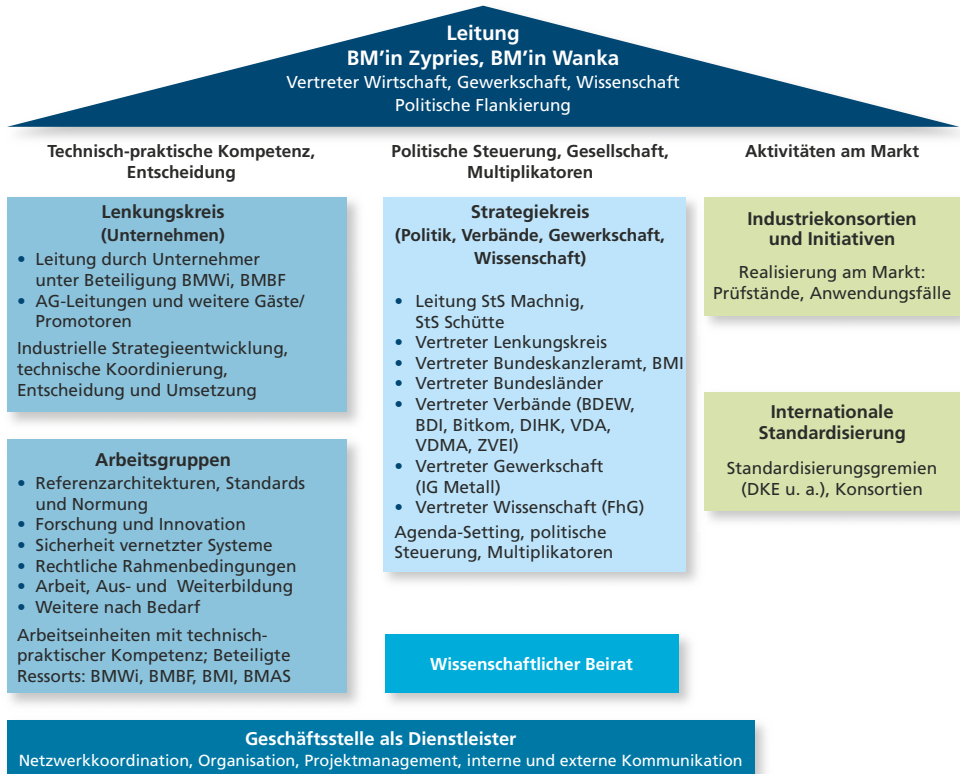


# Digitale Revolution und digitaler Wandel



# I Plattform Industrie 4.0



**Bild I.1** Plattform Industrie 4.0 (Stand 01. März 2017)

# 1 Digitale Transformation «Made in Germany»: Plattform Industrie 4.0 unterstützt Unternehmen auf dem Weg zur vernetzten Produktion

Die Plattform Industrie 4.0 ist das zentrale Netzwerk für nationale und internationale Aktivitäten zur digitalen Transformation in Deutschland. Mit ihr zeigt Deutschland einen vielversprechenden Weg, Digitalisierung und Produktion systematisch zusammenzuführen. Die Plattform vereint diejenigen, die Industrie 4.0 mitgestalten wollen:

Der durch die Plattform etablierte Schulterschluss zwischen Wirtschaft, Verbänden, Wissenschaft, Gewerkschaften und Politik unterstützt das koordinierte Vorgehen in Wirtschaft und Gesellschaft durch die Abstimmung der verschiedenen Perspektiven und Ansätze. Dabei versteht sich die Plattform als ein Netzwerk, das Akteure zusammenführt, mit ihnen diskutiert, Prozesse moderiert, für Themen sensibilisiert und Unternehmen mobilisiert – damit Industrie 4.0 «Made in Germany» ein Erfolg wird. Die Arbeit der Plattform konzentriert sich dazu auf vier Bereiche:

## 1. Inhaltliche Empfehlungen erarbeiten

Deutschland soll einer der modernsten Industriestandorte bleiben und sich dynamisch weiterentwickeln. Die Arbeitsgruppen der Plattform erarbeiten hierfür aus Forschungs- und Praxiserkenntnissen Handlungsbedarfe und -empfehlungen für passende Rahmenbedingungen, die es Unternehmen vereinfachen, neue Denkansätze und technologische Entwicklungen aus dem Industrie-4.0-Kontext in die Unternehmenspraxis zu transferieren.

## 2. Unternehmen, insbesondere den Mittelstand, mobilisieren

Bisher befasst sich rund ein Drittel der Unternehmen in Deutschland mit dem Thema Industrie 4.0. Mit der Online-Landkarte zeigt die Plattform Praxisbeispiele und informiert über Fachveranstaltungen – damit noch mehr Unternehmen ihren Weg in die Industrie 4.0 finden. Anhand der vorhandenen Anwendungsfälle können sich Unternehmen informieren, mit dem Thema konkret auseinandersetzen und werden angeregt, entsprechende Szenarien zu erproben und umzusetzen.

## 3. Unterstützung aus einer Hand anbieten

Deutschland verfügt über viele Programme und Maßnahmen im Bereich Industrie 4.0. Die Plattform Industrie 4.0 bietet Interessenten schnellen Zugang zu Informationen, wie beispielsweise zu Fördermaßnahmen. Dabei dient die Plattform als zentraler Ansprechpartner für Interessierte im In- und Ausland. Somit werden Synergien erschlossen und Doppelarbeiten vermieden.

## 4. Internationale Vernetzung fördern

Den internationalen Austausch vorantreiben und die grenzüberschreitenden Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung gemeinsam angehen, das ist ein Kerngedanke der Plattform Industrie 4.0. Als wichtiger Ansprech- und Kooperationspartner treibt die Plattform in ersten Kooperationen auf europäischer und internationaler Ebene gemeinsame Industriestandards für eine vernetzte Produktion voran. Sie pflegt enge Kontakte zu Initiativen aus Japan, den USA, Frankreich, China sowie der Europäischen Kommission und baut diese systematisch aus. Dazu ist sie auf nationalen wie internationalen Veranstaltungen und Netzwerken präsent.

## 2 Gemeinsam den Wandel gestalten: Die Produktion von morgen

Industrie-4.0-Szenarien in 2020: ein systematischer Blick auf die Zukunft der Industrie. Mit der Erarbeitung konkreter Zukunftsszenarien der Industrie 4.0 bietet die Plattform sowohl den Unternehmen als auch der Politik, der Wissenschaft und den Arbeitnehmervertreterinnen und -vertretern eine Orientierungshilfe für die koordinierte Gestaltung der digitalen Transformation des Industriestandortes Deutschland. In Verbindung mit den bereits zu Industrie 4.0 realisierten Anwendungsbeispielen zeigen die Anwendungsszenarien ein Bild der Zukunft industrieller Produktion. Damit ermöglichen sie den Akteuren der Plattform sowohl eine fundierte Einordnung des Status quo als auch die Ableitung von Handlungsoptionen zur Gestaltung der digitalen Transformation der industriellen Produktion.

### 2.1 Auftragsgesteuerte Produktion

*Dieses Anwendungsszenario stellt den Auftrag in den Mittelpunkt und beschreibt, wie die notwendigen Produktionsressourcen dynamisch über Unternehmensgrenzen hinweg für einen Auftrag zusammengestellt werden.*

#### **Autonome und automatisierte Vernetzung von Produktionsfähigkeiten über die eigenen Fabrikgrenzen hinaus zur Optimierung des Portfolios im Hinblick auf Kunden- und Marktanforderungen**

Viele Produkte unserer Zeit verändern sich immer schneller. War das Displayglas eines Smartphones gestern noch eben, gibt es heute bereits erste gebogene Displays. Auch im Automobilbau wächst das Spektrum der eingesetzten Materialien stetig: Von Aluminium über hochfeste Stähle bis zu faserverstärkten Kunststoffen kommt heute eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien zum Einsatz. Immer kürzer werdende Innovations- und Produktzyklen sowie die Verfügbarkeit neuer Produktionstechnologien zwingen produzierenden Unternehmen immer kürzere Reaktionszeiten und schnellere Investitionsentscheidungen auf – und das sowohl bei Konsum- als auch bei Investitionsgütern.

Um diesem Trend zu begegnen und langwierige Investitionsentscheidungen zu umgehen, beginnen Unternehmen, ihre Produktionsfähigkeiten über Unternehmensgrenzen hinweg immer stärker zu vernetzen.

#### **Kerngedanke:**

Das Anwendungsszenario «Auftragsgesteuerte Produktion» (Bild 2.1) beschreibt eine flexible Fertigungskonfiguration. Dank einer werks- und unternehmensübergreifenden Vernetzung von Produktionsfähigkeiten und Kapazitäten kann sie sich schnell an verändernde Markt- und Auftragsbedingungen anpassen und die Fähigkeiten und Kapazitäten bestehender Produktionsmittel bestmöglich ausnutzen. So wird das Potenzial der Vernetzung mit anderen Fabriken über die Grenzen des eigenen Werks hinaus dazu genutzt, das eigene Portfolio und insbesondere die Produktion im Hinblick auf die sich immer rascher ändernden Kunden- beziehungsweise Markt-

anforderungen auszurichten. Konkret werden die Fertigungsketten mit Blick auf unterschiedliche Parameter wie etwa Kosten und Zeit optimiert.

Im Kern beruht die auftragsgesteuerte Produktion auf einer Standardisierung der einzelnen Prozessschritte einerseits und der Selbstbeschreibung von Fähigkeiten der Produktionsmittel andererseits. Diese Standardisierung erlaubt die automatisierte Auftragsplanung, -vergabe und -steuerung zur Einbindung aller benötigten Fertigungsschritte und Produktionsmittel. Einzelne Prozessmodule können so wesentlich flexibler als früher miteinander kombiniert und ihre spezifischen Fähigkeiten genutzt werden.

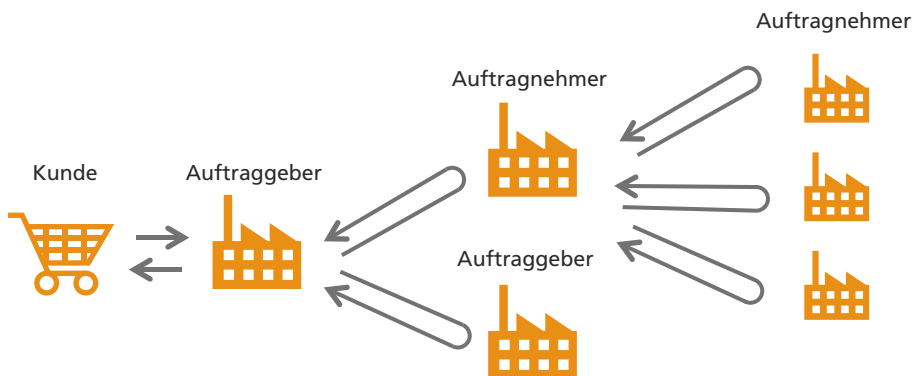
Dazu bieten Unternehmen freie Fertigungskapazitäten an und steigern auf diese Weise die Auslastung des eigenen Maschinenparks. Bei Bedarf greifen andere Unternehmen auf die angebotenen Kapazitäten zu und erweitern so temporär das eigene Fertigungsspektrum. Bestehende Produktionskapazitäten werden so besser ausgelastet und Auftragsschwankungen ausgeglichen. Ziel ist es, die Einbindung von externen Fabriken in den Produktionsablauf möglichst selbstständig ablaufen zu lassen. Insbesondere soll die dazu notwendige Auftragsvergabe weitgehend automatisiert durchgeführt werden.

### Im Ergebnis ...

Auf der einen Seite eröffnet sich für produzierende Unternehmen die Möglichkeit, die eigenen Fertigungsfähigkeiten und Kapazitäten ad hoc entsprechend der Auftragslage durch die Einbindung externer Produktionsmodule weitgehend automatisiert zu erweitern. Investitionsmittel werden dabei nicht gebunden. Sie werden so in die Lage versetzt, sehr flexibel auf veränderte Markt- und Kundenanforderungen zu reagieren. Auf der anderen Seite können Unternehmen, die ihre Maschinen auf dem Markt anbieten, ihre Kapazitätsauslastung optimieren.

## 2.2 Wandlungsfähige Fabrik

Dieses Anwendungsszenario (Bild 2.1) stellt eine Produktionsressource – in Abgrenzung zum Anwendungsszenario «Auftragsgesteuerte Produktion», in dem die unternehmensübergreifende Vernetzung im Fokus steht – in den Mittelpunkt und beschreibt, wie diese im Hinblick auf die Wandlungsfähigkeit gestaltet werden kann und welche Konsequenzen dies für den Lieferanten der Produktionsressource sowie den Systemintegrator hat.



**Bild 2.1** Wertschöpfungsnetz «Auftragsgesteuerte Produktion»

## Plug & Produce – adaptierbare Fertigungskonfiguration innerhalb einer Fabrik zur kurzfristigen Veränderung von Produktionskapazitäten und Produktionsfähigkeiten

Plug & Play – an den heimischen PC lassen sich mittels USB-Kabel neue Geräte einfach anschließen und sind meist schon nach kurzer Zeit ohne weiteres Zutun nutzbar. Was beim Computer auf dem Schreibtisch schon lange Realität ist, wird zunehmend auch für die industrielle Produktion relevant. Die Anforderungen an die Wandlungsfähigkeit von Produktionsinfrastruktur steigen bereits heute ganz massiv. Immer kürzere Produkt- und Innovationszyklen machen es erforderlich, bei der Investitionsentscheidung für neue Produktionsanlagen nach Möglichkeit bereits künftig geforderte Fertigungsfähigkeiten und Prozessänderungen einzubeziehen. Zudem erschwert die steigende Volatilität von Aufträgen immer häufiger die optimale Auslastung von Fertigungslinien. Flexibilität und Wandlungsfähigkeit werden immer stärkere Entscheidungskriterien beim Bau und Betrieb neuer Produktionsanlagen.

Ein Beispiel ist das Bedrucken von Produkten. Hier kommen unterschiedliche Drucktechniken zum Einsatz – je nach Druckaufgabe beispielsweise Tampondrucker (Übertrag der Druckfarbe durch einen elastischen Tampon von der Druckform auf das Produkt), Tintenstrahldrucker und / oder Laserdrucker. In der wandlungsfähigen Fabrik können solche Betriebsmittel direkt an die Automation im Produktionsprozess angeschlossen werden. Einfach ausgedrückt, wird das zu bedruckende Material sagen: «Bedrucke mich», und der Tampondrucker wird fragen: «Ist das zu bedruckende Material fettfrei?», der Tintenstrahldrucker wird zusätzlich nach der Materialbeschaffenheit fragen, da er zum Beispiel für den Trockenprozess eine Hitzequelle verwendet, und der Laserdrucker wird nach dem zu beschriftenden Material fragen, um den Kontrast abzusichern.

### Kerngedanke:

Das Anwendungsszenario der wandlungsfähigen Fabrik beschreibt den schnellen und unter Umständen auch weitgehend automatisierten Umbau einer Fertigung – sowohl im Hinblick auf geänderte Fertigungskapazitäten als auch auf geänderte Fertigungsfähigkeiten. Zentrales Konzept zur Umsetzung ist ein modularer und somit wandlungsfähiger Aufbau der Herstellung innerhalb einer Fabrik. Intelligente und interoperable Module, die sich weitgehend selbstständig an eine veränderte Konfiguration anpassen, und standardisierte Schnittstellen zwischen diesen Modulen ermöglichen so einen einfachen und schnellen Umbau, der sich an geänderte Markt- und Kundenanforderungen anpasst. Während im Anwendungsszenario «Auftragsgesteuerte Produktion» der Schwerpunkt bei der flexiblen Nutzung existierender Fertigungseinrichtungen durch intelligente Vernetzung liegt, beschreibt dieses Szenario die Wandlungsfähigkeit einer einzelnen Fabrik durch den (physischen) Umbau.

Beim Aufbau einer Produktionslinie steht heute in der Regel – zusätzlich zur Qualität – die Maximierung von Produktivität und Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf eine vorgedachte Produktpalette im Vordergrund. Die einzelnen Komponenten werden in eine statische Beziehung zueinander gesetzt und sind in der Lage, die vorgedachten Funktionalitäten und Mengenerwartungen zu beherrschen. Oft übernimmt ein Systemintegrator die Abstimmung der Einzelkomponenten aufeinander sowie die Entwicklung einer Steuerung der Gesamtanlage. Wird die Auftragslage jedoch durch eine hohe Individualität der Produkte oder eine hohe Volatilität der Nachfrage geprägt, können so geplante Produktionslinien ihre Stärken nicht mehr ausspielen. Modular aufgebaute, auftragspezifisch wandlungsfähige Fertigungskonfigurationen gewinnen dann an Wert: Sie steigern beispielsweise die Gesamtauslastung der Fertigung oder die Lieferfähigkeit. Damit ändern sich aber auch die Anforderungen an einzelne Maschinen oder Fertigungsmodule: Wichtiger noch als eine hohe Varianz spezifischer Fertigungsvorgänge wird die

prinzipielle und einfache Kombinationsfähigkeit der einzelnen Module. Um dies zu erreichen, müssen die Module eine Selbstbeschreibung im Hinblick auf die schnelle und robuste Kombinierbarkeit / Umbaubarkeit zu einer Maschine / Anlage enthalten. Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen diese Anforderungen:

- Ein neues vernetzbares Feldgerät, zum Beispiel ein Antrieb, mit einer neuen Firmware-Version wird in die Fertigung eingebracht. Das neue Gerät muss automatisch Netzwerkkonnektivität erhalten und in sämtlichen angeschlossenen Teilsystemen bekannt gemacht werden. Die beteiligten Systeme müssen entsprechend aktualisiert werden.
- Ein unkonfiguriertes Feldgerät wird in die Fertigung eingebracht, beispielsweise in dem Fall, dass es aufgrund eines Fehlers des alten Geräts schnell ausgetauscht werden muss. Das Feldgerät muss nun aufgrund der in den Softwarekomponenten befindlichen Informationen individualisiert und parametrisiert werden.
- Eine Fertigung wird umgebaut oder modifiziert, weil eine neue Produktvariante hergestellt werden soll. Die steuerungs-/softwarerelevanten Änderungen sind zu detektieren und automatisch an alle beteiligten Systeme zu propagieren.
- Nach Umbau einer Anlage sollen Softwarekomponenten zur Prozesssteuerung unter Einhaltung bestimmter Kriterien – etwa Ausbringung oder Verfügbarkeit – zwischen den dezentralen Steuerungen verschiebbar sein.
- Eine (neue) Funktionalität des **Manufacturing Execution Systems** (MES) wird eingefügt oder geändert, zum Beispiel die Visualisierung eines bis dahin nicht benötigten Sachverhalts. Die Visualisierung soll automatisch erstellt werden, der Zugriff auf die benötigten Informationen aus der Feldebene soll ebenfalls automatisch erfolgen.

Beim Maschinenbauer erfordert dies eine entsprechende Gestaltung der internen Entwicklungsprozesse: Modulare Maschinen machen ein «modulares» Engineering, basierend auf Bibliotheken wiederverwendbarer Module («Plattform»-Entwicklung), notwendig. Maschinenarchitekturen müssen so gestaltet werden, dass kombinierbare mechatronische Module einschließlich einer Plug & Produce-Fähigkeit der Fertigungsmodule durch interoperable Schnittstellen und adaptive Automatisierungstechnik entstehen. Konzepte für herstellerübergreifende «Dienste» wie Archivierung, Alarmierung oder Visualisierung sowie eine aufwandsarme Integration bezüglich der MES-Funktionen müssen entwickelt werden.

### **Im Ergebnis ...**

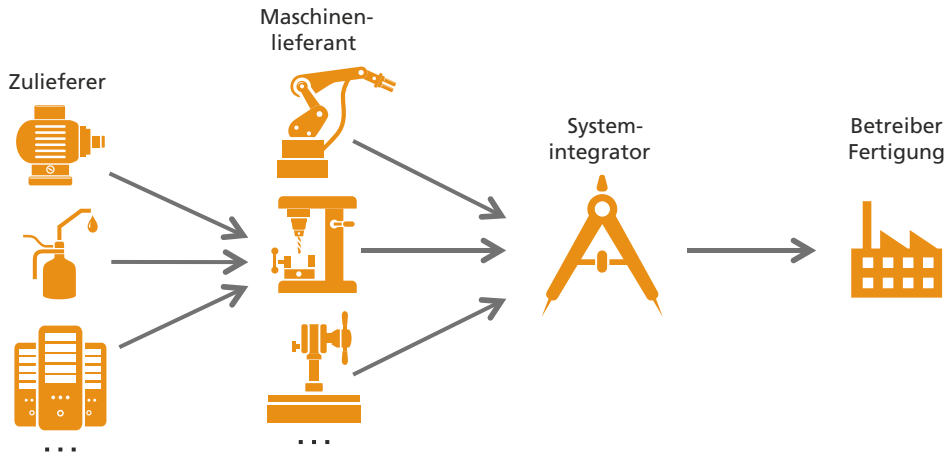
Für produzierende Unternehmen wird ein schnelles, aufwandsarmes und zuverlässiges Umbauen der Fertigung möglich, so dass schnell auf sich ändernde Kunden- beziehungsweise Marktanforderungen reagiert werden kann. Die zunehmende Standardisierung und Modularisierung erweitern zudem die Möglichkeiten, Fertigungseinheiten unterschiedlicher Anbieter zu kombinieren und somit für jedes einzelne Modul die wirtschaftlichste Lösung zu realisieren.

Für die Maschinenhersteller eröffnen sich durch die Modularisierung der Maschinen neue Spielräume, in denen sich Skaleneffekte ausschöpfen lassen.

## **2.3 Selbstorganisierende, adaptive Logistik**

*Dieses Szenario (Bild 2.2) beschreibt die Anforderungen an die Inter- und Intra-Logistik im Umfeld flexibler und wandlungsfähiger Produktionsabläufe.*





**Bild 2.2** Wertschöpfungsnetz «Wandlungsfähige Fabrik»

## Erhöhung der Flexibilität und Reaktionsgeschwindigkeit industrieller und logistischer Systeme in zunehmend volatilen und wandlungsfähigen Produktionsumfeldern

Bereits heute fordern viele Produktionsprozesse Zulieferungen just in sequence, das heißt, die benötigte Ware wird zeit-, mengen- und artikelgenau an den richtigen Platz geliefert und dort sofort verarbeitet. Eine Unterbrechung in der Lieferkette wird also immer mehr zum entscheidenden Risiko für den Produktionsprozess. Hinzu kommen stetig steigende Kundenanforderungen an eine höhere Individualität der Produkte – so wird die berühmte Losgröße 1 zur Ultima ratio. Und nicht zuletzt die Volatilität der Märkte stellt Anforderungen an die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Logistik, denen starr verkettete Maschinen- und Materialflusssysteme nicht mehr gerecht werden. Kurzum:

Gefragt sind zunehmend dezentralisierte, agile und autonom interagierende Fördertechnikmodule sowie eine belastbare Distributionslogistik.

### Kerngedanke:

Kern dieses Anwendungsszenarios ist die Erhöhung der Flexibilität und Reaktionsgeschwindigkeit industrieller und logistischer Systeme. Die selbstorganisierende adaptive Logistik umfasst dabei die gesamte Wertschöpfungskette der horizontalen Integration (End-to-end-Logistik), beginnend mit der Intralogistik innerhalb der Fabriken über die adaptive Distributionslogistik mit ihren Zuliefer- und Auslieferprozessen des Supply-Chain-Managements bis hin zur Endkundenlogistik für das auszuliefernde Produkt.

Innerhalb einer Produktionsstätte werden Produktionslinien und Intralogistik miteinander verknüpft. Ein selbstlernendes System vermittelt Produktionsaufträge zwischen den Produktionsstrecken und reagiert flexibel auf Systemausfälle und Kundenprioritäten. Der Materialfluss zwischen Lager und Produktionsstrecke sowie zwischen den Produktionsstrecken wird über autonome Transportfahrzeuge sichergestellt. Die Transportfahrzeuge sind mit Sensoren und Navigationseinrichtungen ausgestattet und kommunizieren miteinander sowie mit den Systemen des Lagers und der Produktion über ein Cloud-basiertes System, Stichwort: Intelligenz in der Cloud. Sie agieren als sogenannte Smart Objects, die sich autonom oder teilautonom, durch den

Menschen ergänzt, bewegen. Durch Algorithmen / Services verhandeln sie über Aufträge und Wegerechte, ermitteln optimale Wege, vereinbaren Abhol- und Lieferorte. Lagerplätze sind bereits in der Lage, über die in ihnen enthaltenen Materialien selbst Logbuch und Inventur zu führen. Bei Erreichen eines bestimmten Füllstandes oder nach Abgleich von Materialbedarf und -vorrat löst der Lagerort eigenständig eine Bestellung aus. Der Materialfluss wird sich an nahezu jede neue Situation anpassen – eben just in sequence. Veränderte Situationen an der Produktionslinie werden direkt an die Logistikeilnehmer kommuniziert. Werden vornehmlich kleinere Lose bearbeitet, ändern sich entsprechend häufig die Produktionsbedingungen sowie die Materialbedarfe und -flüsse. An der Werksgrenze findet ein reibungsloser Übergang statt, um entweder die innerhalb des Werks notwendige Warenlieferung anzunehmen, die dann adaptiv in die Produktion integriert wird, oder um den Endkunden zu bedienen.

Auch im unternehmensübergreifenden, stetig zunehmenden Warenverkehr werden neue Vorgehensweisen in der Logistik erforderlich. Bei der Erfüllung eines Logistikauftrags außerhalb der Produktionsstätte muss einer Vielzahl von Aspekten Rechnung getragen werden. Zusätzlich zu sich ständig wandelnden Kundenanforderungen – Sicherheit der Daten und Schutz der Privatsphäre eingeschlossen – müssen auch Gegebenheiten bezüglich Umwelt, Ressourcen sowie der wirtschaftlichen und politischen Lage berücksichtigt werden. Waren, die die Produktionsstätte verlassen, besitzen in Zukunft die Kenntnis und Intelligenz, die notwendig sind, um zur richtigen Zeit beim richtigen Adressaten einzutreffen. Die zur Erfüllung des jeweiligen Logistikauftrags zur Verfügung stehenden Transportwege und -mittel, also Wasser, Schiene, Luft und Straße, werden durch intelligentes Routing ressourcen- und zeitsparend genutzt. Autonom fahrende Transportfahrzeuge und Verladeeinrichtungen werden das Straßenbild prägen und können Auftragspitzen und Zeitdruck ohne Rücksicht auf heute limitierende Arbeitszeit- und Schutzregelungen abfangen. Dies ermöglicht nicht zuletzt neue Standortkonzepte für die vom Kundenbedarf bestimmte Produktion, einschließlich der Fertigung an absatznahen Standorten und der Rückholung von Produktionsstätten aus Niedriglohnländern. Zusammengefasst eröffnet dieses von Informations- und Kommunikationstechnologien getragene Zusammenspiel aller Akteure der intra- und extralogistischen Wertschöpfung ein neues Feld, das sowohl Industrie-4.0-Anwendungen vorantreibt als auch deren Nutzer und Profiteur ist.

### **Im Ergebnis ...**

Adaptive selbstlernende Logistik unterstützt die Individualisierung der Produkte und die damit einhergehende Flexibilisierung der Produktion. Kürzere Lieferzeiten, geringere Lagerbestände, niedrigere Preise und eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur können so erreicht werden.

Die Logistik wird transparent, intelligent und flexibel. Durch optimierte Ausnutzung der Kombinationsmöglichkeiten und Wege im Netzwerk wird sie in sich robuster und kann möglichen Störungen in der Lieferkette durch innere oder äußere Einflüsse mittels besserer Entscheidungen auf Basis einer effizienten Datenanalyse entgegenwirken.

## **2.4 Value Based Services**

*Dieses Anwendungsszenario (Bild 2.3) beschreibt die zukünftige Bedeutung von IT-Plattformen, die Daten aus der Produktion und der Produktnutzung sammeln, aufbereiten und auf dieser Basis neue Services anbieten.*