

Industrie 4.0

– Whitepaper FuE-Themen –

Stand: 3. April 2014

Einleitung

Die „Plattform Industrie 4.0“ ist ein gemeinsames Projekt der drei Industrieverbände BITKOM, VDMA und ZVEI. Es knüpft an das „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ an, das im Aktionsplan zur „Hightech-Strategie 2020“ von der Bundesregierung gestartet wurde. Ziel ist es, mit geeigneten Maßnahmen Deutschland in die Lage zu versetzen, bis 2020 Leitanbieter für „Cyber-Physical Production Systems“ zu werden. Erste Umsetzungsempfehlungen erarbeitete der „Arbeitskreis Industrie 4.0“ bereits 2012, koordiniert von der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Der Abschlussbericht wurde der Bundesregierung auf der Hannover Messe 2013 übergeben.

Die „Plattform Industrie 4.0“ hat zum Ziel, das im Abschlussbericht beschriebene Innovationspotenzial zu konkretisieren, ein Konzept zur Umsetzung zu erarbeiten und so den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Im branchenübergreifenden Austausch sollen Konzepte für Technologien, Standards, Geschäfts- und Organisationsmodelle entwickelt und die praktische Umsetzung vorangetrieben werden. Der Lenkungskreis der Plattform Industrie 4.0 definiert Industrie 4.0 wie folgt:

„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie bspw. Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.“

Der Wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 hat 17 Thesen zu Industrie 4.0 formuliert, die plastisch skizzieren, welche konkreten Chancen sich tatsächlich mit Industrie 4.0 ergeben. Sie helfen bei der kritischen Analyse der zahlreichen Angebote, die unter dem Label Industrie 4.0 firmieren, aber nicht immer auch einen echten Beitrag dazu leisten. Die Thesen beschreiben, wohin Industrie 4.0 führt und wirken einer Verwässerung des Begriffs entgegen, indem sie ihn klar umgrenzen. Sie beschreiben also unser Ziel.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind Forschung und Entwicklung notwendig. Die AG3 „Forschung und Innovation“ der Plattform formuliert hierfür im engen Dialog mit dem Wissenschaftlichen Beirat den Bedarf und strukturiert ihn inhaltlich und zeitlich.

Im vorliegenden Whitepaper werden neben den Thesen des Wissenschaftlichen Beirates die aus Sicht der Industrie vorrangigen FuE-Themen vorgestellt. Nach deren Definition und genauer Beschreibung benennt es auch die konkreten Ergebnisse, die erreicht werden sollen. Das Whitepaper formuliert damit sehr kompakt die Kernthemen von Industrie 4.0. Nicht behandelt werden die Basistechnologien der Consumer- und Industrieelektronik, die selbstverständlich auch in Industrie 4.0 genutzt werden. Auch hierfür soll zu einem späteren Zeitpunkt der Bedarf ermittelt werden.

Das Papier wird in den nächsten Monaten zu einer Roadmap weiterentwickelt und ergänzt werden mit Hinweisen zu den notwendigen Voraussetzungen, gegenseitigen Abhängigkeiten und Realisierungszeiträumen. Es ist somit als Momentaufnahme zu verstehen.

Inhalt

Thesen	4
Überblick Themenfelder.....	5
Industrie 4.0 by Design.....	6
Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke	7
1. Neue Geschäftsmodelle	7
2. Framework Wertschöpfungsnetzwerke	8
3. Automatisierung von Wertschöpfungsnetzwerken	9
Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Lebenszyklus	10
4. Integration von realer und virtueller Welt	10
5. Systems Engineering.....	11
Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme.....	12
6. Sensordatenanalyse & Ableitung einer datenbasierten Optimierung der Prozesssteuerung ..	12
7. Intelligenz – Flexibilität – Wandelbarkeit.....	13
8. Multimodale Assistenzsysteme	14
9. Technologieakzeptanz und Arbeitsgestaltung	15
Querschnittstechnologien für Industrie 4.0.....	16
10. Funkkommunikation für Industrie 4.0-Szenarien.....	16
11. Security & Safety	17
12. Industrie 4.0-Plattform mit Referenzarchitekturen und Verteilte Dienste-orientierte Architektur.....	18
Ausblick	20

Thesen des Wissenschaftlichen Beirats

Mensch

1. Vielfältige Möglichkeiten für eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation werden entstehen, auch im Sinne von Selbstorganisation und Autonomie. Insbesondere eröffnen sich Chancen für eine alters- und altersgerechte Arbeitsgestaltung.
2. Industrie 4.0 als sozio-technisches System bietet die Chance, das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter zu erweitern, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume zu erhöhen und ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern.
3. Lernförderliche Arbeitsmittel (Learnstruments) und kommunizierbare Arbeitsformen (Community of Practice) erhöhen die Lehr- und Lernproduktivität, neue Ausbildungsinhalte mit einem zunehmend hohen Anteil an IT-Kompetenzen entstehen.
4. Lernzeuge – gebrauchstaugliche, lernförderliche Artefakte – vermitteln dem Nutzer ihre Funktionalität automatisch.

Technik

5. Industrie 4.0-Systeme sind für den Anwender einfach zu verstehen, intuitiv zu bedienen, sie sind lernförderlich und reagieren verlässlich.
6. Allgemein zugängliche Lösungsmuster erlauben es vielen Akteuren, Industrie 4.0-Systeme zu entwerfen, zu realisieren und zu betreiben (Industrie 4.0 by Design).
7. Die Vernetzung und Individualisierung der Produkte und Geschäftsprozesse erzeugt Komplexität, die z. B. durch Modellierung, Simulation und Selbstorganisation bewirtschaftet wird. Ein größerer Lösungsraum kann schneller analysiert und Lösungen können schneller gefunden werden.
8. Die Ressourceneffektivität und -effizienz kann kontinuierlich geplant, umgesetzt, überwacht und autonom optimiert werden.
9. Intelligente Produkte sind aktive Informationsträger und über alle Lebenszyklusphasen adressier- und identifizierbar.
10. Systemkomponenten sind auch innerhalb von Produktionsmitteln adressier- und identifizierbar. Sie unterstützen die virtuelle Planung von Produktionssystemen und -prozessen.
11. Neue Systemkomponenten verfügen mindestens über die Fähigkeiten der zu ersetzenden und können deren Funktion kompatibel übernehmen.
12. Systemkomponenten bieten ihre Funktionalitäten als Dienste an, auf die andere zugreifen können.
13. Eine neue Sicherheitskultur führt zu vertrauenswürdigen, resilienten und gesellschaftlich akzeptierten Industrie 4.0- Systemen.

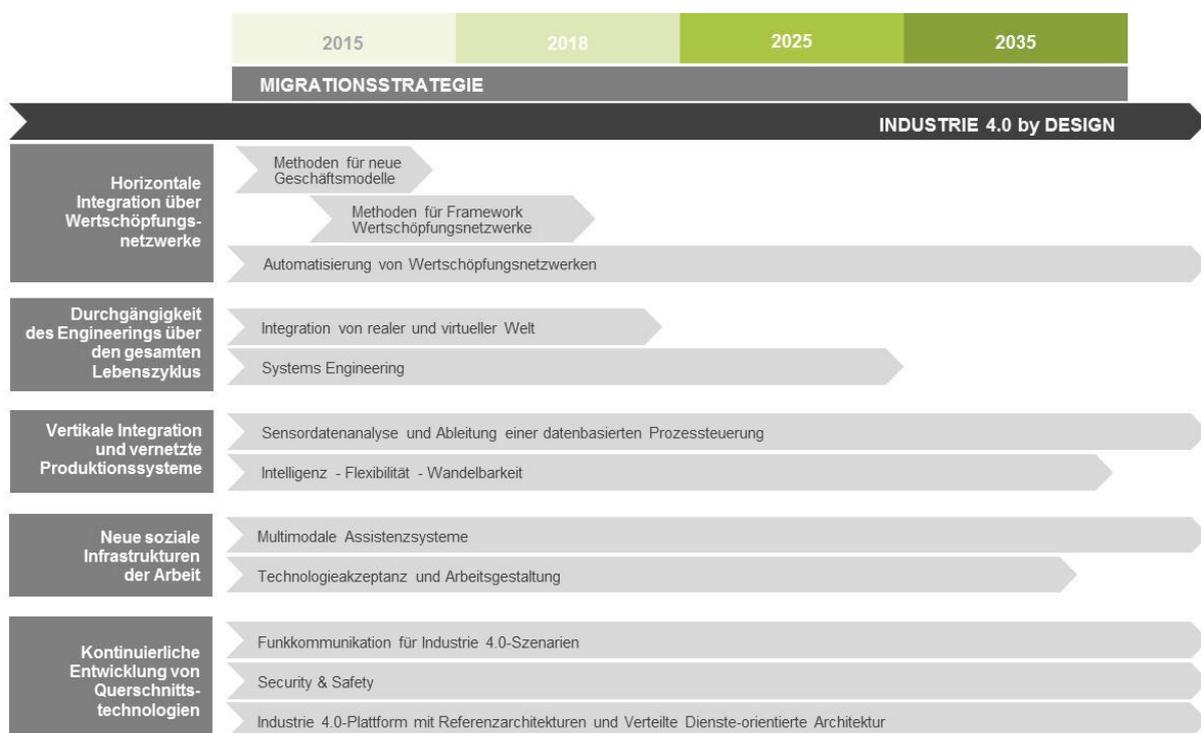
Organisation

14. Neue und etablierte Wertschöpfungsnetze mit Mehrwert integrieren Produkt, Produktion und Service und ermöglichen die dynamische Variation der Arbeitsteilung.
15. Zusammenarbeit und Wettbewerb (Coopetition) führt betriebswirtschaftlich und rechtlich zu neuen Strukturen.
16. Systemstrukturen und Geschäftsprozesse werden auf dem jeweils gültigen Rechtsrahmen abbildbar; neue rechtliche Lösungen ermöglichen neue Vertragsmodelle.
17. Es entstehen Chancen für die Vermittlung regionaler Wertschöpfung – auch in sich entwickelnden Märkten.

Überblick Themenfelder

Die folgende Abbildung zeigt den groben Zeitplan für die Bearbeitung der Themenfelder:

- (1) **Neue Geschäftsmodelle**
- (2) **Framework Wertschöpfungsnetzwerke**
- (3) **Automatisierung von Wertschöpfungsnetzwerken**
- (4) **Integration von realer und virtueller Welt**
- (5) **Systems Engineering**
- (6) **Sensordatenanalyse und Ableitung einer datenbasierten Prozesssteuerung**
- (7) **Intelligenz, Flexibilität und Wandelbarkeit**
- (8) **Multimodale Assistenzsysteme**
- (9) **Technologieakzeptanz und Arbeitsgestaltung**
- (10) **Funkkommunikation für Industrie 4.0 Szenarien**
- (11) **Security & Safety**
- (12) **Industrie 4.0-Plattform mit Referenzarchitekturen und Verteilte Dienste-orientierte Architektur**



Zeitplan für die einzelnen Forschungsfelder

Industrie 4.0 by Design

Was verstehen wir darunter?

Der Haupttreiber der Produktion im Rahmen von Industrie 4.0 ist eine ganzheitliche Ressourceneffizienz. Sie basiert auf flexiblen und hoch qualifizierten Mitarbeitern, die intelligente automatisierte Prozesse bedienen. Cyber-Physical Systems (z.B. Maschinen, Anlagen) werden die weltweite Produktion bestimmen. Sie haben eine Identität. Sie kommunizieren miteinander und mit der Umgebung. Sie konfigurieren sich selbst und speichern Informationen. Am Ende organisieren sie sich dezentral selbst. Die dafür notwendige hohe IT-Effizienz wird mit service-orientierten IT-Infrastrukturen erreicht. Nachhaltigkeit ist das Ziel, das nur mit einer neuen Informations- und Kommunikationstechnik erreicht werden kann.

Industrie 4.0 by Design ist dann erreicht, wenn alle Entwicklungen entsprechend der Referenzarchitektur vorgenommen werden. Das bedeutet, dass beispielsweise Anlagenbauer in Service-Architekturen denken, also in „Design-Schichten“, die gekapselt werden können. Die verschiedenen Lebenszyklen von Mechanik (20 bis 50 Jahre), Elektronik (5 bis 10 Jahre) und Software (2 bis 5 Jahre) werden dabei berücksichtigt. Allgemein zugängliche Lösungsmuster werden es vielen Akteuren erlauben, Industrie 4.0-Systeme zu entwerfen, zu realisieren und zu betreiben.

Was wollen wir damit erreichen?

Nichts Geringeres als die nachhaltige Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandorts Deutschland ist das Ziel von Industrie 4.0. Die Entwicklung der Cyber-Physical Systems ging vom passiven RFID über aktive Sensoren und Aktoren und netzwerkfähige intelligente Komponenten. Aber erst die „Systems of Systems“, die Zusammenstellung von Cyber-Physical Systems, die ihre Einzelfähigkeiten intelligent kombinieren, um neue Fähigkeiten zur Verfügung zu stellen, können die Fabrik der Zukunft nachhaltig optimieren. Die dezentrale Datennutzung und -verarbeitung wird auch in der Fabrik eine wesentliche Rolle spielen. Physikalische Daten werden mit Sensoren unmittelbar erfasst und weltweiten Diensten zur Verfügung gestellt. Resultate dieser Auswertungen können direkt zurückgespielt werden und mittels Aktoren die Fabrik nahezu in Echtzeit optimieren. Der intuitiv konfigurierbare Informationsaustausch zwischen Modulen im Sinne von „Plug&Produce“ ist eine wichtige Basis für Industrie 4.0.

Die Vernetzung über digitale Kommunikationstechnologien (drahtlos/drahtgebunden, lokal/global) ermöglicht das Einwirken auf die physikalische Welt. Für die Interaktion des Menschen werden multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verwendet, u.a. Touchdisplays, Sprachsteuerung oder Gestensteuerung. Austausch- und Migrations-Szenarien am Lebensende von Bauteilen machen die Wiederverwertung von Materialien und Teilen möglich – die Grundvoraussetzung für eine ganzheitliche Ressourceneffizienz.

Für die IT- und Steuerungslandschaften in Unternehmen bedeutet Industrie 4.0 eine weitergehende Service-Orientierung, den Ersatz klassischer Hierarchien durch vernetzte, dezentral organisierte Dienste, den verstärkten Einsatz von Apps und die Notwendigkeit für offene Schnittstellen. Die Service-Orientierung (XaaS) in allen Bereichen des Lebens (use it but do not own it) wird auch vor der Fabrik nicht Halt machen. Service-orientierte IT-Architekturen werden in allen Bereichen der industriellen Produktion Einzug halten.

Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke

1. Neue Geschäftsmodelle

Was verstehen wir darunter?

Ein Geschäftsmodell ist eine vereinfachte Darstellung, wie das Geschäft und die Wertschöpfung innerhalb eines Unternehmens funktionieren und somit eine abstrakte Beschreibung, wie mit welchen Partnern, in welchen Märkten und mit welchen Kundengruppen Geld verdient wird. Im Kontext von Industrie 4.0 werden in Unternehmen aufgrund neuer Wertschöpfungsprozesse und einer sich verändernden Rollenverteilung in Wertschöpfungsnetzwerken neue Geschäftsmodelle entstehen.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Go-To-Market-Ansätze (GTMs)
- Methoden zur Bedarfsanalyse und -generierung sowie zur Potenzialermittlung
- Zahlungs- und Abrechnungsmodelle
- Nutzen- und Risikobewertung für jeden einzelnen Akteur im Netzwerk
- rechtliche Aspekte
- Anreiz- und Akzeptanzsysteme

Was wollen wir damit erreichen?

Ein gemeinsames Verständnis der Geschäftsmodelle ist die Voraussetzung für die nachhaltige Nutzung der Potenziale einer firmenübergreifenden Vernetzung. Methodische Ansätze sollten vereinheitlicht und konsolidiert werden, Best Practices und Erfahrungen – insbesondere auch aus den je anderen Branchen – systematisch erfasst werden. Dann erfolgt eine Übertragung auf die Produktion und die Analyse der sich daraus ergebenden Konsequenzen. Dabei sind die unterschiedlichen Rollen innerhalb von Wertschöpfungsnetzwerken zu betrachten.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- exemplarische Go-to-Market-Ansätze für die unterschiedlichen Anbieterrollen innerhalb eines Netzwerkes, abgeleitet aus Best Practices
- ein auf die Bedarfe von Industrie 4.0 abgestimmter Geschäftsmodellansatz, der die Aspekte von Wertschöpfungsnetzwerken berücksichtigt
- exemplarische Zahlungs-, Abrechnungs- und Lizenzmodelle
- Leitfaden zur Bewertung des Industrie 4.0-typischen Nutzens und der entsprechenden Risiken
- Leitfaden für die rechtlichen Aspekte (u.a. Haftungsfragen insbesondere bei Service-Level Agreements (SLAs) für Software as a Service (SaaS) und Platform as a Service (PaaS).

2. Framework Wertschöpfungsnetzwerke

Was verstehen wir darunter?

Ein Wertschöpfungsnetzwerk beschreibt ein System aus einzelnen Wertschöpfungsprozessen und deren prozesstechnische Abhängigkeit. Die einzelnen Wertschöpfungsprozesse werden durch autonome, rechtlich selbstständige Akteure realisiert. Sie sind über das Wertschöpfungsnetzwerk durch komplexe wechselseitige Beziehungen miteinander verbunden und bilden eine Interessengemeinschaft von Wertschöpfungspartnern, die auf einen nachhaltigen ökonomischen Mehrwert ausgerichtet sind.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Voraussetzungen, Treiber, Konsequenzen für die Entstehung neuer Wertschöpfungsnetzwerke
- wirtschaftliche Rolle von CPS-Plattformen als Integrator von Wertschöpfungsnetzwerken
- mögliche geschäftliche Bedrohungen und resultierende Konsequenzen
- Organisationsformen von Wertschöpfungsnetzwerken, deren unterschiedliche Komponenten und Rollen sowie deren rechtliche Implementierung

Was wollen wir erreichen?

Es sollen Konzepte für die Implementierung von Wertschöpfungsnetzwerken entstehen und in Pilotprojekten angewendet werden, damit Themen wie (neue) Geschäftsstrategien, -modelle und -prozesse unter stärkerer Einbeziehung von Kunden, Lieferanten, Partnern und Markt praktisch beleuchtet werden. Dazu werden für die konkreten Beispiele Business-Pläne erstellt und Erfahrungen bezüglich einer „Orchestrierung“ gesammelt, die auch als zukünftige Anforderungen an CPS-Plattformen zur Unterstützung von Wertschöpfungsnetzwerken veröffentlicht werden sollen.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- die flexible Integration von Wertschöpfungsnetzen in der Produktion
- Methoden zur Analyse und Bewertung wirtschaftlicher und technologischer Potenziale aus Sicht der Netzwerkpartner und deren Kunden
- Mobilisierung insbesondere mittelständische Unternehmen für die Kooperation in Netzwerken
- Eröffnung neuer Geschäftsmöglichkeiten
- Win-Win-Wertschöpfungspartnerschaften und damit nachhaltige, „integrierte“ Geschäftsmodelle

3. Automatisierung von Wertschöpfungsnetzwerken

Was verstehen wir darunter?

Der Automatisierungsgrad der horizontalen Integration wird erhöht, indem Wertschöpfungsstufen automatisiert durchlaufen werden. Im Vordergrund stehen dabei Stufen, in denen die Wertschöpfung automatisiert erbracht wird oder rein in der „digitalen“ Welt erfolgt.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Durchgängigkeit der Informationsflüsse
- Einsatz von Verfahren zur Modellierung, Berechnung, Simulation und Optimierung
- Integration von Anwendungen wie PLM, APS, MES, SCM und ERP
- Einbindung des Menschen als kreativem Akteur in den globalen Wertstrom
- Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle
- Abhängigkeit von Qualifizierungsmaßnahmen und Migrationsprozessen

Was wollen wir erreichen?

Die Wertschöpfung soll effizienter und flexibler erbracht werden und sicher prognostizierbar sein. Menschen werden von nicht-kreativen Tätigkeiten entlastet. Produktivitätssteigerung, Ressourceneffizienz und Automatisierung stehen im Fokus. Durch die weitere Automatisierung einzelner Teilschritte komplexer Planungsprozessen werden die übergeordneten Wertschöpfungsketten und -netze sowie der operative Betrieb hinsichtlich global definierbarer Zielgrößen optimiert. Dabei werden Abhängigkeiten berücksichtigt und Synergieeffekte erzielt. Dies wird möglich, indem ehemals hierarchisch-sequenziell organisierte Prozesse entweder integriert und teilweise synchron oder autonom durchgeführt werden.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- eine Methodik, welche die direkten und indirekten Zusammenhänge und Abhängigkeiten aller Unternehmensprozesse (z.B. PLM, ERP, APS, MES) beschreibt
- ein gemeinsames Zielhierarchiesystem, das Auswirkung aller Tätigkeiten und Prozesse auf global definierte Ziele referenziert
- Prozesse und Tätigkeiten, die unter Berücksichtigung der o.g. Zusammenhänge und Abhängigkeiten hinsichtlich einer möglichst optimalen globalen Zielerreichung gestaltet und organisiert sind
- einfach anwendbare und integrierbare autonom beschriebene Module
- Werkzeuge und Programme, die die Anwender durch eine einfache, intuitive Darstellung und kontinuierliche Simulationsmöglichkeiten unterstützen

Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Lebenszyklus

4. Integration von realer und virtueller Welt

Was verstehen wir darunter?

Das Zusammenspiel von realer und virtueller/digitaler Welt rückt in der Industrie 4.0 immer stärker in den Mittelpunkt. Alle Objekte haben ein digitales Abbild, das Modell. Die reale Welt ist in diesem Zusammenhang in der Regel charakterisiert durch zu lösende Problemstellungen und Entscheidungsfindungsprozesse. Wesentliche Elemente der virtuellen/digitalen Welt sind Simulationen, Planungs- und Beschreibungsmodelle. Die Co-Modellierung betrachtet darüber hinaus maßgeblich die Schnittstellen zwischen beiden Welten auf unterschiedlichen Skalen.

Benötigt wird ein wissenschaftliches Fundament im Sinne einer produktionstechnischen Modellierungstheorie für den Maschinen- und Anlagenbau. Bewährte Theorien, Beschreibungsmittel und Methoden einschließlich damit verbundener Basistechnologien aus der Informatik sind im Hinblick auf einen breiten Einsatz in den Ingenieurwissenschaften durch geeignete Adaption, Erweiterung und Kombination zu ertüchtigen. Hier spielt die adressatengerechte Integration in bekannte domänenspezifische Arbeitsansätze und Softwarewerkzeuge eine Schlüsselrolle.

Auf Basis einer definierten gemeinsamen Semantik müssen Konzepte durchgängig integriert sein. Neben dem Aufwand für die Erstellung von Modellen ist deren nutzenstiftender Einsatz über den gesamten Lebenszyklus zu betrachten.

Was wollen wir damit erreichen?

Die notwendige Grundlage ist ein einheitliches Verständnis von Modellen im Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Informatik im Umfeld der Produktion. Langfristiges Ziel ist die Befähigung produzierender Unternehmen zur wirtschaftlichen, nutzenstiftenden, bidirektionalen Modellierung. Damit sollen Elemente aus virtuellen Welten mit der realen Welt auf einem hohen semantischen Niveau interdisziplinär verknüpft werden können, um die Effizienz der internen Auftragsabwicklung sowie die Sicherheit von Entscheidungen signifikant zu erhöhen.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Modellierungstheorie einschließlich daraus abgeleiteter Anforderungen an Werkzeuge und Daten- bzw. Informationsflüsse (auf allen Ebenen der Automatisierungspyramide)
- Verfahren für den Wirtschaftlichkeitsnachweis sowie Fallbeispiele
- praxistaugliche Modellierungsvorschriften
- allgemeines werkzeugunterstütztes Meta-Modell

5. Systems Engineering

Was verstehen wir darunter?

Systems Engineering ist eine durchgängige fachübergreifende Disziplin zur Entwicklung technischer Systeme, die alle Aspekte ins Kalkül zieht. Es stellt das multidisziplinäre System in den Mittelpunkt und umfasst die Gesamtheit aller Entwicklungsaktivitäten.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- integrative Entwicklung von Produkt, Prozess und Produktionssystem. Von Beginn an müssen alle Aspekte in einem engen Wechselspiel entwickelt und über den Marktzyklus des Produkts kontinuierlich fortentwickelt werden.
- Erprobung und Validierung von Entwurfsentscheidungen in „frühen“ Phasen, auch im Hinblick darauf, welche intendierten Funktionen später mechanisch, elektrisch, durch Firmware, Software oder durch Dienstleistungen umgesetzt werden
- Verfügbarkeit aller relevanten Daten und Prozesse über Systemgrenzen (Teilsystem, Maschine/Prozess, Produktionsanlage, Fabrik) und Firmengrenzen hinweg, sowie deren Bereitstellung in skalierbaren Systemen
- Modularisierung und Wiederverwendung der Anlagen und Systeme für die Beherrschung der zunehmenden Komplexität und Skalierbarkeit
- Rückfluss von Erfahrungen aus dem Einsatz der Anlagen und Systeme in die Entwicklung bzw. das Engineering und den Betrieb
- Die verwendeten Methoden lassen eine interoperable Engineering-Kette entstehen, die eine sichere Nutzung (Austausch von Daten, Rollenmodelle, Zugriffsverfahren) der Engineering-, Simulations- und für den Betrieb genutzten Systeme, deren Einbettung in Geschäftsmodelle (z.B. Lizenzen, Abrechnungssysteme) versionsorientiert ermöglichen.

Was wollen wir damit erreichen?

Ziel muss es sein, dass ein ganzheitlicher fachdisziplinübergreifender Entwurf eines komplexen Systems im Zuge der weiteren Konkretisierung in die etablierten Entwicklungsmethoden und die entsprechenden Toolumgebungen der betroffenen Domänen wie Mechanik, Elektrotechnik, Softwaretechnik sowie Anlagen- und Prozesstechnik mündet.

Das Systems Engineering soll – insbesondere in KMU – mehr Akzeptanz erhalten und dort zunehmend kooperativ genutzt werden. Die zunehmende Komplexität von Industrie 4.0-Systemen wird damit beherrscht und ermöglicht die effiziente und effektive Abwicklung von Projekten im Engineering- und Produktionsverbund.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- aufeinander abgestimmte Methoden sowie abgestimmte Werkzeugketten und Entwicklungsumgebungen
- System- und ortsunabhängige Nutzung der Werkzeuge
- Semantik der applikativen Schnittstellen
- disziplinübergreifendes durchgängiges Anforderungsmanagement in komplexen Systemen

Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme

6. Sensordatenanalyse und Ableitung einer datenbasierten Optimierung der Prozesssteuerung

Was verstehen wir darunter?

Die zentrale Motivation hinter der Sensordatenanalyse ist die kontinuierliche Optimierung der Prozesssteuerung. Der Prozess soll auf diskontinuierliche Einflüsse reagieren. Die Reaktion kann die Anpassung der Prozessparameter sein (produktbezogen) – aber auch die Prognostizierung oder Signalisierung eines Defekts der Anlage (maschinenbezogen).

Die Ableitung von Handlungsempfehlungen oder direkten Maßnahmen zur Anpassung des Prozesses auf Basis der aufgenommenen Zustandsparameter ist die eigentliche Herausforderung. Die ISO 13374-2 bezieht daher in die Zustandsüberwachung sowohl eine Prognosefunktion als auch die Handlungsableitung mit ein.

Zu berücksichtigende Fragen sind:

- Wie kann Data Acquisition bei einer großen Anzahl Sensoren in der Praxis gestaltet werden?
- Wo wird Auswertung, Pflege und Fortschreibung von Daten (Data Manipulation) sinnvollerweise durchgeführt?
- Wie kann der qualitative und quantitative Zusammenhang zwischen gemessenen Werten und auftretenden Schäden erkannt und in ein Zustandsmodell überführt werden?
- Wie kann aufgrund der quantitativen Kenntnis eine Prognose über die weitere Zustandsänderung im Zeitverlauf erfolgen?
- Wie werden Handlungsempfehlungen automatisiert echtzeitnah im Produktionsprozess umgesetzt und für andere Prozesse verfügbar gemacht?

Was wollen wir damit erreichen?

Es soll ein Gerüst entwickelt werden, das die Strategien zum Einsatz von CPS in zustandsabhängigen Überwachungs- und Steuerungsszenarien definiert. Der Zugriff auf die Hauptkomponenten (Layer) der Sensordatenverarbeitung soll, soweit möglich, standardisiert werden. Es wird eine Softwarearchitektur entstehen, die die Auswertung mehrerer Sensordatenströme im Sinne von Datenfusion auf einer Metaebene ermöglicht, ohne dass jeder Anwendungsfall individuell entwickelt werden muss.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- erweiterte und verfeinerte Modelle zur Feststellung des System-/Produktzustands, die die Ableitung zuverlässiger Handlungsempfehlungen ermöglichen
- online-Regelung eines Fertigungsprozesses in Abhängigkeit der rückgeführten Echtzeitdaten aus dem Prozess sowie der Qualität des Prozessoutputs
- Strategie zur online-Anpassung und Optimierung des Prozesses auf Basis der Zustandsparameter
- Einführung fallspezifischer, adaptiver Messstrategien in die Qualitätssicherung
- Abbildung dynamischer Regelung von komplexen Fertigungsprozessen

7. Intelligenz – Flexibilität – Wandelbarkeit

Was verstehen wir darunter?

Intelligente Produktionssysteme sind adaptiv. Das heißt, sie interagieren auf Basis des integrierten Modellwissens mit ihrer Umgebung und passen sich ihr selbständig an. Sie sind robust. Sie bewältigen auch unerwartete, vom Entwickler nicht berücksichtigte Situationen in einem sich stetig ändernden Umfeld ohne ihre Leistungsniveaus zu reduzieren. Sie sind aber auch vorausschauend. Sie antizipieren auf der Basis von Erfahrungswissen die Wirkungen unterschiedlicher Einflüsse. Und sie sind schließlich auch benutzungsfreundlich. Sie berücksichtigen sowohl das unterschiedliche Verhalten von Anwendern als auch den unterschiedlichen Informationsbedarf und passen sich diesem selbständig an. Flexibilität bedeutet, dass Prozesse bzw. Systeme in definierten und begrenzten Korridoren vorgedacht wurden, um ein möglichst breites Spektrum an Anforderungen abzudecken. Im Produktionsumfeld bedeutet das ein flexibles Zusammenspiel von Menschen, Maschinen, Produktionssystemen und Wertschöpfungsnetzen in Bezug auf die Fertigung unterschiedlicher Produkte bzw. Varianten. Wandelbarkeit bedeutet, Grenzen der Flexibilitätskorridore zu verschieben. Damit können Prozesse und Systeme über einen konstruktiven Schritt geändert bzw. umgebaut werden. Im Produktionsumfeld, bezogen auf eine Maschine, ist das ein „einfaches“ Umbauen zur Fertigung neuer Produkte und Varianten, bezogen auf ein Produktionssystem, ein „einfaches“ Ändern des Aufbaus.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Identifikation, Formalisierung und Beschreibung der direkt und indirekt auf die globalen Ziele wirkenden Flexibilisierungs- und Wandlungsmöglichkeiten
- Standardisierung der Schnittstellen und Fähigkeiten von Einheiten (Modulen) zum Aufbau einer flexiblen und wandelbaren Produktion
- soziale, ethische, ökologische und ergonomische Auswirkungen
- Engineering und Testen von autonomen Systemen im Produktionsumfeld; die Entwickler autonomer Systeme müssen entsprechend geschult und ausgebildet werden

Was wollen wir damit erreichen?

Durch Intelligenz entfalten Produkte und Produktionssysteme neue Funktionalitäten und entlasten ihre Benutzer. Es werden Entwicklung, Engineering, Wartung und Lebenszyklusmanagement verbessert und es erhöhen sich Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit von Produkten und Produktionssystemen. Darüber hinaus werden Ressourcen wie Energie und Material effizienter eingesetzt und ermöglichen so äußerst flexible und einfach wandelbare Produktionsprozesse und -systeme.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Identifikation von autonomen, wiederverwendbaren Einheiten (Modulen) innerhalb einer Produktion und Ableitung der Anforderungen und Potenziale für Arbeitsmodelle
- robuste, zuverlässige Algorithmen für zentrale und dezentrale Intelligenz
- Strategien für die Verhandlung zwischen intelligenten Systemen im Produktionsumfeld
- Technologien und Anwendungsbeispiele für eine intuitive Mensch-Maschine-Interaktion
- Migrationsstrategien hin zu flexiblen und wandelbaren Produktionen

Neue soziale Infrastrukturen der Arbeit

8. Multimodale Assistenzsysteme

Was verstehen wir darunter?

Grundsätzlich adressiert dieses Themenfeld eine humanzentrierte Auslegung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Im Rahmen von Industrie 4.0 wird sich die Mensch-Technik-Interaktion verändern: Die Maschinen passen sich den Menschen an – und nicht umgekehrt. Intelligente industrielle Assistenzsysteme mit multimodalen bedienungsfreundlichen Benutzerschnittstellen können die Beschäftigten bei ihrer Arbeit unterstützen und bringen digitale Lerntechnologien direkt an den Arbeitsplatz.

Zu berücksichtigende Aspekte bei der Interaktionsgestaltung sind:

- Sinnfälligkeit der Ein-/Ausgaben
- Wahrnehmbarkeit, auch unter ungünstigen Bedingungen
- Identifizierbarkeit, Verwechslungssicherheit
- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität

Was wollen wir damit erreichen?

In der Fabrik sollen neue Formen der kollaborativen Arbeit entstehen, gestützt durch intelligente Assistenzsysteme. Methoden und Techniken der erweiterten Realität (Augmented Reality), der Dualwelttechnologie (Dual Reality) und der synchronisierten und multiplen Welten – also der Echtzeitsynchronisation von sensomotorischen und semantischen Fabrikmodellen mit realen Fabriken – ermöglichen kollaborative Teleoperationen von hochkomplexen Komponenten, etwa bei der Fehlersuche. Die Zusammenarbeit der Beschäftigten wird sich damit grundlegend verändern. Kooperation und Kollaboration, zum Beispiel über angepasste soziale Netzwerke und soziale Medien, wird auch über Unternehmens- und Bildungsniveaugrenzen hinaus möglich. Leicht adaptierbare Interaktionssysteme werden der Heterogenität der Belegschaft Rechnung tragen, weil sie personalisiert und für spezielle Zielgruppen entwickelt sind.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Integration virtueller Menschmodelle zur Unterstützung der Simulation maschineller Produktionsabläufe
- Voraussetzungen für die Nutzung und den Erhalt von Erfahrungswissen der Beschäftigten als Bedingung eines stabilen Systembetriebs
- Herstellung und Sicherung von Transparenz über den Systemstatus für die Beschäftigten
- Absicherung der Qualifizierung für alle Beschäftigtengruppen
 - Förderung digitaler Lerntechniken
 - Weiterentwicklung digitaler Lerntechniken

9. Technologieakzeptanz und Arbeitsgestaltung

Was verstehen wir darunter?

Industrie 4.0 muss von den Mitarbeitern in der Produktion akzeptiert werden. Die Voraussetzung dafür sind Arbeitsbedingungen, die eine Flexibilität im Sinne der Mitarbeiter ermöglicht und ihre Kreativität und Lernfähigkeit unterstützen. „Multimodale Assistenzsysteme“ werden dafür die technologische Voraussetzung schaffen. Fokus dieses Themenfelds ist auch die Qualifikationsentwicklung und die Arbeitsorganisation sowie die Gestaltung der Arbeitsmittel im Rahmen von Industrie 4.0-Systemen.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- grundlegendes Verständnis von Industrie 4.0 als sozio-technischem System, in dem Technik, Organisation und Personal systematisch aufeinander abgestimmt werden
- Arbeitsgestaltung, die die Akzeptanz, Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit, das Wohlbefinden und die Gesundheit arbeitender Menschen unterstützt
- Beteiligung der Mitarbeiter und des Betriebsrats an Einführungsprozessen

Was wollen wir damit erreichen?

Das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter soll erweitert werden, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume sollen erhöht und ihr Zugang zu Wissen deutlich verbessert werden. Auszugehen ist davon, dass neuartige kollaborative Formen von Produktionsarbeit möglich und systembedingt erforderlich werden. Damit bietet Industrie 4.0 die Chance, die Attraktivität von Produktionsarbeit zu steigern und dem absehbaren Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Schließlich werden gute Voraussetzungen geschaffen, durch entsprechende Maßnahmen der Arbeitsgestaltung den wachsenden Anforderungen einer alternden Belegschaft gerecht zu werden.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Konzepte für Tätigkeits- und Aufgabenstrukturen, die an Akzeptanz, Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit arbeitender Menschen ausgerichtet sind
- Vorschläge für die Integration von planenden, organisierenden, durchführenden und kontrollierenden Tätigkeiten an einem Arbeitsplatz
- Modelle für ein angemessenes Verhältnis zwischen anspruchsarmen Routineaufgaben und anspruchsvolleren problemlösenden Aufgaben
- lernförderliche Arbeitsmittel, die die Arbeitsorganisation unterstützen
- Modelle für die Beteiligung sowohl der betroffenen Mitarbeiter als auch der Betriebsrat am Implementationsprozess von Industrie 4.0

Querschnittstechnologien für Industrie 4.0

10. Funkkommunikation für Industrie 4.0-Szenarien

Was verstehen wir darunter?

Dieses Themenfeld adressiert die drahtlose Kommunikation der involvierten stationären und mobilen Komponenten von Cyber-Physical Systems. Das sind Komponenten, Dienstleistungs- und Produktivsysteme im Shopfloor und in den Hintergrund-Systemen des Unternehmens, in denen der Austausch von Daten über die damit verbundenen Lieferketten und die Phasen des Lebenszyklus hinweg möglich ist.

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Anforderungsgerechte Nutzung der drahtlosen Kommunikation im Büro und Shopfloor
- Interoperabilität verschiedenster drahtloser Kommunikationssysteme
- vorausschauende Wirkungsanalyse bei sich ändernden Systemkonfigurationen
- weltweiter Einsatz der Produkte in den verfügbaren Bändern
- Anforderungsmanagement der Bandbreite, Deterministik und Echtzeit
- skalierbare und durchgängige Nutzung in einer interoperablen Engineering-Kette
- Security und Safety

Was wollen wir damit erreichen?

Um den Anforderungskatalog für den Einsatz in Industrie 4.0-Produktionsszenarien zu erfüllen, sollen funkbasierte Vernetzungs- und Anbindungslösungen für den branchenübergreifenden Einsatz entwickelt und bewertet werden. Insbesondere die Anforderungen an die Übertragungsleistung, Robustheit, die Security und Safety sowie die Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und die internationale Ausrollbarkeit sind Ziele dieses Themenfelds.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Kosten-Effizienz und Akzeptanz von Industrie 4.0 durch standardisierte Lösungen, deren Standards die Ziele Interoperabilität, Skalierbarkeit, Kostensensitivität (z.B. auch für den teuren Sensor in geringer Stückzahl) und Anforderungsakzeptanz berücksichtigen. Standards sind durch Mechanismen zu qualifizieren, die in den üblichen Entwicklungsprozessen nutzbar sind und keine kostenerhöhenden Zertifikate (weder technisch noch räumlich getrieben) beinhalten. Hier sind z.B. offene Verfahren wie CE „Selbsterklärung der Hersteller“, anzustreben.
- Bewertung der Möglichkeiten heutiger und zukünftiger
 - öffentlicher mobiler Netze im Industrie 4.0-Kontext
 - WLAN-Technologien und möglicher Alternativen wie z.B. Bluetooth im Industrie 4.0-Kontext
 - Nahfeld-Technologien im Industrie 4.0-Kontext
- Identifikation von Anforderungen an spezifische
 - Funklösungen (Wireless M-Bus, ZigBee, KNX-RF, ...), proprietäre Lösungen und Identifikation möglicher Alternativen
 - Applikationsfelder wie Gebäude, Prozesstechnik oder Infrastruktur (Energie, Wasser, Transportwesen)

11. Security & Safety

Was verstehen wir darunter?

Security betrifft den Schutz einer Industrie 4.0-Anlage vor unbefugten Zugriffen von außen, sowie den Schutz sensibler Daten vor Verfälschung, Verlust und unbefugtem Zugriff im Innenverhältnis. Das schließt sowohl explizite Angriffe als auch nicht-intendierte Security-Vorfälle ein. Safety verlangt, dass Restrisiken, die von einer Industrie 4.0-Anlage ausgehen, akzeptable Werte nicht übersteigen. Das schließt sowohl die Gefährdungen der Umgebung der Anlage (z.B. Umweltschäden) als auch die Gefährdungen innerhalb der Anlage (z.B. Personen, die sich in der Anlage aufhalten) ein.

Der umfassende Schutz von Fabrikdaten bei der Übertragung, Verarbeitung und Speicherung muss folgende Bereiche adressieren:

- physische Sicherheit und Verfügbarkeit der IT-Systeme
- Netzwerksicherheit
- Softwareanwendungssicherheit
- Datensicherheit
- Betriebssicherheit

Zu berücksichtigende Aspekte sind:

- Schutz von Schnittstellen nach außen (Internet, ...)
- Schutz von Kommunikationssystemen in der Anlage (sichere Funkkommunikation, ...)
- Sicherstellung ausreichend kleiner Latenzzeiten bei der Kommunikation
- modulare Sicherheitsanalyse (Safety) zur Laufzeit
- Beachtung der Wirkung von Security-Lücken auf Gefahren für die Betriebssicherheit (Safety)

Was wollen wir damit erreichen?

Security und Safety ist eine wichtige Voraussetzung für die Funktion von Industrie 4.0-Anlagen, die im Unterschied zu traditionellen Produktionsanlagen über Schnittstellen zu ihrer Umgebung verfügen. Industrie 4.0-Anlagen können sich autonom rekonfigurieren und optimieren, was eine Analyse der Sicherheit (Safety) zur Laufzeit – also im laufenden Betrieb durch die Anlage selbst – erfordert. Ferner muss sichergestellt werden, dass durch verbleibende Security-Lücken keine unakzeptabel hohen Risiken im Sinne von Safety entstehen.

Schließlich soll in diesem Themenfeld die Vertrauensbildung bei kleinen und mittleren Unternehmen unterstützt werden, die entscheidende Grundlage für die Produktion in ad-hoc-Netzwerken. Dafür sind Transparenz, Partizipation und offene Kommunikation wichtige Voraussetzungen.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Methoden zur Erstellung von Sicherheitsarchitekturen und Richtlinien, die den Anforderungen von Safety und Security gerecht werden
- Methoden und Werkzeuge zur Analyse der Wirkung von Security-Lücken auf zusätzliche Restrisiken im Sinne von Safety
- Integration von relevanten Methoden und Werkzeugen in CPS

12. Industrie 4.0-Plattform mit Referenzarchitekturen und Verteilte Dienst-orientierte Architektur

Was verstehen wir darunter?

Eine Industrie 4.0-Plattform umfasst Hardware-, Software- und Kommunikationssysteme mit grundlegenden standardisierten Vermittlungs-, Interoperabilitäts- und Quality-of-Service-Diensten (QoS) für die Implementierung und das Management von entsprechenden Cyber-Physical Systems und ihren Anwendungen sowie deren Einbindung in Wertschöpfungsnetzwerke. Industrie 4.0-Plattformdienste mit ihrer Grundfunktionalität für die Realisierung, den verlässlichen Betrieb und die Evolution von Cyber-Physical Systems sind integraler Bestandteil domänenspezifischer Industrie 4.0-Ausprägungen. Sie sichern die domänen- und unternehmensübergreifende Gesamtfunktionalität und -qualität auf technischer Systemebene, beispielsweise durch QoS-fähige Kommunikation, Dienste für IT-Sicherheit oder für Selbstdiagnose, Selbstheilung und Re-Konfiguration.

Referenzarchitekturen sollen die Implementierung einer firmenübergreifenden Vernetzung und Integration über Wertschöpfungsnetzwerke horizontal, vertikal und über Lebenszyklen hinweg ermöglichen. Es ist daher eine Standardisierung notwendig, in der die Mechanismen der Zusammenarbeit und die auszutauschenden Informationen festgelegt werden.

Da das Wertschöpfungsnetzwerk viele Firmen aus unterschiedlichen Branchen umfasst, muss die Referenzarchitektur die verschiedenen Sichtweisen zusammenführen. Es müssen umsetzungsnahe Konzepte entwickelt werden, die die Erfordernisse auf den unterschiedlichen Ebenen der Produktion berücksichtigen. Zusätzlich müssen Basisdienste definiert werden.

Eine Referenzarchitektur beschreibt den „Lösungsraum“ von Industrie 4.0 und hat damit mindestens die folgenden Perspektiven:

- Produktions- und Logistik-Wertschöpfungsnetz in Form von firmeninternen und -übergreifenden Wertschöpfungsstufen
- durchgängige Betrachtung des gesamten Lebenswegs (Entwicklung/Engineering, Produktion, Betrieb/Nutzung/Service, Verschrottung/Recycling/Rückbau) aller betroffenen Betrachtungsgegenstände (insbesondere Produkt und Produktionssystem/Anlage)
- Betrachtung des Produktionssystems (Anlage, Fabrik), bestehend aus Produktionsmitteln (Maschinen, Menschen, etc.) einschließlich der Logistik
- Analyse der immer weiter wachsenden Datenmengen während der Nutzung von Produkten und der bedarfsgerechten Bereitstellung für den einzelnen Nutzer/Konsumenten

Zu jeder dieser Perspektiven müssen die wesentlichen Anwendungsfälle (Use Cases) benannt werden. Sie dienen zur Veranschaulichung der Problemstellungen und als Grundlage für die Bewertung möglicher Lösungen.

Um in einem ersten Schritt die Komplexität einer Referenzarchitektur nicht unnötig in die Höhe zu treiben, wird der Betrachtungsgegenstand zunächst bewusst eingeschränkt:

- Die Mechanik, Verfahrenstechnik, klassische Elektrotechnik, etc. sind nicht Betrachtungsgegenstand der Referenzarchitektur.
- Der Aspekt „Geschäftsmodell“ und auch der Aspekt „Geschäftsprozesse“ werden ebenfalls zunächst nicht im Bereich der Referenzarchitektur gesehen.

Das bedeutet, dass die Referenzarchitektur eine Lösung aus Sicht der Informationstechnologie beschreibt, die zwar Auswirkungen auf Geschäftsmodelle und Geschäftsprozesse hat, diese Auswirkungen an sich aber durch die Referenzarchitektur nicht beschrieben werden.

Für die Produktion in einem kooperierenden und dezentralen Netzwerk von Fertigungseinrichtungen unterschiedlicher Firmen wird eine Verteilte Dienste-orientierte Architektur (Service-orientierte Architektur, SOA) als Basistechnologie der IKT benötigt, die herkömmliche Systeme wie CRM, ERP, PPS, MES mit den realen Zuständen in der Fertigung, Logistik und der Produkte über definierte Services und eine offene Datenbasis verknüpft. Dabei werden langfristig aus dem Engineering heraus Produkte, Prozesse und Ressourcen ein Grundsetting an Daten liefern, die im Betrieb durch konkrete Zustände und die kontinuierliche Zunahme von Produktionswissen schrittweise erweitert werden. Die flexible und auftragsabhängige Orchestrierung von CPS-basierten Diensten und die damit verbundene horizontale und vertikale Integration von Produktionssystemen ist hier eine grundlegende Herausforderung.

Was wollen wir damit erreichen?

Ziel einer Referenzarchitektur für Industrie 4.0 ist es, dass beteiligte Firmen Produkte und Lösungen entwickeln und bei Kunden nutzenstiftende Industrie 4.0-Implementierungen umgesetzt werden können.

Folgende Ergebnisse werden erwartet:

- Sicherstellung der Interoperabilität der Produkte und Lösungen verschiedener Hersteller
- Darstellung des dazu notwendigen Standardisierungs- und Normungsbedarfs
- Darstellung eines Migrationspfads von heute in die zukünftige Welt

Die Referenzarchitektur darf nicht auf heute existierende Produkte beschränkt sein und nicht durch sie eingeschränkt werden.

Eine Verteilte Dienste-orientierte Architektur soll eine Plattform für eine dienstbasierte Verbindung von Automatisierungs- und Produktionssystemen bereitstellen, die über folgende Eigenschaften verfügt:

- Flexibilität durch schnelle und einfache Orchestrierung von Diensten und Anwendungen (einschließlich CPS-basierter Software)
- einfache Verteilung und Inbetriebnahme von Softwaresystemen. Daraus ergibt sich ein Potenzial für neue Geschäftsprozesse.
- Integration der Produkte (mit unterschiedlichen Erkennungs- und Kommunikationsfähigkeiten) in den Ablauf der Wertschöpfungsnetzwerke
- vollständige, sichere und verlässliche Abdeckung neuer Geschäftsprozesse
- Sicherheit und Verlässlichkeit in der Interaktion
- Unterstützung kollaborativer Produktions-, Dienstleistungs-, Analyse- und Prognoseverfahren in Wertschöpfungsnetzwerken

Ausblick

In diesem Whitepaper wurden aus Sicht der Industrie vorrangigen FuE-Themen vorgestellt. Es formuliert damit sehr knapp wichtige Kernthemen von Industrie 4.0.

Mit einer detaillierteren Beschreibung der Forschungsfelder in sogenannten Steckbriefen wurde bereits begonnen. Sie enthalten neben weiteren Details auch die Abhängigkeiten, Voraussetzungen und Auswirkungen auf andere Themenfelder. Die Abhängigkeiten werden hinsichtlich ihrer Relevanz methodisch bewertet, um diejenigen Schlüsselthemen zu identifizieren, die den größten Hebel für die effiziente Umsetzung von Industrie 4.0 bieten.

Für alle Forschungsthemen wird dann eine gemeinsame Forschungs-Roadmap aufgestellt, die die Meilensteine für jedes Themenfeld benennt.

Anhand dieser Roadmap werden Kriterien für die Forschungsförderung abgeleitet, welche die Ministerien schließlich bei der Planung zukünftiger Förderungslinien und -programme unterstützen soll. Die Forschungs-Roadmap wird halbjährlich fortgeschrieben und veröffentlicht.

Veröffentlichung der Plattform Industrie 4.0 in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftlichen Beirat

An diesem Whitepaper haben mitgewirkt:

Prof. Dr. Thomas Bauernhansl, Dr. Bernhard Diegner, Johannes Diemer, Dr. Mathias Dümmler, Prof. Dr. Claudia Eckert, Dr. Werner Herfs, Dr. Holger Heyn, Claus Hilger, Prof. Dr. Michael ten Hompel, Johannes Kalhoff, Dr. Uwe Kubach, Prof. Dr. Peter Liggesmeyer, Dr. Ulrich Loewen, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nebel, Mathias Quetschlich, Ernst-Joachim Steffens, Dr. Thomas Stiedl sowie Frau Dr. Birgit Spaeth