



Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung

Prof. Dr. August-Wilhelm Scheer



Scheer GmbH
Uni-Campus Nord
66123 Saarbrücken

Tel.: +49 681 93511-0
Fax: +49 681 93511-100
info@scheer-group.com
www.scheer-group.com



**AWS Institut für digitale
Produkte und Prozesse gGmbH**
Uni-Campus Nord
66123 Saarbrücken

Tel.: +49 681 93511-0
Fax: +49 681 93511-111
info@aws-institut.com
www.aws-institut.com

Inhaltsverzeichnis

Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung.....	1
A Was verbirgt sich hinter Industrie 4.0?	2
B Betriebswirtschaftliche Treiber von I4.0	4
I. „Smart Factory“	5
II. Produktsicht	8
III. Logistik	10
IV. Neue Businessmodelle in I4.0	11
C Implementierungsstrategien für I4.0.....	12
I. Strategie 1: Blue Ocean-Strategie	13
II. Stufenkonzepte.....	15
III. Smart Services	18
D Roadmap zu I4.0.....	22
E Neue Anforderungen an IT-Systeme.....	23
F Komplementäre Konzepte zu I4.0	25
Literaturverzeichnis	26
English summary	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Industrie 4.0: The Big Change	4
Abbildung 2: Implementierungsstrategie	13
Abbildung 3: Scheer BPaaS Platform Architecture.....	24

Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August-Wilhelm Scheer, Scheer Group GmbH, Saarbrücken
awscheer@t-online.de, www.scheer-group.com

Der Inhalt dieses Whitepapers erscheint als Beitrag in der Fachzeitschrift CONTROLLING.

Intro

Von den drei Elementen Auftrag, Produkt und Fabrik ausgehend, werden konkrete Projekte für die Vision Industrie 4.0 entwickelt und durch praktische Beispiele illustriert. Diese werden nach ihrem Investitionsbedarf und Strategiebeitrag für Industrie 4.0 bewertet. Hinweise für eine erforderliche Strategieentwicklung und neue Softwarearchitekturen schließen den Beitrag.

Summary

Starting from the three elements of task, product and factory, concrete projects will be developed to shape the vision of Industry 4.0 and illustrated with practical examples. These will be evaluated for Industry 4.0 according to their investment needs and strategic value input. Tips for the development of the necessary strategy and new software architecture follow this article.

Keywords

- Industrie 4.0
- Open Innovation
- Product Lifecycle Management
- Smart Factory
- Smart Services

Autorenbeschreibung:

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. August-Wilhelm Scheer ist Alleingesellschafter und Geschäftsführer der Scheer Group GmbH in Saarbrücken und emeritierter Ordinarius für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Wirtschaftsinformatik an der Universität des Saarlandes.

A Was verbirgt sich hinter Industrie 4.0?

Der Terminus Industrie 4.0 (I4.0) ist aus einer Arbeitsgruppe der Forschungsunion zur Erarbeitung der Vision einer zukünftigen Industriegesellschaft unter Einfluss des Internets hervorgegangen. Insbesondere ist er von den Leitern dieser Gruppe Prof. Dr. *Henning Kagermann*, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. *Wolfgang Wahlster* sowie Prof. Dr. *Wolf-Dieter Lukas* geprägt worden. (Die Forschungsunion ist eine vom BMBF eingerichtete Gruppe von Vertretern aus Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft zur Erarbeitung von Leitlinien für die High Tech-Strategie der Bundesregierung gewesen, der auch der Verfasser angehörte).

Der Begriff soll die durch das Internet ausgelöste vierte industrielle Revolution beschreiben. Die Zählweise wird dabei mit der Erfindung der Dampfmaschine, der Fließbandorganisation, der Automatisierung und nun dem Interneteintritt in die industrielle Organisation begründet. Diese Zählweise ist umstritten, so spricht z. B. der bekannte Zukunftsforscher *Jeremy Rifkin* lediglich von der dritten industriellen Revolution (vgl. Rifkin, 2014). Wenn man kein ‚angeborenes‘ Charisma besitzt, können einige Verhaltensweisen konkrete Hilfen geben.

Wie dem auch sei, hat sich der Begriff I4.0 rasend schnell verbreitet und in Wissenschaft und Praxis als ein herausforderndes Schlagwort durchgesetzt. So haben sich z. B. die großen Wirtschaftsverbände *ZVEI*, *VDMA* und *BITKOM* unter dem Dach des *BDI* zur Erarbeitung einer gemeinsamen Plattform für I4.0 zusammengetan und in nahezu jedem größeren Industrieunternehmen ist I4.0 ein Diskussionsthema. In der USA wird das Thema von dem *Industrial Internet Consortium* (IIC), dem die wesentlichen großen Industrie- und IT-Unternehmen angehören, behandelt. Auch deutsche Unternehmen arbeiten im IIC mit.

Auch die wissenschaftlichen Fach-Organisationen der deutschen Betriebswirtschaftslehre nehmen sich (etwas zu zögerlich) des Themas I4.0 an. Dabei ist zu beachten, dass die Organisation des Industriebetriebes für die BWL, insbesondere durch die Arbeiten von Erich Gutenberg und seiner Schule, immer eine besondere Bedeutung besessen hat. Viele Planungsverfahren und das Rechnungswesen sind zunächst für den Industriebetrieb entwickelt worden.

Mit der Erfindung des Schlagwortes I4.0 ist aber noch nicht automatisch verbunden, dass auch seine Inhalte kompetent beherrscht und umgesetzt werden können. Daher gilt es für die deutsche Wissenschaft und Industrie zu zeigen, dass nicht nur eine Vision erarbeitet wurde, sondern diese auch kompetent umgesetzt werden kann.

Die Definitionen für I4.0 sind vielfältig und komplex. Viele erstrecken sich auf über eine halbe DIN A4 Seite und sind sehr technisch ausgerichtet. Insbesondere wird häufig der Schwerpunkt einseitig auf die Fabrikautomatisierung gerichtet. Hier soll dagegen gezeigt werden, wie sich die neuen Informationstechniken unter Führung des Internets (insbesondere des Internets der Dinge) auf alle wesentlichen Funktionen des Industriebetriebs auswirken und zu neuen Businessmodellen mit neuen Produkten und Dienstleistungen sowie Geschäftsprozessen führen. Diese auch als Digitalisierung der Wirtschaft bezeichnete Entwicklung wirkt sich auf alle Branchen aus, sodass I4.0 auch nur eine herausgehobene Betrachtung einer einzelnen Branche ist.

Mit dem Begriff Internet der Dinge wird ausgedrückt, dass nicht nur Menschen über das Internet kommunizieren, sondern auch alle „Dinge“ wie Materialien, Produkte und Maschinen. Hierbei werden zur Kommunikation Konventionen des Internets (Internet-Protokoll IP) verwendet, insbesondere erhält jedes „Ding“ eine IP-Adresse. Mit der neuen Form IPv6 stehen 3,4 mal 10 hoch 38 Adressen zur Verfügung, sodass die Adressvergabe keine technische Hürde ist. Es wird deshalb auch in diesem Zusammenhang von dem „Internet of everything“ gesprochen.

In dem vorliegenden Beitrag soll zunächst ein Überblick über betriebswirtschaftlich relevante Ansatzpunkte für I4.0 gegeben werden, dann aber der Schwerpunkt auf gegenwärtig zu beobachtende Implementierungsstrategien von Unternehmen gelegt werden. Hierbei greift der Verfasser auch auf Erfahrungen zurück, die er mit acht innovativen IT-Unternehmen der *Scheer Group* aus Forschungs-, Beratungs- und Implementierungsprojekten gesammelt hat.

B Betriebswirtschaftliche Treiber von I4.0

Allein die Verfügbarkeit einer neuen Technologie besagt noch nicht, dass ihr Einsatz auch wirtschaftlich gerechtfertigt ist, also Industrieunternehmen einen Nutzen erzielen. Dieser wird häufig erst durch neue organisatorische Möglichkeiten erbracht.

Die wesentlichen neuen Technologien von I4.0 sowie insbesondere die den Nutzen erzeugenden betriebswirtschaftlichen Treiber werden im Folgenden herausgearbeitet.

In dem Y-Modell der *Abb. 1* werden die wesentlichen produktiven Prozesstypen eines Industriebetriebes vorgestellt, an denen die betriebswirtschaftlichen Wirkungen von I4.0 diskutiert werden. Das Modell geht auf Arbeiten des Verfassers in den 80er Jahren zum Thema Computer Integrated Manufacturing (CIM) zurück (vgl. Scheer, 1990). Dort wurden bereits ähnliche Gedanken erörtert, die damals wegen der noch nicht ausgereiften Informationstechnologie nicht realisiert werden konnten, heute aber mit den neuen Technologien aufgegriffen und erweitert werden können.

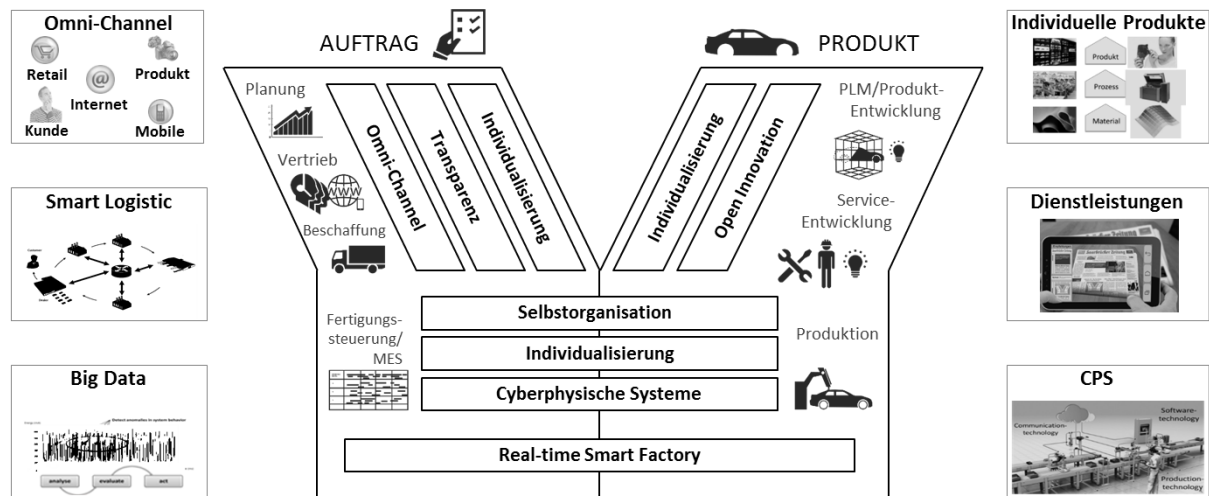


Abbildung 1: Industrie 4.0: The Big Change

Zur Illustration werden in das Y-Modell grafische Symbole zur Bezeichnung der Funktionen angegeben und außerhalb des Randes wesentliche mit I4.0 verbundene Technologien gekennzeichnet. Die in den Balken eingetragenen Begriffe bezeichnen die betriebswirtschaftlichen Treiber.

Die oberen Teile des Y-Modells bezeichnen Planungsaktivitäten, der untere Teil die kurzfristige Steuerungs- und Realisierungsebene.

Der linke Zweig des Y-Modells bezeichnet die durch Aufträge getriebenen Geschäftsprozesse eines Industriebetriebes. Aus den Kundenaufträgen werden die für die benötigten Materialien und Ressourcen erforderlichen Beschaffungsaufträge und für die zu produzierenden Teile die Fertigungsaufträge abgeleitet. Die Planung und Steuerung dieser Aufträge wird auch als Logistik bezeichnet. Externe Logistik bezeichnet dabei die Beziehungen zu Kunden und Lieferanten; interne Logistik die interne Auftragsabwicklung.

Der rechte Zweig des Y-Modells bezeichnet die durch die herzustellenden Produkte benötigten Prozesse. Die Forschungs- und Entwicklungsprozesse im rechten oberen Bereich erzeugen durch Einsatz von CAD/CAE-Systemen die geometrischen Produktbeschreibungen und durch die Arbeitsplanung die Fertigungsvorschriften (Arbeitspläne). Von der Fabrikplanung werden die benötigten maschinellen Ressourcen definiert.

In der Fabrik sind die logistischen und produktbezogenen Prozesse eng verbunden. Hier werden die zu produzierenden Teile nach Art, Menge, Zeit und Qualität mittels der Fertigungsvorschriften den Ressourcen zugeordnet, die Fertigung zeitnah gesteuert und die Ergebnisse erfasst. Die erzeugten Produkte werden anschließend dem Versand übergeben und an die Kunden ausgeliefert.

Die Finanzbuchhaltung und das Controlling begleiten aus der Wertesicht alle Prozesse, stehen aber hier nicht im Vordergrund.

Den drei wesentlichen Ansatzpunkten Fabrik, Produktentwicklung sowie Beschaffungs- und Vertriebslogistik wird im Weiteren gefolgt.

I. „Smart Factory“

Die wesentliche neue I4.0-Technologie in der Fabrik sind sogenannte Cyber-Physical Systems (CPS). Diese sind softwareintensive Produktionssysteme, die mit dem Internet verbunden sind und untereinander sowie mit den intelligenten Materialien kommunizieren. Materialien werden als intelligent bezeichnet, weil sie ihre

Eigenschaften wie Qualität und benötigte Fertigungsschritte (Arbeitspläne) auf einem Datenträger (chip) mit sich führen. Über Radio Frequency Identification (RFID)-Technologien können dann die Materialien selbstständig den Weg durch die Fertigung finden. Die CPS und Materialien koordinieren Kapazitätsbedarf und -angebot quasi über eine Art Marktplatz. Fällt ein CPS plötzlich aus, so übernimmt ein anderes System automatisch dessen Aufgabe und das System organisiert selbstständig den Materialfluss neu.

Der betriebswirtschaftlich organisatorische Treiber ist die Selbstorganisation der Fabrik quasi ohne Eingriff des Menschen. Dieses ist eine extreme Dezentralisierung. In den letzten 40 Jahren ist ein Trend zur Dezentralisierung der Fabriksteuerung klar zu erkennen, der nun ins Extrem geführt wird. Bis in die 80er Jahre dominierte ein zentraler Ansatz, d. h., von einer zentralen Produktionsplanung wurden Fertigungsaufträge definiert, die dann in der Fabrik „abgearbeitet“ werden sollten. Wegen der vielfältigen Störungen in der Fabrik führte dieses aber zur sofortigen Inaktualität der Planung und damit zum Scheitern des zentralen Ansatzes. Im nächsten Schritt wurde die Fabrik in kleinere organisatorische Einheiten gegliedert (Fertigungsinseln, Leitstandsbereiche, Flexible Fertigungssysteme, Bearbeitungszentren), die eine gewisse Autonomie zur Steuerung erhielten. Die nunmehrige durchgehende Selbststeuerung der Produktion ist damit fast die logische Konsequenz dieser Entwicklung. Wenn alle beteiligten Elemente des Systems ihren Zustand kennen und die Anforderungen der Aufgaben bekannt sind, ist die Koordination ein algorithmisch zu lösendes Problem.

In erweiterter Funktion führt die Selbstorganisation zur Selbstoptimierung. Wenn z. B. erkannt wird, dass ein Werkzeug einer Maschine etwas abgenutzt ist, können automatisch Fertigungsteile zugewiesen werden, für die der Werkzeugzustand noch ausreichend ist.

Die hohe Flexibilität der CPS ermöglicht eine starke Individualisierung der Fertigung, da das Umrüsten des Systems ohne Zeitverlust und ohne Kosten erfolgt. Damit ist das schon länger diskutierte Ziel der Fertigung zu Mengen mit Losgröße 1 zu den Kosten der Massenproduktion erreichbar.

Eine weitere wesentliche Technologie ist die kostengünstige Speicherung von Massendaten in der Fertigung, wie sie durch den Preisverfall von Speichermedien und neuen Datenbanktechnologien (Speicherung der Daten im Speicher des Rechners anstelle in externen Speichermedien, deshalb als „in memory“ bezeichnet) ermöglicht wird. Durch Sensoren können Maschinen-, Material- und Umfeldzustände Realtime erfasst werden. Analytische Auswertungsverfahren (analytics) wollen nicht nur das Verhalten der Vergangenheit erklären, sondern den Gegenwartszustand zum sofortigen Eingreifen nutzen und darüber hinaus Hinweise über ein zu erwartendes zukünftiges Systemverhalten geben. Bekanntestes Beispiel ist das predictive maintenance, bei dem aus dem gegenwärtigen Verhalten des Systems auf Anomalitäten geschlossen wird, die z. B. zum Auswechseln einer Komponente in naher Zukunft raten.

Der Feinheitsgrad der Datenerfassung ist nahezu beliebig filigran. So können pro Anlage, z. B. einer Turbine oder einem Kompressor, 100 bis 200 Messpunkte definiert werden, die Realtime abgefragt werden. Entsprechend hoch ist dann das zu bearbeitende Datenvolumen.

In *Abb. 1* ist ein Muster des Energieverbrauchs einer Anlage über einen Zeitraum von mehreren Sekunden angegeben. Durch eine Realtime-Analyse kann erkannt werden, ob das System durch unregelmäßigen Energieverbrauch eine Wartungsmaßnahme benötigt. Insgesamt führt die Kombination der Technologien zu der Vision der Realtime sich selbst steuernden Fabrik.

Eine Zwischenstufe bilden z. Zt. sogenannte Manufacturing Execution Systems (MES), die als eine Zwischenschicht zwischen der Fabrik und den darüber liegenden oberen Teilen des Y-Modells eine Filterung und Verdichtung von Daten vornimmt. Es ist aber zu erwarten, dass hierarchische Ansätze mehr und mehr verschwinden werden und alle Komponenten in einem Industriebetrieb direkt miteinander kommunizieren werden.

Dieses erhöht allerdings die Komplexität des Gesamtsystems immens, sodass die durchgängige Realisierung der Vision einer smart factory vorsichtig betrachtet werden sollte. Hier ist auch daran zu erinnern, dass bei der Diskussion des CIM-

Konzeptes vor rund 30 Jahren das an sich logisch sinnvolle Konzept wegen seiner fehlenden Umsetzungsmöglichkeit oder zu hohen Kosten schnell in Misskredit geraten ist. Deshalb sollte die smart factory zwar durchaus als Ziel definiert sein, aber mit realistischen Implementierungsschritten verbunden werden. Hierauf wird in Teil 3 zurückgekommen.

II. Produktsicht

Der rechte obere Teil des Y-Modells kennzeichnet die Produktentwicklung sowie die Entwicklung produktnaher Dienstleistungen.

Die gezeigte stärkere Flexibilisierung der Fertigung bis hin zur Losgröße 1 – Fertigung fordert eine stärkere Individualisierung der Produktentwicklung. Diese kann Wettbewerbsvorteile bringen und somit den Nutzen der Fabrikautomatisierung zeitigen. Dieses bedeutet konkret, dass die Variantenzahl von Erzeugnissen gesteigert werden kann bis hin zur rein kundenindividuellen Fertigung. Grafisch ist dieses in *Abb. 1* durch die kundenindividuelle Gestaltung eines Laufschuhs gezeigt. Dieses kann zu weitreichenden Konsequenzen führen. Da Kunden auf ihre Produkte in der Regel nicht lange warten möchten, fordert die Individualisierung, dass die Produktion näher an den Standort des Kunden rücken muss. Anders gesprochen, ein individueller Entwurf eines Laufschuhs nutzt wenig, wenn die Produktion in Asien durchgeführt werden muss und der Kunde Wochen oder Monate warten muss. Neue Technologien wie 3D-Druck, bei dem ein Erzeugnis aus einem geometrischem 3D-Modell durch Aufschichtung von Material gefertigt wird, erlaubt beispielsweise die sofortige Produktion eines nicht mehr lieferbaren Ersatzteils. Konzepte wie die speedfactory von *adidas* erlauben sogar die Vorstellung einer direkten Fertigung des Laufschuhs im Sportgeschäft nach Scannen der Passform.

Auf jeden Fall erhöht der 3D-Druck bereits die Entwicklungsgeschwindigkeit neuer Produkte durch die schnellere Entwicklung von Prototypen (rapid prototyping).

Neue Produktideen können nicht nur von der eigenen Entwicklungsabteilung generiert werden, sondern auch durch die systematische Einbeziehung von weiteren Mitarbeitern des eigenen Unternehmens, Kunden, Lieferanten bis zur gesamten interessierten Welt.

Dieses kann durch die Nutzung von Foren im Internet geschehen und wird als „Open Innovation“ bezeichnet.

In einer I4.0 Umgebung mit intelligenten Materialien und Bearbeitungseinheiten können über die gesamte Lebenszeit eines einzelnen Produktes alle vorgenommenen Aktivitäten, wie Reparaturen, Wartungen, Ersatzteilaustausch sowie die Einsätze und Einsatzbedingungen des Produktes automatisch erfasst und gespeichert werden. Dieses führt zum Konzept des transparenten Product Lifecycle Managements (PLM). Auch dieses führt zu einer immensen Datenfülle, die nur durch die skizzierten Techniken des Big Data behandelt werden kann. Die Analyse dieser Daten kann neben der rechtlich vorgeschriebenen Verfolgbarkeit von Teilen im Rahmen von Gewährleistungen vor allem Anregungen für Produktverbesserungen und Optimierung von Einsatzbedingungen geben. Dabei können die individuellen Produktdaten auf einem Chip im Produkt selbst gespeichert werden oder vom Hersteller in seiner Datenbank geführt werden.

Die Auswertung der Daten durch den Hersteller bringt neue Möglichkeiten für produktnahe Dienstleistungen. Bei der Erfassung von Maschinendaten in der Fabrik wurde bereits auf die predictive maintenance durch den eigenen Wartungsbereich hingewiesen. Aber dieser verfügt nur über die Daten der eigenen Maschinen.

Erfasst dagegen der Hersteller der Maschinen selbst die Daten ALLER von ihm produzierten Maschinen, so hat er eine unvergleichlich größere Datenbasis und kann beliebige Quervergleiche über das Verhalten der Maschinen anstellen. Hat er z. B. Wartungsverträge mit seinen Kunden abgeschlossen, so kann er den Wartungsprozess optimieren, indem er bereits vor dem Besuch eines Technikers die erforderlichen Maßnahmen erkennt oder den Besuchszeitpunkt bedarfsgerecht individuell festlegt.

Viele Maschinenbauer verdienen heute bereits erheblich durch Wartungsverträge. Dieser Effekt kann durch PLM noch verstärkt werden.

Eine extreme Weiterentwicklung ist die Übernahme des Betriebs der produzierten Anlagen durch den Hersteller. Dieses Konzept wird als Build, OWN, Operate (BOO) bezeichnet. Der Hersteller von Maschinen oder komplexen Anlagen kennt seine

Produkte selbst am besten und kann über die PLM-Daten ihr Verhalten in Abhängigkeit aller Einsatzbedingungen analysieren und ihren Einsatz optimieren. Deshalb liegt es nahe, dass er den Betrieb der Systeme beim Kunden oder in eigens von ihm eingerichteten Produktionsstätten selbst vornimmt. Der Kunde kauft dann auch kein Aggregat mehr, sondern erhält und bezahlt eine Dienstleistung nach Inanspruchnahme.

So verkaufen bereits heute Hersteller von Flugzeugantrieben ihre Systeme nicht mehr mit den Flugzeugen, sondern leasen die Systeme an die Fluggesellschaften, überwachen Realtime das Verhalten, übernehmen die Wartung und berechnen ihre Preise auf Basis der geleisteten Flugstunden. Die Fluggesellschaft kann sich dann auf ihr Kerngeschäft konzentrieren. Auch Hersteller medizinischer Geräte verkaufen ihre Systeme (z. B. Dialysesysteme) bereits jetzt nicht nur an Krankenhäuser, sondern betreiben selbst entsprechende Zentren und verkaufen anstatt Geräten Dienstleistungen, wie Erhöhung der Lebensqualität oder gesäubertes Blut. Dieser Trend wird sich im Rahmen von I4.0 weiter fortsetzen und immer mehr Industrieunternehmen werden den Charakter von Dienstleistern annehmen. So verstehen sich Automobilhersteller als Dienstleister für Mobilität und gründen Tochterunternehmen, mit denen sie ihre hergestellten Autos im Rahmen des Carsharing vermieten.

III. Logistik

Auch der linke obere Teil des Y-Modells, also die Vertriebs- und Beschaffungslogistik, wird durch I4.0 stark verändert.

Zunächst kann ein Kunde über vielfältige Kanäle wie Standardcomputer, Laptops oder Smartphones seinen Auftrag erteilen, stornieren oder ändern. Das Auftragserfassungs- und -verfolgungssystem des Lieferanten muss sich gegenüber den unterschiedlichen Zugangskanälen transparent verhalten, es muss omnichannel-fähig sein. Alle Kanäle müssen durcheinander benutzbar sein, d. h. der Kunde kann z. B. den Auftrag über den Standardcomputer erteilen, ihn dann aber über sein Smartphone ändern oder stornieren.

Technisch bedeutet dieses, dass die Benutzeroberflächen je nach Medium automatisch angepasst werden müssen. Der leichte Zugang des Kunden zum Lieferanten führt zusammen mit der Individualisierung zu einem verstärkten Änderungsanfall und damit zu den schon beschriebenen stärkeren Anforderungen an flexibleres Produktdesign und Fertigungsflexibilität. Der Kunde kann dann praktisch bis kurz vor dem Beginn eines Fertigungsschrittes, z. B. der Lackierung der Karosserie eines Autos, noch seinen Wunsch, also hier die Farbe, gegenüber seiner ursprünglichen Produktdefinition ändern.

Erst wenn die Flexibilität von Produktentwicklung und Fertigung dem Kunden deutlich wird, kann sie ihm den Nutzen von I4.0 zeigen.

Die Individualisierung der Produkte durch höhere Variantenzahl und kundenindividueller Fertigung erhöht tendenziell die Zahl der Zulieferer und verringert die Fertigungstiefe des Unternehmens. Dieses bedeutet, dass das Logistiknetzwerk des Unternehmens schneller reagieren muss. Neue Lieferanten müssen schnell identifiziert werden und sofort in das Netzwerk eingebunden werden. Störungen innerhalb der Supply Chain müssen frühzeitig erkannt werden und durch schnelle Maßnahmen abgefangen werden. Die Abrufe von Vorprodukten und Materialien werden kleinteiliger. Das gesamte Netzwerk muss für alle Beteiligten in jedem Augenblick transparent sein. Die gegenwärtig anzutreffenden Informationsbeziehungen von Abrufen zwischen direktem Zulieferer und Abnehmer reichen dann nicht aus. Vielmehr muss das gesamte Supply Chain-Netzwerk transparent sein. In dem vom *BMW* geförderten Forschungsprojekt RAN ist dieses durch Einsatz einer zentralen virtuellen Datenbank und RFID-Technologien prototypenhaft für die Automobilindustrie mit ihren Zulieferern erstellt worden und wird z. Zt. bereits von einigen Beteiligten auch real eingeführt. In *Abb.1* ist dieser Ansatz grafisch durch ein Netzwerk, in dem alle Knoten über eine virtuelle zentrale Datenbank verbunden sind, angedeutet.

IV. Neue Businessmodelle in I4.0

Bei der Beschreibung der drei Ansatzpunkte für I4.0, also Fabrik, Produkt und Logistik, wurde bereits deutlich, wie tief die betriebswirtschaftlichen Treiber

Individualisierung, Dezentralisierung, Selbststeuerung, Open Innovation, Dienstleistungsorientierung und Transparenz Industrieunternehmen verändern werden. Es entstehen neue Geschäftsmodelle. Ein Geschäftsmodell beschreibt die Grundprinzipien, nach denen ein Unternehmen seine Leistungserstellung und -verwertung vornimmt, kurz seinen Umsatz und seinen Gewinn erzielt.

Es besteht aus einem Erlösmodell, das beschreibt, ob z. B. das Unternehmen eher durch Dienstleistungen wie Wartung, BOO oder eher durch den Verkauf seiner Erzeugnisse die Erlöse erzielen will. Bei I4.0 kann das Erlösmodell auch noch komplizierter werden, wenn ein Kunde nicht nur mit Geld, sondern mit Daten über den Einsatz des Produktes „bezahlen“ kann, da der Hersteller mit diesen Daten neue Dienstleistungen anbieten kann.

Eine weitere Komponente eines Businessmodells ist das Ressourcenmodell, das die benötigten Ressourcen des Unternehmens beschreibt. Dieses besitzt bei I4.0 besondere Bedeutung, da hierdurch die benötigten Investitionsmittel bestimmt werden. Ohne die Beschreibung weiter auszuführen, soll lediglich ausgedrückt werden, dass im Rahmen von I4.0 weitreichende strategische Konzepte im Rahmen der Definition des Businessmodells zu diskutieren sind.

C Implementierungsstrategien für I4.0.

Im Folgenden werden in der Praxis zu beobachtende Implementierungsansätze vorgestellt. Diese werden in *Abb. 2* auf der Abszisse danach eingeordnet, wie viel Investment für sie erforderlich ist. Die Höhe des Investments steht auch für das Ausmaß der Komplexität sowie des benötigten zeitlichen Aufwandes. Auf der Ordinate wird angegeben, wie weit das Ziel einer vollständigen Erfüllung der Vision von I4.0 erreicht wird bzw. von der Strategie erreicht werden kann. Der senkrechte Strich soll Ausgangspunkt und Potenzial der Strategie kennzeichnen.

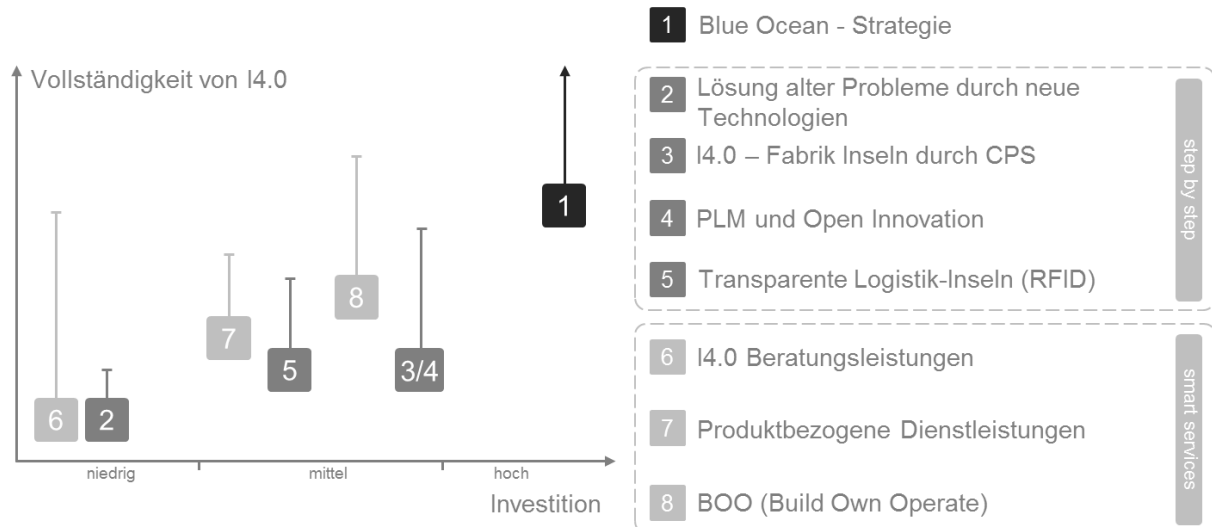


Abbildung 2: Implementierungsstrategie

I. Strategie 1: Blue Ocean-Strategie

Bei der Blue Ocean-Strategie (Nr. 1 in Abb. 2) wird eine disruptive Innovation durch I4.0 angestrebt (vgl. Kim/Mauborgne, 2005). Dieses bedeutet, dass mit dem Bestehenden gebrochen wird und quasi auf der grünen Wiese ein neues Unternehmen mit neuem Businessmodell gegründet wird. Beispiel dafür kann das *Google-Auto* sein. Gegenwärtig steht ein PKW 95 % seiner Zeit still und wird nur zu 5 % gefahren. Beim *Google-Auto* soll dieses Verhältnis umgekehrt werden: Es soll 95 % der Zeit gefahren werden und nur 5 % ruhen. Dieses führt zu der Forderung nach einem Carsharing Konzept und einer fahrerlosen Bedienung, um ein am Ziel angekommenes Fahrzeug zu dem nächsten Benutzer zu führen. Anstelle des Eigentums an einem Auto tritt das Prinzip des Zugangs zur Mobilität. Von *Google* wird ausdrücklich das Modell 10 x propagiert, d. h. man strebt mit einer Innovation keine graduelle Verbesserung an, sondern sie soll 10 mal besser sein als das bestehende Konzept.

Auch das *Tesla-Auto* mit seinem kompromisslosen Elektroeinsatz kann einer Blue Ocean-Strategie zugeordnet werden.

Charakteristisch für die Blue Ocean-Strategie ist, dass nicht ein bestehendes Businessmodell weiter optimiert wird, sondern mit möglichst vielen Prinzipien gebrochen wird. Auch das Mobilitätskonzept von *UBER-POP* bricht mit dem Konzept

eines kommerziellen Taxidienstes und folgt dem Konzept einer grenzkostenlosen Dienstleistung, während z. B. das System *MyTaxi* lediglich eine Digitalisierung der Taxizentrale darstellt und eher eine kontinuierliche Innovation ist.

Disruptive Innovationen sind häufig mit einem hohen Kapitaleinsatz verbunden. Es steht von vornherein fest, dass erst nach mehreren Jahren (5-10) ein Break-even erreicht werden kann. Die Finanzierung kann deshalb entweder aus einem sehr gewinnträchtigen unabhängigen Geschäftszweig erfolgen (*Google*) oder von dritten Investoren (*Tesla*) getätigt werden.

In Deutschland ist gegenüber den USA die Blue Ocean-Strategie für I4.0 kaum zu erkennen. Dieses mag daran liegen, dass die deutsche Industrie mit ihren traditionellen Businessmodellen (noch) sehr erfolgreich ist und deshalb aufgrund des Investor's Dilemma-Effektes disruptive Konzepte scheut. Auch fehlt die vergleichbar hohe Bereitschaft zu sehr riskanten Investitionen durch Venture Capital-Gesellschaften und vermögende Business Angels.

Selbst die deutsche Automobilindustrie verfolgt eher einen gleitenden Übergang zur Elektromobilität.

Allerdings geben Ansätze wie die Errichtung einer neuen Fabrik der Firma *Wittenstein* in Fellbach disruptive Impulse, da hier z. B. ökologische, energetische und produktionstechnische Neuerungen gleichzeitig verfolgt werden. So wird die Fabrik in einem Wohngebiet errichtet, sodass die Mitarbeiter keine langen Anfahrtswege haben, die Umweltbelastung wird durch neue Energiekonzepte erheblich reduziert und die Produktion wird hoch automatisiert.

Auch die Tatsache, dass ein traditionelles Maschinenbauunternehmen wie *Trumpf* eine Banken-Volllizenz erlangt und damit Zeichen in Richtung eines neuen Businessmodells zum Finanzdienstleister und Betreiber seiner Produkte setzt, birgt disruptives Potenzial. Es besteht die Tendenz, dass in Deutschland I4.0-Projekte eher von hidden champions mittelständischer Industrieunternehmen realisiert werden, als von mit großem Marketingeinsatz propagierten Leuchtturmprojekten. Dieses zeigt z. B. auch die engagierte Beteiligung von mittelständischen international erfolgreichen Unternehmen wie *Claas*, *Miele* oder *Harting* an dem Exzellenzcluster in Ostwestfalen Lippe OWL.

In *Abb.2* wird die disruptive Strategie 1 durch einen hohen Kapitaleinsatz und einen hohen Realisierungsgrad für die Vision I4.0 gekennzeichnet.

II. Stufenkonzepte

Häufiger ist zu beobachten, dass sich deutsche Industrieunternehmen schrittweise der Vision I4.0 nähern.

▪ Strategie 2: Lösung herkömmlicher Probleme mit neuen Technologien

Bisher aufwendige oder nur ungenügende einzelne Problemlösungen können durch I4.0- Techniken neu gestaltet werden. Hier gibt es bereits vielfältige Beispiele zu nennen.

Beispielsweise verringert ein Maschinenbauer durch die mobile Abfrage der Materialbestände vor Produktions- und Montagestationen die innerbetrieblichen Materialtransporte (milkruns), indem von festen Tourenplänen auf bedarfsgesteuerte Fahrten übergegangen wird und Leerfahrten vermieden werden.

Durch Einsatz eines 3D-Scanners verbessert ein Hersteller von Landmaschinen die Qualität bei der Verbindung von Karosserie mit dem Chassis (sogenannte Hochzeit) und vermeidet zeitraubende Nacharbeiten.

Ein Hersteller von Schrauben verbessert sein Kanban-System, indem in die Kanban-Behälter Sensoren und Kameras eingebaut werden, sodass die Bestände ohne menschliche Sichtkontrolle kontinuierlich erfasst werden.

Ein Automobilzulieferer verbessert den Wareneingangsprozess durch Einsatz von RFID-Techniken, indem die Zählkontrolle und Lagerung automatisiert werden.

In *Abb. 2* sind diese Ansätze durch einen vergleichsweise überschaubaren Kapitaleinsatz, aber wegen ihrer Spezialisierung mit nur einem geringen Potenzial für die Vision I4.0 charakterisiert.

▪ Strategie 3: I4.0 – Fabrikinseln

Ein Automobilzulieferer richtet eine neue Produktionsstraße nach I4.0-Prinzipien ein. Alle Bearbeitungsstationen sind mit dem Internet verbunden und erfüllen die Kriterien von CPS. Über RFID-Techniken steuert sich der Materialfluss weitgehend selbst.

Zwischen den Produktionssystemen besteht im Störfall eine hohe Substitutionsmöglichkeit. Durch Sensoren werden Material und Anlagen Realtime überwacht und vorausschauend gewartet (vgl. Lepratti et al., 2014). Das Beispiel ist für sich zwar bereits eindrucksvoll, hat aber für das gesamte Unternehmen eher noch einen Pilotcharakter.

Ein mittelständisches Gießereiunternehmen führt ein Manufacturing Execution System (MES) ein, um die Datenerfassungssysteme (BDE) mit der Steuerungsebene zu verbinden und einen Datenfilter zu den darüber liegenden Planungssystemen zu bilden.

Das Beispiel zeigt einen für die gesamte Fertigung gültigen Ansatz in Richtung Realtime-Fertigung, ihm fehlt aber der Einsatz von CPS. Der hierarchische Ansatz eines MES widerspricht zwar dem Prinzip der Selbststeuerung, kann aber eine Durchgangsstation für I4.0 sein, da eine Standardisierung der Abläufe im Rahmen einer Gesamtarchitektur erfolgt.

Obwohl lediglich Teilaspekte von I4.0 verfolgt werden, erfordern die Beispiele einen hohen Kapitaleinsatz und können Ausgangspunkt für weitere Schritte sein. Allerdings wird nur die Fabrikorganisation betrachtet, sodass neue Businessmodelle kaum diskutiert werden.

▪ **Strategie 4: PLM- und Open Innovation-Inseln**

Ein Motorenhersteller richtet eine Datenbank für ein Produktgedächtnis im Rahmen des PLM ein. Gleichzeitig organisiert er den Entwicklungsbereich neu. Neben den Konstruktionsdaten werden auch die Fertigungsstücklisten und Arbeitspläne in einer neuen Produktdatenbank organisiert und damit dem ERP-System entzogen. Insgesamt deutet sich dadurch eine neue Architektur für die Informationssysteme des Unternehmens an. Die Erzeugung und Verwaltung produktbezogener Daten stehen im Vordergrund. Damit wird dem Trend zu höherer Variantenvielfalt und Individualisierung der Produkte Rechnung getragen. Die logistischen Funktionen aus Vertrieb und Beschaffung sowie Produktionsplanung sind dann Anwendungen, die auf die Produktdatenbank zugreifen, verwalten sie im Gegensatz zu den heutigen ERP-Systemen aber nicht mehr selbst.

Ein Spielzeughersteller bezieht seine Kunden in die Produktentwicklung mit ein, indem er Belohnungen für gute Produktideen aussetzt. Die Vorschläge können per Internet mittels eines einfachen CAD-Systems beschrieben und eingereicht werden.

In Abb. 2 ist das erste Beispiel zum Maßstab genommen worden. Es führt zu einer durchgreifenden Flexibilisierung der Produktgestaltung und eröffnet neue Businessmodelle. Allerdings ist ein hoher Kapitalbedarf für die organisatorische und technische Neugestaltung des Entwicklungsprozesses erforderlich. Insgesamt wird die Strategie 4 wie Strategie 3 eingeordnet.

▪ **Strategie 5: Logistikinseln**

Die durchgängige Neuorganisation des Supply Chain-Managements erfordert die Einbeziehung auch der Kunden und Lieferanten, gegebenenfalls über mehrere Stufen hinweg, wie es oben bereits mit der Skizzierung des RAN-Projektes angedeutet wurde. Aus Sicht eines einzelnen Unternehmens können aber bereits durch die Integration der direkten Zulieferer und Abnehmer sowie der Transportsysteme ein Flexibilitätsgewinn sowie Kosteneinsparungen erzielt werden. Der durchgängige Einsatz von RFID-Techniken sowie die Realtime-Verfolgung der Transportstati informiert frühzeitig über die zu erwartenden Ankunftszeiten sowie die Inhalte nach Art, Abmessungen und Menge. Sensoren erfassen auf dem Transportweg besondere Vorkommnisse, wie außergewöhnliche Temperaturen oder Erschütterungen, die eine erforderliche individuelle Eingangskontrolle bereits frühzeitig anzeigen. Das RFID gesteuerte Hofmanagement regelt den Transport vom Eingangstor bis zur Ankunft am Lager. Dazu gehören die Avisierung des Transportmittels und die Zuweisung des Lagerortes.

Die Einrichtung eines omnichannel-Zugangs für die Kunden zu Auftragserstellung und -verfolgung ist ein hohes Integrationsproblem. Ein Hersteller von technischen Konsumartikeln richtet neben seinen Verkaufskanälen zum Handel auch einen Direktvertrieb über einen E-Shop ein. Dazu muss die Bestandsführung gegenüber der bisherigen Tagesaktualität nun sekundenaktuell sein. Der Versand ist kleinteilig und muss über neue Logistikdienstleister abgewickelt werden.

Während das erste Beispiel mehr der Verbesserung der internen Logistikprozesse dient, eröffnet das zweite Beispiel auch ein neues Businessmodell.

Insgesamt liegt der Investitionsbetrag im mittleren Bereich und die Strategie eröffnet wegen ihres punktuellen Ansatzes mittlere Entwicklungsperspektiven.

III. Smart Services

Wie bereits betont, eröffnet I4.0 Industrieunternehmen durch neuartige Dienstleistungen weitgreifende strategische Potenziale. Diese sind durch Begriffe wie *shared economy* eindrucksvoll zum Ausdruck gebracht und zeigen den systemrelevanten Anspruch. Nicht mehr das Eigentum an Produkten und Ressourcen steht im Vordergrund, sondern der Zugang zu den mit ihnen verbundenen Leistungen. Dieses bedeutet, dass Industrieunternehmen tendenziell den Charakter von Dienstleistungsunternehmen für die mit ihren Produkten verbundenen Funktionen annehmen. Automobilunternehmen werden zu Dienstleistern für Mobilität, Hersteller von Kompressoren bieten Luftenergie an usw.

Eine solche Entwicklung ist nicht neu. Im 19. Jahrhundert versorgten z. B. nahezu alle produzierenden Betriebe ihren Wasser- und Energiebedarf durch eigene Brunnen oder Energiequellen aus Wasser, Wind oder Dampf selbst. Diese waren ihr Eigentum und mussten von ihnen erstellt und gewartet werden. Heute werden Wasser und Energie durch eigenständige Unternehmen angeboten und nach Verbrauch bezahlt, sie werden quasi als Dienstleistung bezogen.

Industrieunternehmen können aber auch zusätzliche Dienstleistungen entwickeln, die mit ihrer fachlichen Kompetenz verbunden sind oder ihre Produkte ergänzen.

Die Bedeutung dieser Entwicklung wird auch in der Forschung um I4.0 erkannt. So haben das *BMFT* und das *BMWi* gemeinsam Forschungsaktivitäten um Smart Services als Ergänzung der Forschungsprojekte um I4.0 verabschiedet.

▪ Strategie 6: I4.0 – Consulting

Industrieunternehmen, die als Pioniere für I4.0 Erfahrungen mit neuen Technologien und Organisationsformen gesammelt haben, können diese an andere Unternehmen weitergeben. Dazu können eigene Consultingunternehmen gegründet werden. Dieses kann z. B. durch Ausgründung der IT-Abteilung geschehen, die nun ihre Leistungen, um fachliche Kompetenz angereichert, auf dem Markt anbietet. Das Costcenter IT wird dann zum Profitcenter. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das

Unternehmen neuen Kundenbedarfen gegenübersteht und damit eine höhere Innovationsgeschwindigkeit bekommt, die auch dem Stammunternehmen zugutekommt. Diese Entwicklung ist bereits deutlich zu beobachten. Im Kleinen werden solche Unternehmen z. B. Spezialisten für RFID-Techniken oder Materialflusssteuerung. Im Großen können beachtliche Dienstleister für die Gestaltung umfassender I4.0-Lösungen entstehen, wenn deutsche industrielle Weltmarktführer aus der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau ihre mehrere Hundert oder sogar mehrere Tausend IT- und Fertigungsspezialisten einbringen. Hierdurch kann I4.0 als Dienstleistung selbst zu einem Exporterfolg aus Deutschland werden.

Die Ausgründung ist mehr ein organisatorisches als ein Investitionsproblem, wenn natürlich auch Anlaufkosten auftreten.

In Abb. 2 sind der Strategie geringe Investitionsausgaben, aber ein hohes Potenzial zur Erreichung umfassender I4.0-Konzepte zugeordnet.

▪ **Strategie 7: Produktbezogene Dienstleistungen**

Die Verbindung der produzierten komplexen Produkte, wie Werkzeug- oder Druckmaschinen, mit dem Internet führt zu einem hohen Informationsgewinn über das weltweite Verhalten dieser Produkte unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen.

Unternehmen haben häufig mehrere Tausend oder sogar Zehntausend Einheiten ihrer Produkte im aktiven Einsatz.

Dieses Wissen kann von den Industrieunternehmen genutzt werden, um ihren Kunden Wartungsverträge zu besonders günstigen Konditionen anzubieten.

Allerdings sind z. Zt. noch erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden. Erhält der Hersteller Maschinendaten von seinen Kunden, so muss er sich an die Formate, die seine Kunden verwenden, anpassen und sie bei der Benutzung durch seine eigenen Systeme entsprechend umformatieren. (Umgekehrt muss ein Industrieunternehmen, das für seine eigene Fertigung Maschinendaten von den Lieferanten angeboten bekommt, diese in seiner Datenorganisation umformatieren.)

Es liegt auf der Hand, dass bei der Vielzahl der Datenarten und der unterschiedlichen Kunden und Lieferanten Datenstandards dringend erforderlich sind. Erste Ansätze liefert der *UMCM (Universal Machine Connectivity for MES)* vom MES Dachverband und die Architektur der *OPCUA-Foundation*. Allerdings sind weitere Arbeiten auf internationaler Ebene, z. B. von dem IIC, erforderlich. Wahrscheinlich werden sich am Ende Industriestandards durchsetzen, die von internationalen Marktführern aus der Informationstechnik oder der Ausrüsterindustrie getrieben werden.

Auch Probleme der Datensicherheit sind zu lösen. Wenn Maschinen offene Schnittstellen zu ihren Steuerungen anbieten, so sind sie im Prinzip in beide Richtungen zu verwenden. Um hier Missbrauch bis hin zu Sabotage auszuschließen (man erinnere sich noch an die cyber attack stuxnet in einem iranischen Atomkraftwerk oder das Hacken der Sicherheitsmechanismen für die Fernsteuerung von Fahrzeugen eines namhaften deutschen Automobilbauers), müssen komplexe Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden.

Für das Datenverwaltungskonzept sowie die darauf aufbauenden Dienstleistungen müssen also eine komplexe weltweite Infrastruktur aus eigenen und Kunden-Organisationen sowie der entsprechenden IT aufgebaut werden.

In *Abb. 2* wird deshalb ein mittlerer Investitionsbetrag angesetzt. Da über das Verhalten der Aggregate auch vielfältige Informationen, z. B. über ihre Beschäftigungssituation aber auch über Verbesserungsmöglichkeiten der Produkte, entstehen, wird dieser Strategie ein gutes Entwicklungspotenzial zugeordnet.

▪ **Strategie 8: BOO**

BOO beschreibt den Übergang des Industrieunternehmens zum kompletten Dienstleister. Es verkauft seine Produkte nicht mehr dem Kunden, sondern lediglich deren Funktionalität als Dienstleistung. Vorreiter war hierfür bereits das Unternehmen *Hilti* in Liechtenstein, das frühzeitig seine hergestellten Werkzeugprodukte vermietet anstatt verkauft hat. Auch das Leasingangebot von Maschinenbauern durch die Zusammenarbeit mit Banken zeigte frühzeitig einen

Wandel zum Dienstleister an. Der Verkauf der Funktionalität und Abrechnung nach Inanspruchnahme ist dann die logische Weiterentwicklung.

Das bereits angeführte Beispiel des Herstellers von Landmaschinen, der zum Anbieter von Erntedienstleistungen wird, verdeutlicht dieses. Seine Kernkompetenz liegt in der informationstechnischen Verknüpfung der eingesetzten Landmaschinen untereinander und mit der Logistik, also z. B. eingesetzten Transportfahrzeugen für die geernteten Früchte. Im Bereich Smart Farming ist die Automatisierung weiter fortgeschritten als in den klassischen Industrien. Grund dafür ist z. B., dass keine administrativen Hindernisse, wie die Verkehrsordnung auf den Feldern, bestehen und deshalb satellitengesteuerte fahrerlose Systeme leichter eingesetzt werden können.

Für einen Hersteller von Landmaschinen, der alle technischen und organisatorischen Möglichkeiten nutzt, ergeben sich lohnende Businessmodelle. Er entscheidet selbstständig, wann und wie er seine Mähdrescher auf den Feldern seiner Kunden einsetzt. Neben der Optimierung dieser Leistung auf Basis seiner Kenntnisse über seine Aggregate und den Einsatzbedingungen kann er sogar selbst Flächen anmieten und die landwirtschaftlichen Produkte selbst vermarkten. Über die per Internetanschluss seiner Geräte weltweit verfügbaren Informationen über Klima und Ernteaussichten nach Menge und Qualität kann er Prognosen über Preisentwicklungen anstellen. Damit sind der Phantasie über neue Businesskonzepte kaum Grenzen gesetzt.

Auch in der Medizintechnik ergeben sich neue Möglichkeiten. Auch hier entstehen durch die Aufzeichnung von (anonymen) Untersuchungsergebnissen bei den Herstellern von medizinischen Geräten Auswertungsmöglichkeiten zur Mustererkennung von Krankheiten, die den einzelnen Ärzten nicht zugänglich sind. Ein Paradigmenwechsel von Analysetechniken im Zusammenhang mit Big Data ist gerade, dass hypothesenfrei analysiert wird. Dieses führt dazu, dass auch fachfremde Analysten wie Informatiker überraschende medizinische Zusammenhänge erkennen können.

In Abb. 2 wird der BOO-Strategie wegen des konsequenten Wechsels des Businessmodells und dem Übergang von Verkaufserlösen zu leistungsabhängigen

Mieteinnahmen ein größerer Investitionsbetrag zugeordnet, der aber auch eine große Entwicklungsperspektive eröffnet.

D Roadmap zu I4.0

Die Verfolgung einzelner der entwickelten Strategien führt nicht automatisch zu einem Gesamtkonzept für I4.0. Vielmehr müssen die Schritte in ein zu entwickelndes Gesamtkonzept eingebunden werden.

Hierzu empfiehlt es sich, von einer Arbeitsgruppe des Unternehmens unter Beteiligung externer Helfer eine weitreichende Vision für die Zeit in fünf Jahren zu entwickeln, indem gefragt wird, welche Produkte das Unternehmen dann anbieten wird, wie die Erlöse zu erzielen sein werden, welche Kundengruppen zu bedienen sind, welche Ressourcen benötigt werden, kurz, wie das Businessmodell dann aussehen wird.

In dieses Businessmodell können dann einzelne Projekte in Form einer Roadmap eingeordnet werden.

Dazu gehören auch Entscheidungen über die Akquisition von Unternehmen, um nicht vorhandenes Know-how (z. B. über das Dienstleistungsgeschäft) zu erhalten. Ein Hersteller von Elektro-Schaltkästen, der sich bisher vornehmlich als Produzent betrachtet hat, will sich künftig als Anbieter von Gebäudesicherheit oder Gebäudesteuerung positionieren und kauft deshalb ein Dienstleistungsunternehmen als Keimzelle auf. Oder ein Unternehmen, das bisher seine Stärke in der hohen Kompetenz seiner Entwicklungs- und Fertigungsingenieure gesehen hat, erkennt, dass in der Zukunft mehr Softwareingenieure benötigt werden und akquiriert ein Softwarehaus.

Eine wichtige Organisationsfrage ist auch, ob neue Geschäftsfelder in der bestehenden Organisation des Unternehmens ausgeführt werden sollen oder dafür ein neues Unternehmen, das mehr wie ein Start-up-Unternehmen agiert, gegründet werden soll.

Durch die Ausgründung wird erreicht, dass die neuen Ansätze ohne Rücksicht auf die Vergangenheit des Unternehmens verfolgt werden, also Beharrungseffekte des Innovator's Dilemma-Phänomens vermieden werden.

Anregungen für die Bildung von Prioritäten der Implementierungsschritte können Reifegraddiskussionen sein. Ist das Unternehmen bei einem Gebiet gegenüber der Konkurrenz bereits weit fortgeschritten, lohnt es sich eher nicht, hier noch massiv weiter zu investieren, wenn das Unternehmen in einem anderen Gebiet gegenüber der Konkurrenz im Nachteil ist. Dann sollte man lieber den Wettbewerbsnachteil gegenüber der Konkurrenz verringern.

E Neue Anforderungen an IT-Systeme

Obwohl in diesem Beitrag betriebswirtschaftliche Fragen im Vordergrund stehen, soll nicht verschwiegen werden, dass von I4.0 große Anforderungen an die Weiterentwicklung von IT-Systemen gestellt werden. Ihre Unterstützung wird am Ende über Erfolg und Misserfolg ausschlaggebend sein. Insbesondere sind neue Softwarearchitekturen erforderlich. Der Ausdruck „software eats the world“ kennzeichnet die Bedeutung.

Aus Anwendungssicht ist bereits angeklungen, dass eine zukünftige Softwarearchitektur für Industrieunternehmen mehr produktzentriert sein sollte, d. h. die Produktdefinition im Mittelpunkt stehen sollte und die logistischen Funktionen auf die Produktdatenbank zugreifen sollten. Gegenwärtig verwalten dagegen die ERP-Systeme die Stücklisten und Arbeitspläne. Eine produktbezogene Architektur würde damit grundlegende Änderungen und Gewichtungen zwischen technischen und betriebswirtschaftlichen Funktionen auslösen. Auch die technische Softwarearchitektur wird sich ändern. Die Software muss jederzeit ansprechbar sein und Eingriffe in laufende Prozesse ermöglichen, also ereignisgetrieben sein. Die hierarchischen Architekturen und die Trennung zwischen Logistik, Produktentwicklung, Fertigung und Rechnungswesen werden aufgehoben. Alle Prozesse greifen ineinander. Die traditionellen Pyramidenmodelle von der

technischen Feldebene bis zur Unternehmensspitze verlieren ihre Bedeutung: Die Organisation der Industriebetriebe wird flach!

Auch das hier verwendete Y-Modell dient nur noch zur logischen Einordnung. In Wirklichkeit rücken die Schenkel des Y-Modells zusammen, da die Prozesse sich durch alle Bereiche schlängeln und jederzeit geändert werden können und beliebige Eingriffspunkte anbieten müssen.

Diese Forderungen führen zu einer globalen Forderung nach Responsabilität der Software. Alle Anwendungen müssen omnichannel-fähig sein, die Zustände aller laufenden Prozesse müssen ständig transparent und für Änderungen erreichbar sein.

Die softwaretechnischen Konsequenzen sind weitreichend. Die von der *Scheer Group GmbH* entwickelte Softwarearchitektur Business Process as a Service (BPaaS) folgt diesen Prinzipien. In Abb. 3 ist die grobe Architektur angegeben.

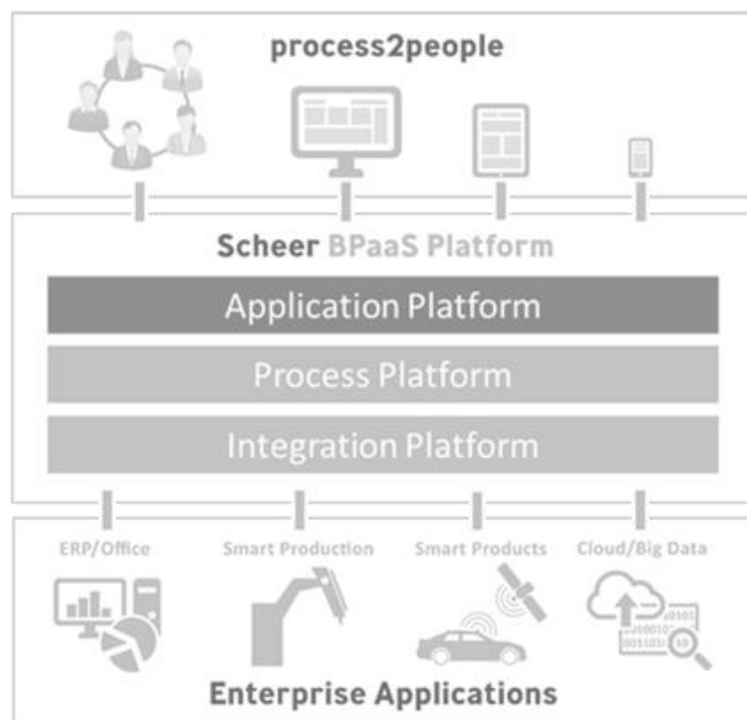


Abbildung 3: Scheer BPaaS Platform Architecture

Die hohe Flexibilität wird durch eine Plattformorientierung erreicht, auf der jeweils Software Services zur Verfügung stehen. Damit wird bewusst von den Architekturprinzipien großer monolithischer ERP-Systeme abgewichen. Es werden vielmehr kleine Softwareeinheiten, wie Apps, gebildet, die vom Benutzer individuell und flexibel geändert und verbunden werden können.

Die Integration Platform ermöglicht die leichte modellgestützte Verknüpfung unterschiedlicher Systeme. Die Process Platform stellt Funktionsbausteine als Services bereit. Auf der Application Platform werden Prozesse zu kompletten Anwendungen gebündelt.

Der Plattformgedanke ermöglicht die Ad-hoc-Anpassung einer Anwendung oder eines Prozesses an individuelle Anforderungen des Benutzers (Tailoring). Über die Plattformen können Prozesse mit Menschen und Dingen verbunden werden.

F Komplementäre Konzepte zu I4.0

Obwohl I4.0 von neuen Produktions- und Informationstechniken getrieben wird, besitzen auch menschenzentrierte organisatorische Konzepte weiterhin ihre Bedeutung. Insbesondere Leanmanagement, Teambildung und emotionales Engagement der Mitarbeiter bleiben auch bei einer hochautomatisierten Fertigung wichtige Erfolgsfaktoren. Ausbildung und die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen der Mitarbeiter sind große Erfolgsfaktoren. Ziel von I4.0 ist nicht die menschenleere Fabrik, sondern eine Synthese aus Nutzung der Informationstechnik und klassischen menschenzentrierten Organisationsformen.

Literaturverzeichnis

Kim, W. , Mauborgne, R., Blue-Ocean-Strategie, Boston 2005.

Lepratti, R./Lamparter, S./Schröder, R. (Hrsg.), Transparenz in globalen Lieferketten der Automobilindustrie, Erlangen 2014.

Rifkin, J., Die Null Grenzkosten Gesellschaft, Frankfurt u.a. 2014.

Scheer, A.-W., CIM – Der computergesteuerte Industriebetrieb, 4. Aufl., Berlin u.a.1990.

Scheer, A.-W. (Hrsg.), Industrie 4.0, E-Book, 2013, http://www.amazon.de/Industrie-4-0-August-Wilhelm-Scheer-ebook/dp/B00BQFYSJ2/ref=sr_1_sc_3?ie=UTF8&qid=1382086479&sr=8-3-spell&keywords=indstrie+4.0, Stand: 20.03.2015.

Video

Scheer, A.-W., CeBIT Global Conferences 2015 – Industrie 4.0 oder wie transportiert man einen Elefanten? <http://www.cebit.de/en/news-trends/videos/mediathek/video-detail.xhtml?id=16463>, Stand: 20.03.2015

English summary

New information technologies led by the Internet of Things are impacting all significant functions of industrial companies and are leading to new business models with new products, services and business processes.

The author's Y-model (see graphic) shows the significant productive process types of an industrial company where the effects of Industry 4.0 on them are explained in the sections that follow. Graphic symbols in the Y-Model show functions and the bars contain the operational driving forces from I4.0. Significant technologies associated with I4.0 are shown outside these.

The left side branch of the Y-Model shows order driven business processes in an industrial company (sales, procurement and production orders), designated in following sections as Logistics. The right side branch of the Y-Model shows product (development) led processes.

The lower section of the Y-Model (the factory) shows logistical and product related processes together: the assignment of parts to be produced to resources, along with the prompt control and execution of the manufacturing process follows here. The three process areas of factory, product development and logistics will be examined in more detail in further sections.

Significant new I4.0 technologies in the factory are the so-called Cyber Physical Systems (CPS). These are software intensive production systems connected to the internet and able to communicate with each other as well as with intelligent materials. Materials are described as intelligent if they carry their properties such as quality and manufacturing steps with them in a data storage system (chip). Via RFID technologies these materials can navigate their way through the manufacturing process practically independently. Should a CPS suddenly fail then another system can automatically take over the function.

The high flexibility of CPS makes possible the strong individualisation of the manufacturing process as the process changeover of the system takes place with no loss of time and therefore also with no costs. For this reason the manufacture of

quantities with batch size 1 is possible at the cost of mass production. A further significant technology is the cost effective storability of mass data in the production process (big data), made possible by price reductions in storage media and new “in memory” database technologies. Sensors measure the condition of machines, materials and production peripherals in real time. Analytical evaluation processes should not only explain past performance, rather they should use actual conditions to trigger immediate action and beyond this give indications of expected future system behaviour. The best known example is that of predictive maintenance in which the current behaviour of the system points towards abnormalities leading, for example, to the advice that a particular component may need to be replaced in the near future.

Collectively, the combination of these technologies leads to the vision of a real time self-directing, extremely decentralised factory (smart factory). The upper right side section of the Y-Model illustrates the development of products as well as closely product associated services. Stronger transition to more flexible manufacturing supports the stronger individualisation of products. This means that the number of variations of finished goods can be increased right up to the purely individual manufacturing process for a specific customer.

New technologies such as 3-D printing increase the development speed of new products through the faster development of prototypes (rapid prototyping). Concepts such as the speed factory at Adidas enable the customer specific manufacture of a running shoe following a scan for the fit. In an I4.0 environment with intelligent materials and processing equipment, all activities undertaken over the lifetime of a product, such as repairs, maintenance, adjustments etc. as well as the application and application conditions of the product can be automatically recorded and stored. This leads to the concept of transparent product lifecycle management (PLM). Evaluation of PLM data by the manufacturer brings new possibilities in product related services. Predictive maintenance has already been referred to with the capture of machine data in the factory.

An extreme further development in maintenance services is the takeover of operating responsibility for machines by the manufacturer itself. This concept is known as BOO – build, own, operate. The manufacturer knows its machines and production facilities

best and is able, via PLM data, to analyse their performance and optimise their operation dependent on all operating conditions. It is therefore likely that the manufacturer will operate systems itself at clients or in production facilities it has set up itself. The client is no longer buying plant or machinery, it is receiving and paying for a service.

The upper left hand side of the Y-Model – Logistics – is also being significantly changed by I4.0. In the first instance a customer can issue orders, change them or cancel them, through many different channels (omni-channel) such as standard computers, laptops or smart phones. All channels must be usable by each other. A client's ease of access to its supplier leads, together with individualisation, to an increase in change requests and therefore to higher demands on flexibility during manufacture and product development. The client can wish a change in its original product definition practically just moments before the start of the manufacturing process.

The individualisation of products through increased variations of type and customer individual manufacture increases the number of suppliers and diminishes the manufacturing depth of a company. This means that the company's logistics network must be able to react faster. The information relationships now available in orders between supplier and buyer are rendered inadequate. More than this, the entire supply chain network must become transparent.

The description of the three starting points for I4.0, factory, product and logistics shows clearly how deep the changes in the drivers of business management for industrial companies will be in individualisation, decentralisation, self-directing, service orientation and transparency. The Industry 4.0 age has begun!

Whitepaper

Whitepaper Nr. 1: 16 Tipps für Start-ups in der High-Tech-Industrie, Prof. Dr. A.-W. Scheer, Juni 2013

Whitepaper Nr. 2: Tipps für den CIO: Vom Tekki zum Treiber neuer Businessmodelle, Prof. Dr. A.-W. Scheer, September 2013

Whitepaper Nr. 3: Die Universität und ihre Region, Prof. Dr. A.-W. Scheer, Juli 2014

Whitepaper Nr. 4: Tipps für Entscheider: Meine 10 wichtigsten strategischen Entscheidungsregeln, Prof. Dr. A.-W. Scheer, August 2014

Whitepaper Nr. 5: Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung, Prof. Dr. A.-W. Scheer, Mai 2015



KONTAKT



Scheer GmbH

Tel.: +49 681 93511-0
info@scheer-group.com
www.scheer-group.com

AWS Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH

Tel.: +49 681 93511-0
info@aws-institut.com
www.aws-institut.com