

Bewertung des Umsetzungsgrades von Industrie 4.0

Jivka Ovtcharova, KIT – Karlsruher Institut für Technologie und Markus Wolfgang Hesse, Rightsourcing GmbH

Evaluation of the degree of implementation in context of Industry 4.0

Industry 4.0 is one of the most frequently used term - in context to improved productivity, flexibility and securing the standard of living in Germany and Europe. In spite of the various initiatives that primarily focus on the formulation of the technical requirements, there is currently no common understanding in terms of content and implementation. With the goal to estimate the degree of implementation and define future potential projects, this article defines a comprehensive and pragmatic rating system. Based on industrial studies and individual professional experiences, various criteria are captured and used. There are already two use case demonstrations in real industrial applications.

Keywords:
Industry 4.0, digitalisation, virtual world

Industrie 4.0 ist einer der am häufigsten genannten Begriffe im Zusammenhang mit der Produktivitätssteigerung, Flexibilität und Sicherung unseres Wohlstands in Deutschland und Europa. Derzeit gibt es trotz zahlreicher Initiativen, die vorrangig auf die Formulierung technischer Anforderungen fokussieren, noch kein einheitliches Verständnis bezüglich Inhalt und Umsetzung. In dem Beitrag wird ein umfassendes, aber pragmatisch anwendbares Bewertungssystem definiert. Ziel dabei ist es, eine Aussage über den Grad der Umsetzung und Potenziale einzelner Projekte zu machen. Auf Basis von namhaften Industrie-Studien und aus eigenen Erfahrungen wurde eine Vielzahl von Kriterien und Merkmalen erfasst und verwertet. Die Anwendung wurde an zwei Beispielen aus der industriellen Praxis demonstriert.

Die angekündete vierte industrielle Revolution - Industrie 4.0 - hat innerhalb von nur zwei Jahren zu einer Flut an Events, Studien und auch Forschungsprojekten geführt. Ein Hebel zur

Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit sind dabei die flächendeckende Vernetzung, die Digitalisierung und echtzeitfähige Anwendungen, vor allem in der Fertigungs- und Prozessindustrie. Es sind zahlreiche technische Umsetzungsempfehlungen, Forderungen nach mehr Sicherheit und nach Kompatibilität vor allem im Bereich der Automatisierung und Produktion vorhanden. Die Auswirkungen dieser veränderten Produktion auf den zuvor stattfindenden Produktentwicklungsprozess findet zurzeit noch wenig Beachtung. Laut aktueller Umfragen verläuft die Umsetzung von Industrie 4.0 trotz erheblichem medialem Hype in der deutschen Wirtschaft jedoch zögerlich. Fast zwei Drittel der mittelständischen Unternehmen kennen den Begriff praktisch nicht. Grund dafür ist, dass die Herausforderungen und Chancen für die Unternehmen noch nicht greifbar sind. Für sie zählen ganz konkrete Antworten auf die Fragen: Wie werden durch Industrie 4.0 Lösungen und messbare Mehrwerte für das Geschäft generiert und wann wird Industrie 4.0 vollumfänglich Realität? Bedarf besteht in erster Linie nicht daran, vielseitige Lösungen auf allgemeine Fragestellungen zu entwickeln,

sondern Probleme aus dem Alltag konkreter Unternehmen mit schrittweise und möglichst einfach umsetzbaren Maßnahmen anzugehen.

Einen weiteren Aspekt stellen die sich veränderten Geschäfts- und Vertragsmodelle dar, die mit Industrie 4.0 einhergehen. Eine Diversifizierung der Umsetzung nach Branchen und Unternehmensgrößen (z. B. Konzern, Mittelstand, Kleinunternehmen etc.) steht ebenfalls noch am Anfang. Der hier vorliegende Beitrag befasst sich mit einer generischen Darstellung von Elementen aus Automatisierungs- und Produktionssicht, welche in einem Bewertungssystem abgebildet werden. Zur Messbarkeit der Umsetzung wird über ein gewichtetes Punktesystem eine erste Aussage über den Grad der Umsetzung erreicht. Das Vorgehen wird an zwei Beispielen in der Industrie erprobt und beispielhaft eine Aussage zur Umsetzung gemacht. Dadurch können Lücken in der Praxis erkannt und Potenziale aufgezeigt werden. Außerdem werden Thesen zur Umsetzung beschrieben und konkrete Empfehlungen für die Implementierung gegeben.

Trends in der industriellen Wirtschaft und technologischer Wandel

Deutschland liefert 30% der industriellen Brutto Wertschöpfung innerhalb der EU; weit vor Italien, Frankreich und den übrigen EU Län-



Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jivka Ovtcharova ist Leiterin des Instituts für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Direktorin im Forschungszentrum Informatik (FZI).



Dr.-Ing. Markus Wolfgang Hesse ist Geschäftsführer der Rightsourcing GmbH und Privatdozent an der FOM Hochschule für Oekonomie und Management.

jivka.ovtcharova@kit.edu
www.imi.kit.edu

dern [1]. Im Gegensatz zu anderen Ländern hat Deutschland in den Jahren 2000-2012 den industriellen Wertschöpfungsbeitrag stabilisiert. Somit ist Deutschland das Schwergewicht und Rückgrat bei der industriellen Produktion in der EU und wird es voraussichtlich auch in naher Zukunft bleiben.

Die Nutzung der industriellen Informationstechnik in der Produktion nimmt kontinuierlich zu [2]. Dies ermöglicht es, immer komplexere und variantenreichere Produkte in kurzer Zeit zu vertretbaren Preisen herzustellen. Grenzen klassischer Fertigungsverfahren (z. B. Drehen, Fräsen etc.) verschwinden durch moderne CNC-Bearbeitungszentren zunehmend. Automatisierte Fertigungssysteme werden durch den Einsatz neuer Informationstechnologie immer umfassender einsetzbar. Etablierte Unternehmen haben zudem Software (SW) als einen Innovationstreiber für Ihre traditionellen Produkte entdeckt. Dabei ist zwischen Embedded Software, die technische Funktionen und ein bestimmtes Verhalten im Endprodukt ermöglicht, und Industriesoftware zu unterscheiden, die zur Planung und zum Design von Endprodukten und zur Planung von Fabriken und Produktionsprozessen in einer virtuellen Welt eingesetzt wird. Dieser Trend ist mitten in der Umsetzung und wird dadurch bestätigt, dass etablierte Unternehmen (z. B. Siemens) Industriesoftwarefirmen und Softwarefirmen für Embedded SW in großem Umfang aufgekauft haben und immer noch kaufen [3].

Industrie 4.0

Industrie 4.0 (I4.0) ist ein strategisches Zukunftsprojekt, um die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland zu sichern. Initiiert wurde es von der deutschen Bundesregierung und führenden Unternehmen Deutschlands. Es gibt Forderungen speziell aus dem Bereich des Maschinenbaus, die Initiative auf europäische Ebene zu heben [4]. Weltweit existieren vergleichbare Initiativen, um die Produktion flexibler, individueller und effizienter zu machen, wie das Industrial Internet Konsortium in Nordamerika oder die Initiative Made in China 2025. Oberstes Ziel ist es, sowohl Produkten als auch Services, intelligenter, umweltverträglicher und kundenspezifischer zu gestalten.

Meistens wird in Deutschland im Zusammenhang mit Industrie 4.0 von einer 4. industriellen Revolution gesprochen. Ob es sich dabei um eine Revolution oder eher um eine Evolution handelt, wird sich noch zeigen. Rückblickend

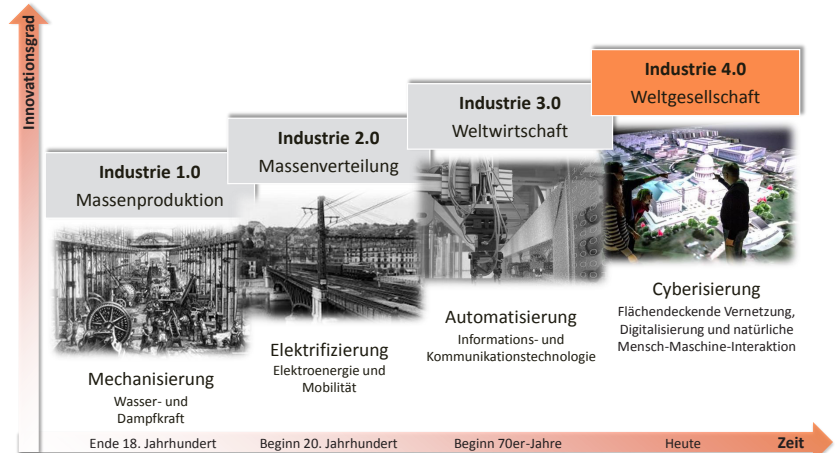


Bild: eigene Darstellung

Bild 1: Industrie 4.0 – der historische Schritt.

wurden industrielle Revolutionen und deren tiefgreifende Auswirkungen (Massenproduktion, Massenverteilung, Globalisierung durch Einsatz von Elektronik & IT etc.) niemals geplant (Bild 1 und 2). Aus Technologie, innovativen Produkten und wirtschaftlichen Erfolg in der richtigen Kombination und zum richtigen Zeitpunkt hat sich im Nachhinein eine industrielle Revolution ergeben. Aus diesem Grund lässt sich bei der Industrie 4.0 heute eher von einer Vision mit sehr viel Faszination für den Industriestandort Deutschland sprechen. Das Vorhandensein der Technologietreiber wie Mobile Computing, Social Media, Internet of Things, Big Data und Analytics & Prediction erfüllen die Voraussetzungen für eine industrielle Revolution.

Bisherige Umsetzung

Ein Grund für die noch nicht durchbrechende I4.0 Umsetzung ist, dass es noch kein einheitliches Verständnis von den Voraussetzungen, Inhalten, der Implementierung und der Zeitleiste der Vision gibt. Es gibt zahlreiche Statusberichte und Forderungen zur Umsetzung und beispielsweise eine sehr detaillierte technische Empfehlung von ZVEI [5]. Bei einer umfangreichen Recherche sind jedoch einige Elemente für eine finale Ausbaustufe immer wieder genannt worden, die vor allem Treiber für die Produktivitätssteigerung sein sollen. Diese Elemente sind [6]:

- Das Vorhandensein eines Produktionsnetzwerks, bestehend aus flexiblen Wertschöpfungsketten mit unternehmensübergreifenden in Echtzeit verfügbaren Informationen.
- Die Verschmelzung der virtuellen mit der realen Welt, mit der Integration von Produktdesign und Produktions-Engineering für reduzierte Markteinführungszeiten.
- Anlagen bestehend aus modularen Produktionseinheiten mit vollständigem und kon-

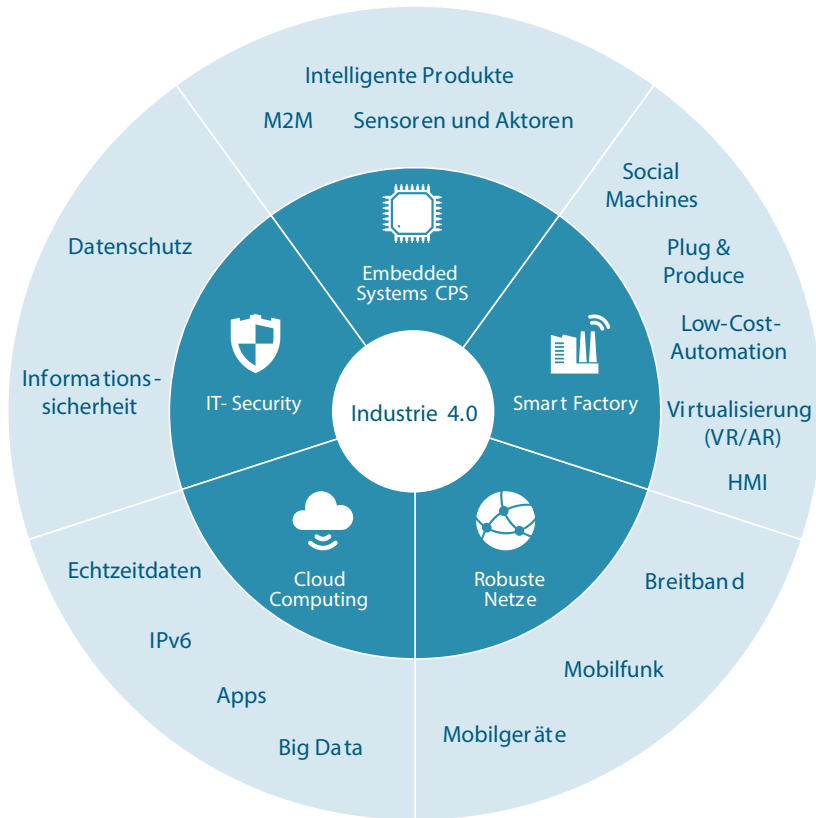


Bild 2: Zusammenspiel von fünf Faktoren (Fraunhofer IAO/BITKOM).

sistentem virtuellen Abbild, die untereinander vernetzt sind (Cyber-Physical Systems).

Ein weiterer wichtiger Grund für die zögerliche Umsetzung ist die fehlende Greifbarkeit für die Erstimplementierung und die Chancen für Unternehmen. Für Unternehmen zählen ganz konkrete Antworten auf die Fragen: Wie werden durch Industrie 4.0 Lösungen und messbare Mehrwerte für das Geschäft generiert und wann wird Industrie 4.0 vollumfänglich Realität? Bedarf besteht in erster Linie nicht daran, vielseitige Lösungen auf allgemeine Fragestellungen zu entwickeln, sondern Probleme aus dem Alltag konkreter Unternehmen mit schrittweise und möglichst einfach umsetzbaren Maßnahmen anzugehen.

Herausforderungen bei der Umsetzung

Es gibt bereits zahlreiche verfügbare Einzelbausteine, die es gilt, unternehmens- und technologieübergreifend zusammenzufügen. Es müssen beispielsweise Automatisierungssysteme, Mess- und Regelsysteme unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren und Daten prozesssicher untereinander austauschen können. In der Planungs- und Simulationswelt müssen Softwaresysteme Daten und Informationen ebenso ohne proprietären Anpassungsaufwand austauschen können. Die virtuelle

Welt ist dabei weiter fortgeschritten als die reale Welt der Automatisierung und Produktion. In manchen Bereichen ist dort noch Entwicklungsarbeit notwendig, wie beispielsweise in der Prozessindustrie bei der Kommunikation zwischen Feldgeräten, Prozessleitsystemen und MES (Stichwort vertikale Integration).

Das Thema Industrie 4.0 stellt enorme Anforderungen bezüglich Kooperationen, Schnittstellen und Datensicherheit. Für kleine und mittlere Unternehmen gilt es, die notwendigen Investments einerseits überschaubar zu machen und andererseits so aufzuteilen, dass ein kurzfristiger Return on Investment (ROI) erzielbar ist.

Je nach Industrie sieht die potenzielle Umsetzung sehr unterschiedlich aus. Unterschiede sind hierbei in der Fertigungsindustrie und Prozessindustrie zu erkennen. Selbst innerhalb der Prozessindustrie gibt es noch signifikante Unterschiede. Diese Tatsache erhöht den Umfang und die Komplexität in der Umsetzung.

Bewertungsansatz

Aus der zuvor beschriebenen Situation soll ein Bewertungssystem definiert werden, um vorhandene Beispiele und zukünftige Projekte im Hinblick des Erfüllungsgrads zu überprüfen und potenzielle Handlungsbedarfe aufzuzeigen. Dadurch wird eine Beschleunigung der Umsetzung ermöglicht. Es wird in diesem Beitrag ein Ansatz zur Bewertung des Umsetzungsgrads mit dem Focus auf der Smart Factory betrachtet. Es wird dabei zwischen dem Smarten und dem Agilen Produkt unterschieden. Das Smarte Produkt besitzt Eigenschaften analog eines Cyber-Physical Systems (CPS), welches hier nicht bewertet werden soll. Ein Agiles Produkt, was ein beispielsweise ein CPS sein kann, besitzt Eigenschaften, um die Grundvoraussetzungen zur Produktion in einer Smart Factory zu erfüllen.

Metrik:

Es wird ein eindimensionales Punktesystem mit 8 Kriterien gewählt. Die Metrik für die Kriterien ist der Erfüllungs- oder Vernetzungsgrad. Über eine Zuordnung von Punkten zu Subkriterien erfolgt die Gewichtung.

Bewertungskriterien:

Die Bewertungskriterien wurden überwiegend aus den Beiträgen der Autoren aus [7-10] herausgearbeitet, gruppiert und zusammengefasst. Dabei wurde zwischen Eigenschaften unterschieden, die eine Smart Factory nach Industrie 4.0 Vision erfüllen soll, und Eigenschaf-

ten eines Produkts, das in einer solchen Fabrik hergestellt werden soll (Bild 3 und 4).

Ergebnisbewertung:

0-25 Punkte: Keine Umsetzung oder nur sehr vereinzelt Elemente von I4.0 realisiert. Key Kriterien (1,5,7 und 8) sind nicht oder nur vereinzelt umgesetzt. Eventuell ist der Digitalisierungsprozess nur teilweise umgesetzt. Es gilt jetzt, die ersten Schritte sorgfältig neu zu planen, wobei die Definition einer Basis, auf der dann I40 Konzepte umgesetzt werden können, im Vordergrund stehen soll.

25-75 Punkte: Die Umsetzung der Kriterien ist teilweise vorhanden. Es wurde bei der Umsetzung z. B. mehr Focus auf die Kriterien der Smart Factory oder die Kriterien des agilen Produkts gelegt. Produktivitätsvorteile lassen sich erkennen. Es geht jetzt darum, sorgfältig die nächsten Umsetzungsschritte zu planen und geeignete technische und auch organisatorische Veränderungen in einem strukturierten Änderungsprozess umzusetzen.

75-100 Punkte: Wesentliche Key Elemente von Industrie 4.0, die in der Summe 68 Punkte ergeben, sind ganz oder zum Großteil umgesetzt. Produktivitätsvorteile und höhere Flexibilität bei der Produktion sind klar sichtbar.

Beispielhafte Beurteilung von ausgewählten Projekten:

Es wurde eine Web-Recherche mit den gängigsten Begriffen, die im Zusammenhang mit I40 genannt werden, zur Auswahl geeigneter Projekte durchgeführt. Dabei sind zwei Beispiele ausgewählt und bewertet worden. Das erste Beispiel ist das von Siemens im Zusammenhang mit I4.0 genannte Werk in Amberg zur Produktion von Simatic Automatisierungstechnik, während das zweite Beispiel die intelligente Zylinderkopfproduktion von Daimler, welche prototypisch in Produktion ging, darstellt. Die Bewertung anhand öffentlich zugänglicher Information im Internet ergab das in Bild 5 dargestellte Ergebnis.

Die Bewertung ergibt, dass keines der Beispiele die Industrie 4.0 Kriterien komplett erfüllt. Keines der Beispiele erfüllt das Kriterium „Über Unternehmensgrenzen hinweg existierendes modulares Produktionsnetzwerk“. Das Siemenswerk in Amberg erfüllt auch das Kriterium „Agiles Produkt ist aktives Element der Produktion“ nicht, welches zu den Kernelementen des Paradigmenwechsels für I40

zählt. Es fällt auf, dass das prototypische Beispiel von Daimler viel eher den I40 Kriterien entspricht. Auf Nachfrage bei Daimler, weshalb diese Fertigung nur prototypisch umgesetzt wurde, wurde mitgeteilt, dass die Kosten zu diesem Zeitpunkt Ende der 90er Jahre im Verhältnis zu dem Produktivitätsgewinn in einem ungünstigen Verhältnis standen.

Umsetzungsempfehlung

Das vorgelegte Bewertungssystem und die aus den ausgewählten Beispielen resultierenden Erkenntnisse deuten darauf hin, dass noch kein systematischer Einsatz bei der Umsetzung der Industrie 4.0 Ziele sichtbar ist. Der Übergang von der heutigen IT-zentrierten Systemsicht zu einer flexiblen flächendeckenden Prozessvernetzung in unterschiedlichen Unternehmensbereichen setzt eine schrittweise Umsetzung voraus, bei der vor allem der Blick auf das Ganze eingehalten werden sollte. Dahinter steht für ein Unternehmen eine klare Zielsetzung und Orientierung auf Praxisrelevanz, Potenzial, Umsetzbarkeit und Mehrwert, wie in den folgenden fünf grundlegenden „W“-Thesen zusammengefasst:

- **WARUM** eine Gesamtbetrachtung wichtig ist: Bei der Industrie 4.0 sollte nicht nur die technische Machbarkeit, sondern ebenso die wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkung und Veränderung fokussiert werden. Bisher hat jede industrielle Revolution auf lange Sicht die Welt verändert. Die Kernfrage ist, welche Erwartungen könnte Industrie 4.0 hier konkret und nachhaltig erfüllen?
- **WIE** die Ziele festgelegt werden: Ziele der flächendeckenden Vernetzung, Digitalisierung und Echtzeitfähigkeit sollten sowohl unternehmensspezifisch als auch zeitvariant definiert werden. Diese sollten sich an

Bild 3: Bewertungskriterien für die Smart Factory.

| | Kriterium | Metrik | Wert |
|---|--|-----------------|--|
| 1 | Es besteht über Unternehmensgrenzen hinweg ein selbst organisierendes Netzwerk von Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln, welches selbstständig Information austauscht, sich steuert und sich optimiert | Erfüllungsgrad | Unternehmensgrenzen, CPS, Steuerung, Optimierung: Pro Kriterium 6 Pkt |
| 2 | Digitale und physische Welt greifen nahtlos ineinander | Erfüllungsgrad | Komplett erfüllt=6, teilweise erfüllt=2, sonst=0 |
| 3 | Das Netzwerk ist vertikal mit betriebswirtschaftlichen Systemen und Prozessen integriert | Vernetzungsgrad | Nicht integriert=0, teilweise=1, weitgehend=2, komplett=3 |
| 4 | Das Netzwerk ist horizontal von der Bestellung bis zur Lieferung integriert | Vernetzungsgrad | Nicht integriert=0, teilweise=1, weitgehend=2, komplett=3 |

Literatur

- [1] Heng, S.: Industrie 4.0 Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor, Deutsche Bank Research. URL: http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000328961.pdf, Abrufdatum 15.10.2015.
- [2] Wildemann, H.: IT als Enabler in der Produktion und Logistik, Verlag: TCW; Auflage: 1 (Januar 2008).
- [3] Russwurm, S.: Siemens prüft weitere Zukäufe im IT-Bereich, Handelsblatt, 03.04.2014. URL: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/industrievorstand-siemens-prueft-weitere-zukaefe-im-it-bereich/9712870.html>, Abrufdatum 22.11.2015.
- [4] Festge, R.: VDMA fordert europäische Initiative für Industrie 4.0. VDMA Forum, Hannover Messe, 13. April 2015. URL: <http://www.vdma.org/article/-/articleview/7662260>, Abrufdatum 15.09.2015.
- [5] Bitkom e.V. (Hrsg.): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, April 2015. URL: <http://www.bmw.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-40-verbaende-plattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,-sprache=de,rwb=true.pdf>, Abrufdatum 01.10.2015.
- [6] Wegener, D.: Industrie 4.0 Schritt für Schritt auf dem Weg zu neuen Produktionsumgebungen, Forum Industrial IT, Hannover Messe Industrie, 07. April 2014. URL: http://files.messe.de/abstracts/57987_0704_1400_Wegener_Siemens.pdf, Abrufdatum 15.10.2015.
- [7] Koch, V.; Kuge, S.; Geissbauer, R.; Schrauf, S.: Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. URL: www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf, Abrufdatum 15.10.2015.

Bild 4: Bewertungskriterien für das Agile Produkt.

| | Kriterium | Metrik | Wert |
|---|--|----------------|--|
| 5 | Das Agile Produkt besitzt sämtliche Information zu seiner Produktion | Erfüllungsgrad | Komplett erfüllt=4, sonst=0 |
| 6 | Das Agile Produkt ist eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und kennt seine Historie zu jeder Zeit und über den ganzen Lebenszyklus hinweg <small>Bei der Realisierung dieses Kriteriums müssen länderspezifische und aktuell geltende Datenschutzrichtlinien berücksichtigt werden. Gegebenenfalls müssen spezifische Nutzungsbedingungen mit dem Endanwender vereinbart werden</small> | Erfüllungsgrad | Identifizierbar, lokalisierbar, Historie, Lebenszyklus: Pro Kriterium 2 Pkt |
| 7 | Die Herstellung der agilen Produkte erfolgt schneller, effizienter, individueller und umweltfreundlicher als heute (140 Ziele) | Erfüllungsgrad | Schneller, effizienter, individueller, umweltfreundlicher: Pro Kriterium 2 Pkt |
| 8 | Das Agile Produkt ist aktives Element des Produktionsprozesses | Erfüllungsgrad | Komplett erfüllt=10, teilweise erfüllt=3, sonst=0 |

die Innovationszyklen anpassen, die immer schneller aufeinander folgen. Alle 3 bis 5 Jahre wechseln die Wissens- und Technologiegenerationen.

- **WAS** die Industrie 4.0 Initiative ist: Industrie 4.0 ist nicht das Endziel, sondern der Routenplan oder sogar die alternativen Routenpläne dahin. Wie bei der Zielsetzung folgt die Routenplanung individuell und flexibel.
- **WO** die Umsetzung stattfindet: Die Industrie 4.0 Transformation eines Unternehmens muss von den Entscheidungsträger „top-down“ eingeleitet werden, die Umsetzung erfolgt dagegen „bottom-up“. Veränderungen beginnen in den „Keimzellen“ eines Unternehmens, durch Sensibilisierung für den Mehrwert, „best-practices“ und mit sichtbaren Projekten vor Ort.
- **WER** die Umsetzung gestaltet: Mitarbeiter mit der notwendigen Bildung und Qualifikation stehen im Mittelpunkt der Betrachtung. Aus einem menschenzentrierten Blickwinkel lassen sich „gehirngerechte“ Arbeitsabläufe in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken schneller analysieren und optimieren.

An der nicht Berücksichtigung der oben genannten Thesen scheitern viele Industrie 4.0 Projekte. Die Digitalisierung ist dabei der zugehörige Megatrend für die Bereitstellung aller notwendigen Daten und Informationen in digitaler Form und deren allumfassende Nutzung der Schlüssel zum Erfolg. Unter dem Motto „Digitalisierung als Tagesgeschäft“ erfordert der Übergang zu Industrie 4.0 die Vollständigkeit und Durchgängigkeit der IT-Unterstützung entlang der Ressourcenkapazitäten und Arbeitsflüsse innerhalb eines Unternehmens. Folgende fünf Herausforderungen stehen den Unternehmen bevor:

- Vollständige Erfassung von multidimensionalen Daten (u. a. Text, Metadaten, Grafiken,

Statistiken, Videos, 3D-Modelle, Sensordaten) aus verschiedenen heterogenen und unstrukturierten Datenquellen, auch im Sinne von Big Data.

- Sicherung der Datenqualität und intelligente Datenaufbereitung und -vernetzung (Linked Open Data).
- Lernende und vorausschauende Analyse, echtzeitfähige Datenauswertung und Visualisierung der Ergebnisse auch auf mobilen Geräten.
- Menschzentrierte, branchenübergreifende Geschäftsprozesse und Arbeitsmethoden.
- Bildung und Training aller Beteiligten, intern und extern, um die Digitalisierung vollständig in das Tagesgeschäft zu integrieren.

Im Zusammenhang mit der „Digitalisierung als Tagesgeschäft“ lassen sich Chancen, Voraussetzungen, Hindernisse und Potenziale mittels eines sogenannten Virtuellen Abbildes für die Industrie 4.0 erarbeiten. Das Virtuelle Abbild in der Fertigung ist ein Lösungsansatz für den optimalen Betrieb einer Fabrik. Dieses umfasst die 3D-Geometrie der physischen Umgebung in Verbindung mit den Fabrik- und Prozesseigenschaften. Ausschlaggebend sind die Schnittstellen zu externen Systemen und Simulationen mit Berücksichtigung aller relevanten Ressourcen und Prozesse. Dabei können die Schnittstellen auf dem Konzept Internet der Dinge basieren. Mittels des Virtuellen Abbildes ist es möglich, operationale Konzepte für Produktionsanlagen in Echtzeit zu validieren, z. B. manuelle und automatische Bedienung und Konfiguration über intuitive Mensch-Maschinen-Schnittstellen (z. B. Web-Oberfläche, haptische Interaktionsgeräte). Damit lassen sich im komplexen Fabrikumfeld Entscheidungen auf der Basis echtzeitfähiger Informationen treffen. Zudem könnten mittels Simulation Zukunftsprognosen auf der Basis von Echtzeitdaten aus der Produktion erstellt werden. Durch das Verschmelzen von realen und virtuellen Umgebungen ist eine Annäherung an die Vision der automatisierten, intelligenten virtuellen Inbetriebnahme einer vollständigen Produktion möglich [11].

Schritte zur Umsetzung

Um die Digitalisierung als Tagesgeschäft zu bewältigen, gründete das Karlsruher Institut für Technologie zusammen mit dem Forschungszentrum für Informatik und den Partnern aus der Wirtschaft, dem Bechtle IT-Systemhaus und der SolidLine AG in Karlsruhe ein „Industrie 4.0 Colla-

boration Lab“. Seit einem Jahr steht unter dem Motto „Mittelstand trifft Forschung“ eine moderne vernetzte IT-Infrastruktur zur Verfügung und schafft die Umgebung für das praktische Testen von Industrie 4.0 Szenarien. Gemeinsam mit weiteren Industriepartnern wie der Firma TDM Systems und der Rightsourcing GmbH werden Lösungen erarbeitet, die mittelständischen Anwendern bei der Digitalisierung unmittelbar helfen sollen, wie z. B. bestehende Probleme identifiziert und am schnellsten und kosteneffizientesten behoben werden können. Durch „learning by doing“ wird die Umsetzbarkeit einer individuellen Lösung vermittelt, ganz konkret und nicht in Form von Workshops oder Veranstaltungen, bei denen die Diskussion und nicht die Umsetzung im Fokus steht.

Ausblick für eine komplette Umsetzung

Die Simulation, wie z. B. das Planen, Testen und Optimieren von Vorgängen oder ganzen Prozessen in der virtuellen Welt, ist einer der zentralen Bausteine bei der Umsetzung von Industrie 4.0. Von der Realisierung dieses Bausteins wird das Gelingen von Industrie 4.0 abhängen. Agile Produkte werden in einer noch zu definierenden Art und Weise mit modularen Produktionsnetzwerken „aushandeln“, wo und nach welchem Szenario bzw. in welchen Teilschritten sie produziert werden. Der Übergang von der virtuellen in die reale Welt und wieder zurück wird in der Fertigungsindustrie von dem Begriff „Virtuelle Inbetriebnahme“ geprägt. In der Prozessindustrie ist dieser ein wesentlicher Bestandteil des Integrated Engineerings. Dieser Prozessschritt ist bisher jedoch nur teilweise und in unzureichender Qualität umgesetzt worden und wird zum zentralen Bestandteil bei der Realisierung der Vision Industrie 4.0 werden. Ob es zu einem „Handshake“ kommt, wird vorher in der virtuellen Welt verbindlich überprüft. Die Basis der realen Entscheidung bildet dann die Simulation in der virtuellen Welt.

| | | Siemens Amberg | Daimler Produktion 2000+ | Maximale Punktzahl |
|--------------|--|-------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 | Es besteht über Unternehmensgrenzen hinweg ein selbst organisierendes Netzwerk von Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln, welches selbstständig Information austauscht, sich steuert und sich optimiert | 6 | 18 | 24 |
| 2 | Digitale und physische Welt greifen nahtlos ineinander | 4 | 4 | 12 |
| 3 | Das Netzwerk ist vertikal mit betriebswirtschaftlichen Systemen und Prozessen integriert | 6 | 4 | 6 |
| 4 | Das Netzwerk ist horizontal von der Bestellung bis zur Lieferung integriert | 6 | 4 | 6 |
| 5 | Das Agile Produkt besitzt sämtliche Information zu seiner Produktion | 0 | 8 | 8 |
| 6 | Das Agile Produkt ist eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und kennt seine Historie zu jeder Zeit und über den ganzen Lebenszyklus hinweg | 6 | 6 | 8 |
| 7 | Die Herstellung der agilen Produkte erfolgt schneller, effizienter, individueller und umweltfreundlicher als heute (I40 Ziele) | 8 | 8 | 16 |
| 8 | Das Agile Produkt ist aktives Element des Produktionsprozesses | 0 | 20 | 20 |
| Summe | | 36 | 72 | 100 |

Bild 5: Bewertungsergebnis in Punkten für zwei ausgewählte Beispiele.

Es wird notwendig sein, technische Lücken der Prozesssimulation in der virtuellen Welt zu schließen. In der Implementierung eines sich selbst regulierenden Produktionsnetzwerks wird es notwendig sein, klare Entscheidungen basierend auf unscharfem Wissen zu treffen. Hierzu ist Grundlagenarbeit notwendig. Eventuell müssen Anpassungen in der realen Welt der Automatisierung erfolgen.

Das Agile Produkt muss umfangreiche Informationen und Intelligenz über seinen eigenen Produktionsprozess beinhalten. Dies muss bei der Produktentstehung berücksichtigt und in geeigneter Form gespeichert und wieder zur Verfügung gestellt werden. Hierzu ist methodische Entwicklungsarbeit zu leisten.

Abgrenzung: Aufgrund der Komplexität des Themengebiets wurden in dem hier beschriebenen Ausblick die notwendigen Entwicklungen im Bereich der Automatisierungstechnik nicht betrachtet. Genauso wurden Themen der Datensicherheit, das Bewahren von IP-Rechten und rechtliche Themen nicht betrachtet.

Schlüsselwörter:
Industrie 4.0, Digitalisierung, Virtuelles Abbild

- [8] Russwurm, S.: Auf dem Weg zu Industrie 4.0. Mit Siemens die Zukunft der Produktion gestalten. Hannover Messe Industrie, Hannover, 08. April 2013. URL: <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2013/industry/2013-04-hannovermesse/presentation-russwurm-d.pdf>, Abrufdatum 15.10.2015.
- [9] Virtuelles Abbild – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (Hrsg): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, April 2013. URL: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-40-abschlussbericht-des-arbeitskreises-i.html>, Abrufdatum 15.10.2015.
- [10] Malanowski, N.; Brandt, J. C.: Innovations- und Effizienzsprünge in der chemischen Industrie. Juli 2014. URL: http://www.boeckler.de/pdf/p_fofoe_innovations_und_effizienzspruenge_chem_indust.pdf, Abrufdatum 15.10.2015.
- [11] Ovtcharova, J.: Virtuelles Abbild – neue Ingenieurmethoden für Industrie 4.0. Tagesband der 3. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien in Anwendung und Forschung „VAR² 2015 - Realität erweitern“, TU Chemnitz, 2.-3. Dezember 2015 (im Druck).