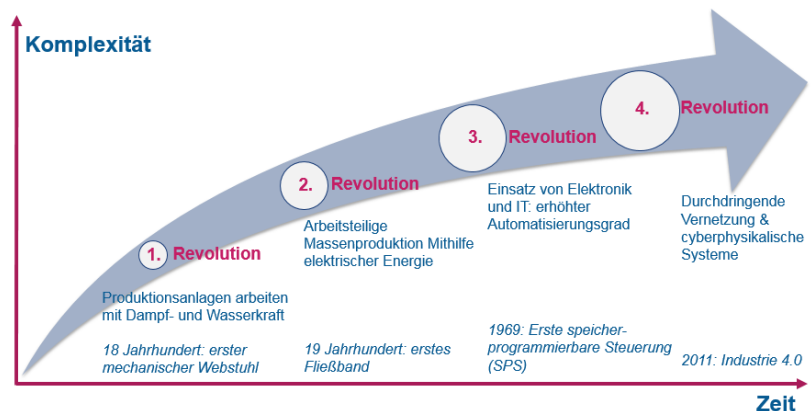


Industrie 4.0 – Die nächste Revolution

Die globale Vernetzung schreitet mit großen Schritten voran, Experten schätzen, dass im Jahr 2020 über 30 Milliarden Geräte miteinander vernetzt sein werden, vom intelligenten Auto bis hin zum smarten Kühlschrank. Das Internet der Dinge wird nicht nur unser aller Leben auf den Kopf stellen, sondern auch das produzierende Gewerbe vor ganz neue Chancen, aber auch Herausforderungen stellen.



Das Internet der Dinge soll das Leben eines jeden Einzelnen erleichtern und gleichzeitig eine enorme Steigerung der Effizienz für die Produzenten bedeuten. Das Automobil der Zukunft weiß beispielweise bereits vor seinem Besitzer, wann es wieder Zeit für einen Besuch in der Werkstatt ist. Über zahlreiche Sensoren werden sämtliche, relevante Fahrzeug-Parameter erfasst und ausgewertet. Wenn die Bremsleistung nachlässt, der Ölfilter langsam verstopft oder der Zahnriemen porös wird, weiß der Hersteller bereits darüber Bescheid, die benötigten Ersatzteile können automatisiert beschafft werden und das Auto schlägt an einer freien Stelle des privaten Kalenders einen Termin für die Durchführung des Service vor.

IPv4

Erstes weltweit eingesetztes Internetprotokoll, spezifiziert im Jahr 1981. IPv4 verwendet 32-Bit-Adressen: ca. 4,3 Milliarden (2^{32}) eindeutig identifizierbare Geräte innerhalb eines Netzwerks. Mangels freier Adressräume, wurde die Umstellung auf IPv6 notwendig.

IPv6

Der Nachfolger von IPv4 wurde 1998 final spezifiziert. Neben dem deutlich größeren 128-Bit-Adressraum bringt die Version 6 weitere Vorteile mit sich: QoS, Multicast und IPsec. Mit IPv6 lassen sich über 340 (2^{128}) Sextillionen Geräte eindeutig identifizieren.

Die Erfassung und Auswertung von Echtzeitinformationen rückt mit der durchdringenden Vernetzung des alltäglichen Lebens immer mehr in den Fokus der produzierenden

Industrie. Bezahlbare Sensorik und eine räumlich unabhängige Verbindung zum Internet bilden die Grundpfeiler für den völlig neuen Ansatz der Smart Factory. Diese Fabrik der Zukunft ist in der Lage ein breites Spektrum an kundenindividuellen Produkten ohne lang andauernde Rüstvorgänge herzustellen. Die logistischen Systeme und Fertigungsanlagen organisieren sich in dieser Vision weitgehend autark, ein menschliches Eingreifen soll nicht mehr nötig sein.

Dank automatischer Erfassung per RFID-Technologie kennt die Fabrik zu jeder Zeit den Bestand von Lagern und Transportbehältern, die Warenströme innerhalb und zum Unternehmen hin werden ganzheitlich erfasst, die Lieferkette ist virtuell abgebildet und unterliegt steter Optimierung: Eine Situation bei der die Fertigung aufgrund von fehlenden Teilen steht, soll damit der Vergangenheit angehören.

Die technische Grundlage für die nächste industrielle Revolution bilden cyberphysische Systeme, die direkt miteinander kommunizieren: das hochindividuelle, vom Kunden konfigurierte Produkt stellt seine Fertigungsinformationen, wie benötigte Komponenten und Arbeitsschritte in digitaler Form, z.B. über RFID oder NFC für die Fertigungsanlage zur Verfügung. Auf Grundlage dieser Daten richten sich die Werkzeuge automatisch ein und der Weg des Erzeugnisses durch die Anlage wird berechnet. Die individuellen, vom Kunden konfigurierten Erzeugnisse fließen dabei mit einer Losgröße von einem Stück durch die Produktion. Die Erfassung aller fertigungsrelevanten Daten, wie z.B. tatsächlich verwendeter Drehmomente oder der Verbrauch an Schweißmaterial liefert bereits

während der Herstellung eine Vorhersage über die Qualität des Endprodukts. Während im klassischen Fertigungsprozess die Qualität nur an definierten Messpunkten der Fertigung, z.B. durch Kamerasysteme oder Röntgengeräte geprüft werden kann, liefert die digitale Revolution ganz neue Möglichkeiten. Das Produkt weiß zu jedem Zeitpunkt selbst über die Güte seiner Qualität Bescheid und kann bei aufgetretenen Mängeln noch während des Herstellungsprozesses reagieren, in dem es sich zum Beispiel eine extra Schleife durch den Nachbearbeitungsprozess verordnet.

Im Idealfall soll es allerdings keine großartigen Schwankungen der Qualität mehr geben, da Industrie 4.0 auch darauf abzielt, einen Wandel von der reaktiven bzw. vorbeugenden hin zur vorausschauenden Instandhaltung zu vollziehen. In der klassischen Instandhaltung werden Maschinen meist erst gewartet, sobald technische Probleme auftreten oder die Qualität der Erzeugnisse nachlässt, das hat oft Stillstände der Produktion zur Folge. Der vorbeugende Ansatz verlangt meist einen Austausch von Bauteilen nach definierten Serviceintervallen, d.h. es werden oftmals Komponenten ausgetauscht, obwohl diese noch einwandfrei ihren Dienst verrichten. Beide Ansätze verlangen die Vorhaltung und Lagerung von Ersatzteilen und binden damit Kapital, können aber trotzdem einen Ausfall nicht vollständig ausschließen. Im Rahmen der vorausschauenden Instandhaltung soll die Erfassung und Analyse von Maschinendaten dafür sorgen, Maschinenfehler exakt vorhersagen zu können. Weichen die erfassten Daten nur ein wenig von der Norm oder definierten Mustern ab, kann schnellstmöglich reagiert werden, ohne dass es zu Einbußen bei der Ausbringung kommt. Wartungsarbeiten und Maschinenstillstände können zuverlässig geplant und die Vorhaltung von Ersatzteilen kann reduziert werden.

Die größte Herausforderung auf dem Weg zu Industrie 4.0 wird die Beherrschung der ungeheuren Datenmengen sein, die erfasst und verarbeitet werden müssen. Nur weil die Möglichkeit besteht, die Fertigungsprozesse bis ins kleinste Detail zu erfassen, heißt dies noch lange nicht, dass man sich dadurch einen Vorteil verschaffen kann. Die Gefahr, sich in einer zu groß gewählten Granularität zu verlieren, ist durchaus vorhanden. Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die sinnvolle Kombinatorik der erfassten Daten, um daraus das Wissen zu ziehen auf dessen Basis gute und richtige Entscheidungen getroffen werden können.

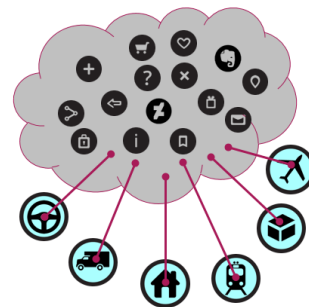
Internet der Dinge

Das externe Szenario des Internet der Dinge ermöglicht allen Smart Services eine ortsunabhängige Onlineverbindung zur internen Server-Infrastruktur. Sobald eine Verbindung hergestellt wurde, können die entstehenden Realtime-Informationen und Daten übertragen, analysiert und daraus neue Geschäftsszenarien entwickelt werden.

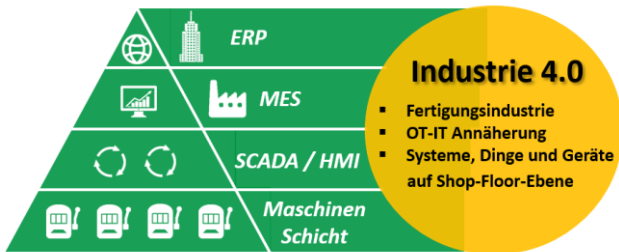
Im Internet der Dinge werden physische, im Raum eindeutig identifizierbare Objekte als virtuelle Pendants abgebildet und miteinander vernetzt.

Zur Identifikation werden die Objekte mit RFID-Chips, Strichcodes oder QR-Codes gekennzeichnet. Kleinstelektronik, wie z.B. Sensoren sorgen dabei für die Erfassung des Zustandes der realen Welt, diese werden drahtlos in die Cloud gesendet und verarbeitet. Daraus resultierende Handlungsempfehlungen können manuell oder von elektronischen Akteuren automatisiert ausgeführt werden.

Statt wie bisher selbst im Mittelpunkt der menschlichen Aufmerksamkeit zu stehen, soll das Internet der Dinge die Herausforderungen komplexer Prozesse unmerklich unterstützen und autark umsetzen.



Das interne Szenario des Internet der Dinge konzentriert sich auf sich auf alle Unternehmen. Industrie 4.0 berücksichtigt individuelle Wünsche des Kunden bei Konfiguration und Design und kann flexibel auf kurzfristige Änderungen reagieren. Ungeachtet dieser hohen Komplexität ist eine rentable Fertigung von Einzelstücken mit der Losgröße 1 möglich. Die für die Produkthaftung essentiell wichtige Rückverfolgbarkeit und Dokumentation der Produktion ist mit Industrie 4.0 erwachsen geworden: alle Arbeitsschritte und Komponentenlieferungen können nahtlos erfasst und gespeichert werden. Somit lässt sich zielsicher und schnell erkennen, welche Produkte von einer fehlerhaften Bauteilcharge betroffen sind. Mit den in Echtzeit gewonnenen Prozessparametern kann die Güte der Produktqualität durchgehend kontrolliert werden, anstatt wie bisher eine Prüfung an festgelegten Punkten im Fertigungsprozess durchzuführen. Gleichzeitig ermöglicht die Auswertung dieser Daten Wartungen im Rahmen der vorausschauenden Instandhaltung effizient planen zu können, um somit die Verfügbarkeit der Maschinen zu erhöhen und dabei gleichzeitig die Qualität der Produkte zu steigern.



Schon heute stehen eine Vielzahl dieser Schlüsseltechnologien zur Verfügung: der Einsatz von Laserscannern, industrieller Bildverarbeitung und RFID-Tags ermöglichen eine Prozess- und Qualitätskontrolle passend zum Fertigungstakt. Mess- und Prüfsysteme ermöglichen die exakte Positionierung von Robotern und Parametrisierung von Anlagen bei gleichzeitiger 100%-Prüfung von Halbfabrikaten und Fertigerzeugnissen.

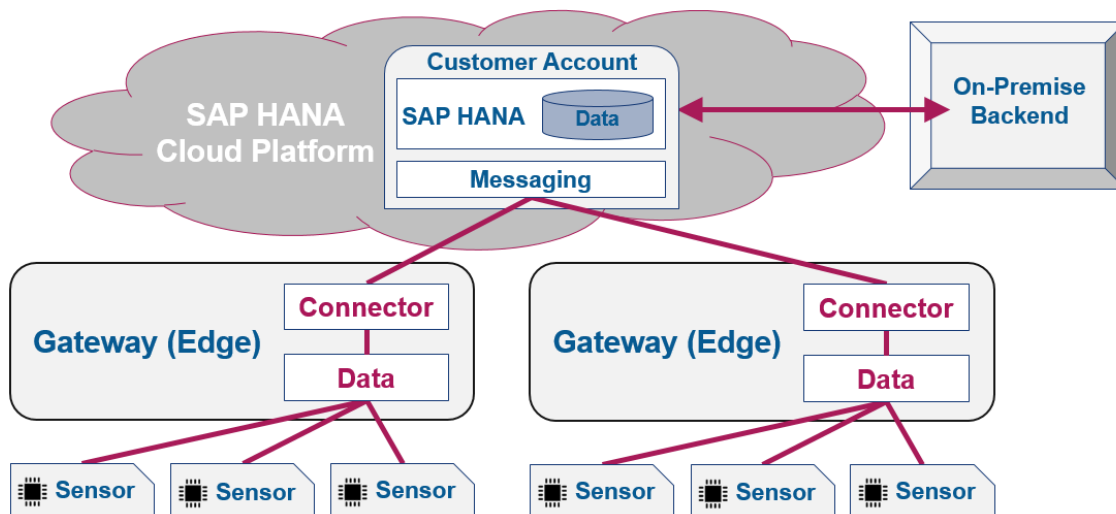
Am Ende steht die Vision der Smart Factory, welche sich durch die vollständige Integration aller Teilnehmer der Wertschöpfungsprozesse auszeichnet, sei es Mensch oder Maschine. Die Smart Factory ist extrem wandlungsfähig, nutzt Ressourcen effizient und ist in der Lage, ein breites Spektrum an Produkten herzustellen. Die notwendige Automatisierung wird durch die Etablierung von Verfahren zur Selbstkonfiguration, Selbstoptimierung und Selbstdiagnose erreicht. Zur Verwirklichung der angestrebten Ziele ist die Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette notwendig, mit dem Ziel zu jedem Zeitpunkt alle relevanten Daten erfassen und in Echtzeit auswerten zu können.

Smart Factory

Die Idee der selbstorganisierten Produktion einer Smart Factory zeichnet ein Bild miteinander kommunizierender Maschinen und Produkte, die voneinander lernen, dabei notwendige Arbeitsschritte zusammenstellen, sowie die Beschaffung der benötigten Komponenten autark organisieren. Die individuell durch den Kunden konfigurierten Produkte bringen ihre Fertigungsinformationen selbst mit, kommunizieren dabei mit der Anlage und finden ihren Weg durch den Produktionsprozess. Die erforderliche dezentrale Intelligenz wird mittels miniaturisierter Elektronik bereitgestellt. Sie stellen Funktionen wie die drahtlose Kommunikation sowie die Erfassung, Speicherung und Weiterleitung von Sensordaten zur Verfügung. Die durch aller am Produktionsprozess beteiligter Komponenten erzeugter Massendaten werden in der Cloud gesammelt und über moderne Datenbanksysteme wie SAP Hana S/4 verknüpft und analysiert.

Auf dieser Grundlage können richtige Entscheidungen in Echtzeit getroffen werden. Die Qualitätskontrolle ist nicht mehr auf einzelne Messpunkte beschränkt, kleinste Abweichungen von der Norm werden sofort erkannt und entsprechende Schritte im Rahmen der Nacharbeit veranlasst. Das Rückgrat einer Smart Factory bilden cyber-physische Systeme. Als CPS wird die Verknüpfung softwaretechnischer Komponenten mit elektronischen und mechanischen Bauteilen über eine gemeinsame Infrastruktur wie dem Internet bezeichnet. Die Grundlage bildet die ortsunabhängige Vernetzung und Integration von embedded Systemen über drahtlose, Kommunikationsnetze.

Cyber-physische Systeme werden bereits in vielerlei Bereichen eingesetzt: Fertigungs- und Automatisierungssysteme, intelligente Stromnetze (Smart Grids), Verkehrssteuerungs- und Verkehrslogistiksysteme, Sicherheits- und Fahrerassistenzsysteme im Automobil sowie in Umweltbeeinflussungs- und Beobachtungssystemen.



Big Data

In Szenario der Industrie 4.0 werden über die gesamte Wertschöpfungskette eine Vielzahl an Daten gesammelt, weitergeleitet und gespeichert. Diese umfassenden Datenmengen werden Big Data genannt. Sie sind zu gewaltig und komplex sind, um sie mit bisher bekannten Verarbeitungsmethoden auswerten zu können.

Die Daten können dabei aus vielfältigen Quellen zusammengetragen sein: In der Fertigung liefern eine Vielzahl an Sensoren eine Flut von Daten mit teils mehreren Millionen erfasster Datensätze pro Tag. Kommunikationsverbindungen, Webzugriffe, Aufzeichnungen von Kameras und Mikrofonen und automatisch erstellte Files durch das Auslesen von RFID's und Strichcodes sorgen für ein Datenaufkommen, dessen Beherrschung die größte Herausforderung der Industrie 4.0 darstellt.

90 % der weltweit verfügbaren Daten wurden in den letzten zwei Jahren gesammelt und gespeichert, die Tendenz ist weiter steigend. Moderne Technologien wie SAP Hana S/4 sind in der Lage das generierte Datenvolumen sinnvoll zu kombinieren und zu aggregieren, um Unternehmen dabei zu unterstützen, die richtigen Entscheidungen in Echtzeit treffen zu können.

Sicherheit in der HANA Cloud

Da viele Unternehmen um die Sicherheit ihrer Daten besorgt sind, finden sie nur zögerlich den Weg in die Cloud. Bei SAP besteht die Möglichkeit die Datenhaltung vollständig in der Cloud zu realisieren oder eine On-Premise-Installation zu verwenden. Bei einer On-Premise-Installation können die Funktionen der Cloud innerhalb des Firmennetzwerkes hinter der eigenen Firewall verwendet werden. Zudem ist auch die Einrichtung einer Hybrid-Lösung möglich, bei der spezifiziert werden kann, welche Daten lokal oder in der Cloud abgelegt werden.

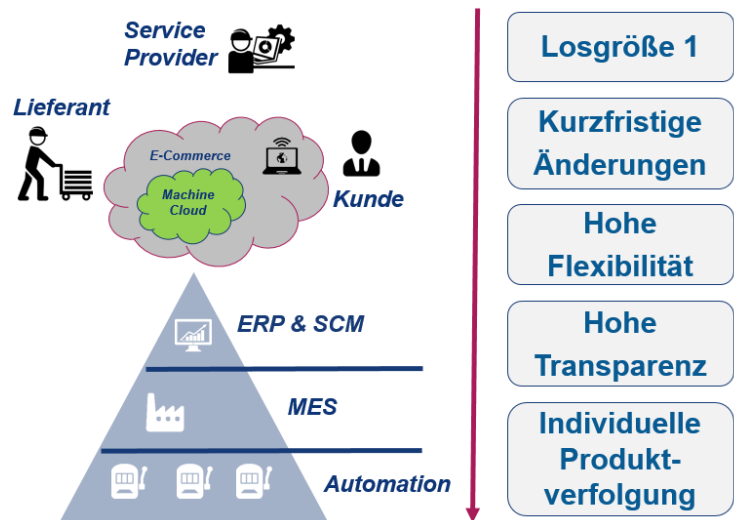
Die nötige Sicherheit verspricht sich SAP von einer End-to-End-Verschlüsselung. Beim Aufbau einer Verbindung zum Service-Anbieter wird ein kryptographischer Schlüssel mittels eines Zertifikates erzeugt, welcher für den weiteren Austausch der Daten verwendet wird. Beim Anlegen eines neuen Kundenstammsatz werden z.B. Daten wie Name, Anschrift und Zahlungsbedingungen erfasst. Nach Eingabe und Speichern der Daten werden diese zum verbundenen Server gesendet. Vorab werden sie im Browser mit dem anfangs erzeugten Code verschlüsselt. Nur die Empfangsstelle kennt das Gegenstück, mit dem die Daten zurückübersetzt werden können. Der Versand des verschlüsselten Datenpakets wird mittels HTTPS realisiert, das die Verschlüsselung TLS (Transport Layer Security) verwendet. TLS benutzt SSL-Zertifikate (Secure

Sockets Layer), wodurch sichergestellt werden soll, dass Unbefugte die Daten nicht mitlesen und zurück in Klartext übersetzen können. Nachdem das Datenpaket über das Internet / Intranet zum Rechenzentrum versendet wurde, entschlüsselt ein Webdispatcher die Daten unter Verwendung des zu Anfang generierten Schlüssels wieder zurück in Klartext. Die entschlüsselten Daten werden abschließend dem Cloud-Kunden zugeordnet und im zugehörigen Mandanten auf der Datenbank abgespeichert.

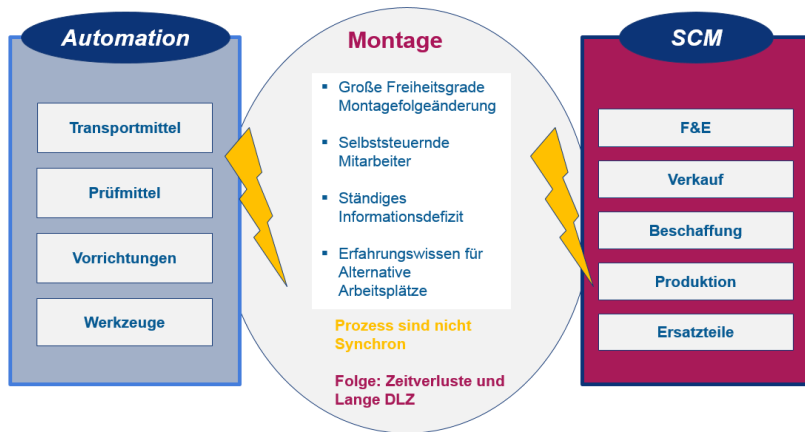
Umfassende Integration in die Supply Chain

Ein wichtiger Erfolgsfaktor der nächsten industriellen Evolutionsstufe sind nicht nur die Smart Factories, sondern auch wie gut diese über die Grenzen des eigenen Unternehmens miteinander synchronisiert sind und harmonisieren. Die neuen Technologien versprechen völlig neue Chancen und Synergien für die Wertschöpfung, den Informationsfluss und die Zusammenarbeit mit allen Teilnehmern der Lieferkette. Die Entwicklung geht dahin, dass die Wertschöpfungstiefe einzelner Unternehmungen drastisch sinkt. Das hat zur Folge, dass Partner und Kunden in die eigenen Wertschöpfungsprozesse integriert werden müssen, da die Wertschöpfung immer mehr im Rahmen von Kooperationen geleistet wird.

Da Effizienz und Dynamik der Supply Chain maßgeblich von Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Systeme, sowie Integrität der Daten abhängig ist, besteht enormer Bedarf an passenden Plattformen und Schnittstellen. Jedem Teilnehmer müssen die für ihn relevanten Daten in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden, dadurch erhöht sich die Flexibilität im Fertigungsprozess: Die Anforderungen und Personalisierungswünsche des Kunden an das Produkt können erfüllt werden. Die Beschaffung, Planung der Logistikkette und der Produktion werden nachfrageabhängig justiert und synchronisiert.



Kopplung von Automation und SCM



Es herrscht ein permanentes Informationsdefizit zwischen SCM- und Automationsebene.

Ein anderes Problem ist, dass kurzfristige Auftrags-änderungen nicht mehr an die Automationsebene weitergegeben werden, da die Informationen nur noch auf Papier vorhanden sind. Die papierlose Produktion stellt damit einen wichtigen Baustein für eine verbesserte Integration dar.

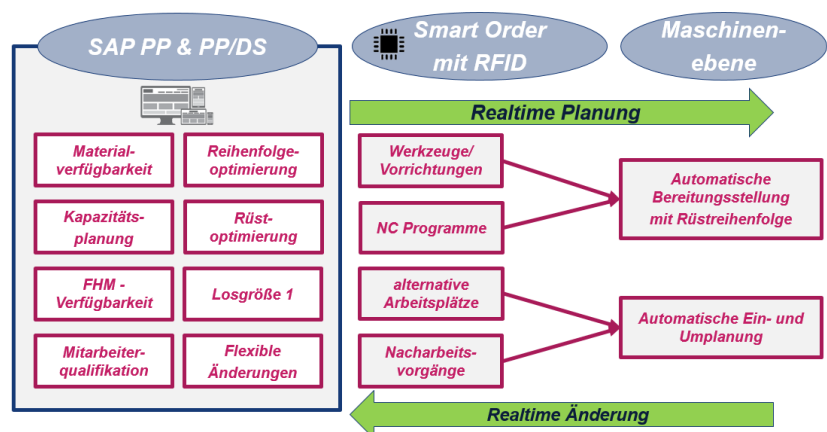
Die Automationsebene ist von der Supply Chain Management Ebene stark entkoppelt. Im SCM stehen keine Informationen über Werkzeuge, Prüfmittel, Vorrichtungen oder Personalqualifikationen zu Verfügung. Daher wird die Planung in der Regel entkoppelt von der Automationsebene durchgeführt.

Die notwendigen Informationen aus der Automation werden ebenfalls nur unzureichend, verspätet oder überhaupt nicht an die SCM Ebene weitergegeben. Ein Maschinenstillstand auf der Automationsebene, z.B. durch einen defekten Bohrersatz oder unzureichender Qualifikation eines Mitarbeiters für einen bestimmten Arbeitsschritt, wirkt sich nicht direkt auf die Produktionsplanung aus. Wenn aufgrund dieser Gegebenheiten der Arbeitsplatz gewechselt werden muss, ist häufig das Erfahrungswissen der Mitarbeiter gefragt, einen alternativen Arbeitsplatz zu identifizieren.

Regelmäßig kommen ME-Systeme zum Einsatz, welche jedoch die Information des Arbeitsplatzwechsels nicht mehr planerisch an das ERP-System weitergeben. Der Abgleich findet lediglich über den Grad der Abarbeitung von Produktionsaufträgen statt. Hiermit entstehen große Freiheitsgrade in der Produktion für die Abarbeitung von Montage- und Produktionsfolgen.

Anforderung an die Feinplanung

In Rahmen der Industrie 4.0 ist eine Integration auf die Maschinenebene (Automationsebene) erforderlich, um auf die Herausforderung dieses modernen Szenarios reagieren zu können. Es sollen SMART Produkte individuell mit der Losgröße 1 produziert werden, um schneller auf kurzfristige Änderungen eingehen zu können. Somit muss auch die Feinplanung flexibel auf Veränderungen reagieren können. Die Reaktion muss jedoch angepasst auf die Gegebenheiten und Probleme in der Maschinenebene erfolgen. Daher müssen zusätzlich Verfügbarkeit, Kapazität, Fertigungshilfsmittel und auch die Mitarbeiterqualifikation berücksichtigt werden. Kommt es zu Störungen auf der Maschinenebene müssen Umplanungen in Realtime erfolgen, um alle am Produktionsprozess beteiligten Teilnehmer (Mensch, Maschine und Steuertechnik) mit neuen Planungsinformationen zu versorgen. Wenn aufgrund von Abweichungen im Produktionsprozess im Rahmen einer vorbeugenden Instandhaltung eine unzureichende Produktqualität zu erwarten ist, kann auch mit der automatischen Planung von Nacharbeitsfolgen reagiert werden.



Integration PP/DS on Hana

In einer klassischen Architektur findet sich der APO auf der SCM Ebene und übernimmt zentrale Planungsfunktionen. Das PP/DS stellt das Bindeglied zur werkspezifischen Planung da.

Aufgrund der nun möglichen ERP Integration des PP/DS auf der SAP Hana Plattform übernimmt der PP-Teil mit den Advanced Planning Algorithmen den MRP. Der MRP wird auf der Hana Plattform trotz größerem Funktionsumfang der APS Methoden um ein Vielfaches schneller.

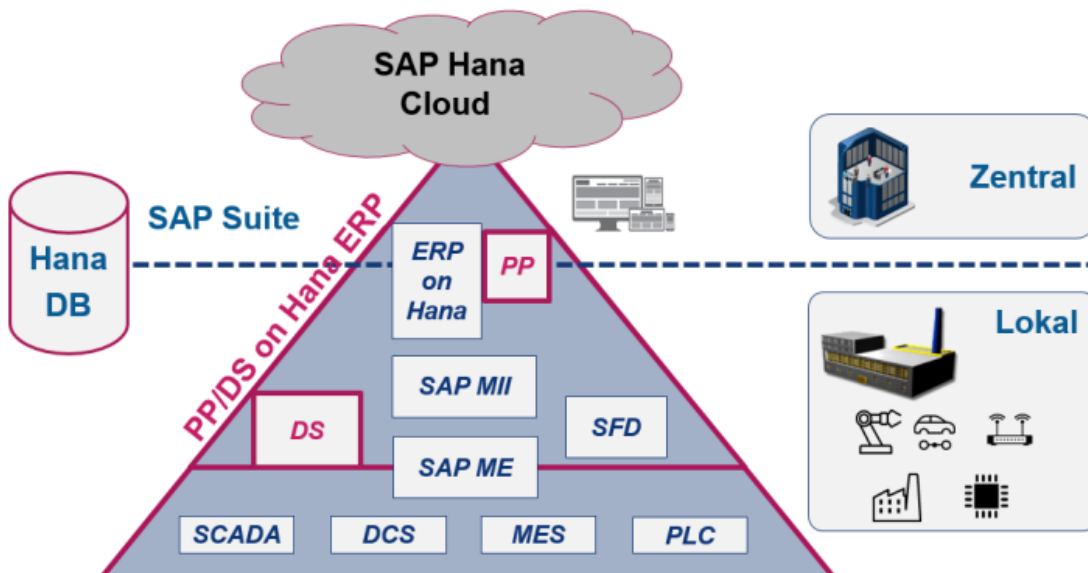
Das APO-DS übernimmt nun im Rahmen einer Industrie 4.0 orientierten Architektur auch Funktionen auf der Automationsebene und kommuniziert mit den ME-Systemen und dem Shop-Floor.

Aufgrund der Live Cache Technologie und der Hana DB ist die Feinplanung in der Lage auf Änderungen in der Maschinensteuerungsebene zu reagieren.

Widerstände für Industrie 4.0

Auf dem Weg zur umfassenden Vernetzung der Wertschöpfungskette und Etablierung von Industrie 4.0 sind noch einige Hindernisse zu überwinden. Oft klagen Unternehmen die an der vierten Revolution teilnehmen wollen über fehlende Standards für Systemschnittstellen, vor allem zwischen Manufacturing Execution Systemen und der Steuerungsebene. Zudem könnte die Kooperation zwischen Technologielieferanten und Anwendern ausgebaut werden. Ein weiteres Problem sind fehlende Standards für das Management und die Bereitstellung der Daten aus den Cloud-Systemen.

Auch der Mensch muss sich anpassen und sich von seinen langen gelebten, herkömmlichen Konzepten mit Ebenen-Denkweise (ERP – MES – Anlagenebene – SPS) verabschieden. Ihm muss zudem die Angst genommen werden, die bei jeder industriellen Revolution aufkam: Der Verlust des Arbeitsplatzes. Doch auch hier bieten die aufkommenden Technologien völlig neue Möglichkeiten bei der Einbindung der Belegschaft. Ihr sollen über Augmented Reality alle relevanten Informationen ohne Medienbrüche direkt zugänglich gemacht werden, z.B. die Visualisierung notwendiger Arbeitsschritte in Form von Abbildungen und Handlungsanweisungen oder in welchem Fach ein auszulagerndes Material liegt und wie es zu behandeln ist.



Glossar:

APS Advanced Planning System
 DCS Distributed Control system
 MII Manufacturing Integration and Intelligence

SCADA Supervisory Control and Data Acquisition
 MES Material Execution System
 PLC Program Logic Control