess wird agil gestaltet, indem physische Tätigkeiten wie der Prototypenbau in die digitale Welt verlagert werden, etwa durch Simulationen. Auch Kombinationen dieser Optionen sind möglich und sogar wahrscheinlich – einzelne Elemente davon sind bereits verwirklicht.

Abb. 2.6 EWA Amberg. (Foto Siemens)



Schon heute erschließt die stärkere Vernetzung der einzelnen Wertschöpfungsstufen durch Industriesoftware große Potenziale zur Optimierung von Produktionsprozessen (vgl. Punkt 2.2). Was aktuell bereits möglich ist, beweist zum Beispiel das Siemens Elektronikwerk in Amberg, wo speicherprogrammierbare Steuerungen vom Typ Simatic hergestellt werden. Große Teile der Produktion sind hier digitalisiert und können unabhängig von der laufenden Produktion simuliert und optimiert werden. Beim Produktionsprozess sorgt das MES Simatic IT für höchste Effizienz und Flexibilität. Produkte und Prozesse wechseln in der Simatic-Fertigung oft innerhalb von Minuten – eine enorme Herausforderung für die Automatisierung. Unablässig laufen Daten im zentralen System ein, die sich aus etwa einer Million Messereignissen am Tag ergeben. Dabei werden die Produkte mittels DataMatrixCode-Scannern und RFID-Funkchips erfasst und die zugehörigen, im zentralen System redundanzfrei – und damit garantiert konsistent – hinterlegten Daten geladen. So weiß die Steuerung von jedem zu produzierenden Produkt, wo es sich gerade befindet und ob es die Qualitätsprüfungen bestanden hat. Falls nicht, greift die Steuerung nach festgelegten Regeln ein, schickt eine E-Mail an die Qualitätssicherung und lotst das Teil zu einem Reparaturplatz. Der dortige Mitarbeiter wird automatisch mit den nötigen Informationen versorgt, etwa der Teileliste, dem Montageplan und der Fehlerdiagnose. Der Aufwand zahlt sich aus: Das Werk besitzt eine rekordverdächtig niedrige Fehlerquote von nur 15 dpm (defects per million). Das entspricht einer Prozessqualität im Werk von 99,9985 % (Abb. 2.6).

Die Ziele der Industrie 4.0 sind mittlerweile klar und richtig beschrieben. Doch um sie zu erreichen, ist noch ein langer Weg zu gehen. Siemens arbeitet aktiv und zielorientiert an der Umsetzung der Industrie 4.0. Zentraler Bestandteil auf dem Weg zur Realisierung der Vision Industrie 4.0 ist die „Digital Enterprise Plattform“ und damit die Verbindung von virtueller und realer Fertigungswelt in einer durchgängigen Entwicklungsumgebung sowie eine informationstechnische bi-direktionale Durchgängigkeit und Datenharmonisierung vom „shop floor“ zum „top floor“ (vgl. Abschn. 2.2 und Kap. 7). Mit der „Digital Enterprise Plattform“ wird es zwischen den verschiedenen Phasen einer Produktion keine Medienbrüche mehr geben, alle Datenströme sollen zwischen den einzelnen Wertschöp-

fungsstufen hin und her durchgängig sein. Auf der Basis einer solch umfassenden Integration lässt sich dann die Vision „Industrie 4.0“ realisieren.

Zumindest in Deutschland wird die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 stark von der Politik unterstützt, nicht zuletzt auch finanziell: Für das Zukunftsprojekt stellt die Bundesregierung im Rahmen ihrer Hightech-Strategie bis zu 200 Mio. € zur Verfügung. Dennoch wird die Branche keine technologische Eruption erleben, sondern eine technologische Evolution in vielen Schritten, die sich vermutlich über Jahrzehnte erstreckt und in der noch zahllose Einzelfragen zu klären sind. Das betrifft nicht nur geeignete Migrationspfade, sondern zum Beispiel auch die Festlegung gemeinsamer Standards und Normen, die technologische Fortentwicklung der Sensorik oder die Entwicklung von Sicherheitsmaßnahmen, -konzepten und -strategien – um nur einige Herausforderungen zu nennen. Erst der Rückblick in einigen Jahrzehnten wird zeigen, ob der Begriff der „vierten industriellen Revolution“ gerechtfertigt ist – das war aber bei der „dritten industriellen Revolution“ nicht anders.

2.3.3 Der Faktor Mensch

Anders als gelegentlich befürchtet, wird die Bedeutung des Menschen in der Industrie 4.0 nicht abnehmen. So werden weiterhin Menschen die Produkte und Produktionsanlagen entwerfen und gestalten – eine Aufgabe, die CPS niemals werden ausführen können. Sie werden zudem Produktionsregeln und Zielgrößen festlegen – zum Beispiel Energieeffizienz als zu einem gegebenen Zeitpunkt wichtigstes Optimierungskriterium. Erst dann kommen CPS ins Spiel, um Produktionsoptionen im Rahmen ihrer Vorgaben zunächst zu ermitteln und diese eines Tages auch zu bewerten und darüber zu entscheiden.

Allerdings wird die stärker vernetzte Welt andersartige Anforderungen an die Beschäftigten stellen. Dies gilt sowohl in der virtuellen Welt für den kreativen Planungsprozess im Rahmen der Anforderungserhebung, des Produktdesigns und der Produktionsplanung, als auch für den operativ geprägten Arbeitsprozess der realen Welt in Produktion und Logistik. Die neue Art der Produktion erfordert mehr denn je eine Beherrschung der zunehmenden Komplexität, selbstverantwortliches Arbeiten, dezentrale Führungs- und Steuerungsformen sowie eine neue, kollaborative Arbeitsorganisation. In der Smart Factory wandelt sich die Funktion des Mitarbeiters von der eines „Bedieners“ zu der eines Steuernden und Regulierenden. Die zukünftige Produktion wird die Beschäftigten als aktive Träger von Entscheidungen und Optimierungsprozessen dringend benötigen und daher keinesfalls zu menschenleeren Fabriken führen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden zentrale Funktionen bei Entwurf, Installation, Umrüstung sowie der Wartung und Reparatur komplexer cyber-physischer Produktionssysteme und der notwendigen neuartigen Netzkomponenten übernehmen. Und sie werden verstärkt Fertigungseinrichtungen modellieren, Rahmenbedingungen beschreiben oder auch Optimierungsalgorithmen vorgeben und gewichten, damit lernfähige IT-Systeme selbstständig Simulationen ablaufen lassen und Alternativen bewertet werden können. Denn das Produkt selbst entscheidet

nicht, wie es produziert wird, sondern wählt in der Industrie 4.0 allenfalls aus verschiedenen Produktionsoptionen die passenden aus.

Die vierte industrielle Revolution führt daher auch zu einem Paradigmenwechsel in der Qualifizierung der Belegschaft: Mit immer anspruchsvolleren Produkten und Produktionsmethoden steigt das benötigte Qualifikationsniveau der Mitarbeiter. Ähnlich wie im Produktionsprozess virtuelle und reale Welt immer mehr verschmelzen, werden bei den Arbeitsformen Wissens- und Produktionsarbeit stärker zusammenwachsen. Die Arbeitsplätze der Zukunft werden geprägt sein durch Qualifizierung „on the job“ und deutlich flexibleres, weniger planbares Arbeiten. Dies ist nicht nur eine anspruchsvolle Aufgabe für die Personalabteilungen von Unternehmen. Es ist auch eine Herausforderung für Gesellschaften und ihre Bildungssysteme – angefangen bei der Schule über Ausbildung und Hochschule bis hin zur Fort- und Weiterbildung.

2.4 Ausblick – Die Zukunft der Industrie

Die Ausgangsposition für die Industrie der Zukunft ist ausgezeichnet: Vor allem die westliche Welt erlebt gerade eine Renaissance der Industrie. Diese findet zum einen auf volkswirtschaftlicher Ebene statt, vor allem aber auf technologischer Ebene.

2.4.1 Konsequenzen technologischer Veränderungen

Mit zunehmender Komplexität und Individualisierung der Produkte, mit kürzeren Entwicklungszyklen und steigendem Kostendruck ist der Automatisierungsgrad in der Produktentstehung deutlich gestiegen. Dieser Trend wird sich fortsetzen. Industrieunternehmen können jetzt auf einen fahrenden Zug aufspringen und ihre Anlagen und Prozesse auf den neuesten technischen Stand bringen. Umgekehrt gilt: Unternehmen, die jetzt nicht die erforderlichen technologischen und organisatorischen Schritte einleiten, um an den neuen Möglichkeiten vernetzten Produzierens zu partizipieren, riskieren ihre Wettbewerbsfähigkeit. „Industrieunternehmen können es sich nicht leisten, mit dem Einsatz bereits bestehender Innovationen für Steuerungs- und Informationstechnik in ihrer Fertigung und bei ihren Geschäftsprozessen länger zu warten“, heißt es etwa in einer Studie der ARC Advisory Group. („When Building the Digital Enterprise, It's All About the Data.“)

Bei ihren Bemühungen kann die Industrie auf die Unterstützung von Politik und Gesellschaft zählen: Rund um die Welt legt die Politik Förderprogramme auf. So forciert die EU-Kommission Pläne, den Anteil der Industrie an der Wirtschaftsleistung der EU von derzeit rund 16 auf 20 % im Jahr 2020 zu steigern und will dafür Investitionen in Innovationen fördern, Märkte öffnen, den Zugang der Industrie zu Kapital erleichtern sowie Bildung und Ausbildung verbessern. In den USA hat Präsident Barack Obama angekündigt, ein National Network for Manufacturing Innovation zu gründen. Landesweit sollen dafür

15 Industrieinstitute entstehen, die Forschung und Entwicklung vorantreiben. Die USA wollen damit wieder global führend bei fortschrittlicher Industrieproduktion werden. Und auch in BRIC-Staaten wie China, Russland oder Indien wurden signifikante Industrieförderprogramme aufgelegt. Ziel der meisten Regierungen und Ökonomen ist ein Industrieanteil am Bruttoinlandsprodukt von etwas mehr als 20 %.

2.4.2 Software als Wachstumstreiber

IT und Software entwickeln sich zum wichtigsten Wachstumstreiber in der Industrie. Nach einer Untersuchung des Verbands Deutscher Maschinen und Anlagenbau (VDMA) machen IT und Automatisierungstechnik im Maschinenbau schon heute 30 % der Herstellungskosten aus. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie rechnet bis zum Jahr 2015 sogar mit einem Anteil von 50 %. Nach Schätzungen des Branchenverbands Bitkom beträgt allein der Markt für eingebettete Systeme – inklusive beispielsweise solcher für Fahrzeuge oder in Logistikketten – in Deutschland 21 Mrd. €. Den aktuellen Weltmarkt für reine Industriesoftware beziffern Experten auf 18 Mrd. € und prognostizieren ein jährliches Wachstum von rund 8 %. Hinzu kommen, global betrachtet, weitere mehr als 100 Mrd. € für Industriesoftware in Bereichen wie Logistik, Sicherheit und Energiemanagement.

Daten werden zum Rohstoff der Zukunft: Weltweit verzehnfacht sich die Menge digitaler Informationen alle fünf Jahre. Extrem leistungsfähige Industriesoftware ist ein entscheidender Erfolgsfaktor im Wettbewerb für Unternehmen aller Branchen. Von der Ideenfindung über Konzeption und Entwicklung, Simulation und Validierung bis zur Produktionsplanung und Produktion – immer sind industrielle IT und Industriesoftware die tragenden Elemente. Nur mit Unterstützung modernster und ständig fortentwickelter Technologien lässt sich die wachsende Komplexität von Produkten und Anlagen noch beherrschen.

Anbieter von Komplettlösungen müssen deshalb neben Anlagen, Komponenten, Produkten und den jeweiligen Steuerungsprogrammen auch solche Software bieten, mit der die Produkte und Anlagen entwickelt, simuliert, optimiert und gefertigt werden. Für Anbieter und Anwender ist die strategische Bedeutung der Softwareentwicklung immens. Daher entfallen bei Siemens derzeit knapp 40 % des konzernweiten F&E-Budgets von 4 Mrd. € auf Software. Besonders dem Markt für vertikale IT, also Lösungen, die gezielt für bestimmte Branchen mit deren speziellen Bedürfnissen entwickelt werden, widmet Siemens bereits seit vielen Jahren enorm viel Aufmerksamkeit, Zeit und Investitionen. Unter den rund 28.000 F&E-Mitarbeitern befinden sich rund 17.500 Softwareentwickler, von denen etwa 7.500 für Siemens Industry tätig sind. Hinzu kommen weltweit rund 7.000 Mitarbeiter im operativen Geschäft der Business Unit PLM-Software. Diese Zahlen unterstreichen die herausragende Bedeutung, die Siemens dem beschriebenen Trend beimisst.

2.5 Fazit

Möglichst gute Produkte herzustellen, wird in Zukunft nicht mehr genügen. Genauso wichtig – wenn nicht wichtiger – wird es sein, dies auf die richtige Art und Weise zu tun. Wer jetzt eine Strategie des „business as usual“ verfolgt, wird den Anschluss verpassen. Eine wesentliche Notwendigkeit besteht in der erfolgreichen Verbindung der realen mit der virtuellen Welt. In Zukunft zählt vor allem: die Verbindung von physischen Produkten mit ihren virtuellen Modellen in der Produktentwicklung, eine Vernetzung der realen Produktionseinrichtungen mit ihren digitalen Pendants in der Produktionsplanung sowie die Integration all dieser Daten in der Produktion selbst und in die Services. Alles ganzheitlich, in sämtliche Richtungen, entlang des gesamten Lebenszyklus’ und unter Einbindung aller horizontalen und vertikalen Wertschöpfungsstufen. Dabei wird der Faktor Mensch wichtiger denn je. Denn die besten IT-Systeme und die fortschrittlichste industrielle Software mutieren zum Geldgrab, wenn dahinter keine Mitarbeiter stehen, welche die besten Produkte entwickeln, die richtigen Produktionsprämissen setzen und mit einem wachen und ganzheitlichen Blick in der Produktion selbstständig, schnell und richtig Entscheidungen treffen.

Industrie 4.0

Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM

Sendler, U. (Hrsg.)

2013, XII, 144 S. 71 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-36916-2