



Industrie 4.0 – Die Bedeutung von Interoperabilität im Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)

Leitfaden

www.bitkom.org

bitkom

Herausgeber

Bitkom
Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin

Ansprechpartner

Wolfgang Dorst | Bitkom e.V.
T 030 27576-243 | w.dorst@bitkom.org

Verantwortliches Bitkom-Gremium

Industrie 4.0 Interoperabilität

Gesamtkoordination & Redaktion

Wolfgang Dorst | Bereichsleiter Industrial Internet
T 030 27576-243 | w.dorst@bitkom.org

Satz & Layout

Kea Schwandt | Bitkom e.V.

Titelbild

© Fernig – istockphoto.com

Copyright

Bitkom, 2017

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

Industrie 4.0 – Die Bedeutung von Interoperabilität im Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)

Leitfaden

Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary	6
2	Einführung	8
3	Ausgangssituation und Motivation	10
4	Beschreibung der Vorgehensweise und Verortung in RAMI 4.0	19
5	Annex: Übersicht der Use Cases und deren Auswertung	22
5.1	Beschreibung der elf besuchten Use Cases	22
5.2	Überblick über Befragungsergebnisse (tabellarisch und als Auswahl grafisch)	44
5.3	Fragebogen	48
5.4	Unterstützung beim Ausfüllen des Fragebogens	49
6	Danksagung	54

1 Management Summary

1 Management Summary

»Unsere größte Schwäche liegt im Aufgeben. Der sicherste Weg zum Erfolg ist immer, es noch einmal zu versuchen.«
(Thomas Alva Edison)¹

Industrie 4.0 ist unter den Bedingungen einer vernetzten digitalen Welt ein länder- und branchenübergreifendes Projekt. Damit wird Interoperabilität – also die Fähigkeit, mit Dritten nahtlos zusammenzuarbeiten, Informationen auszutauschen, zu kooperieren und Dienste zur Verfügung zu stellen – zum Fundament für den Erfolg.

Interoperabilität kann in Teilen, abhängig vom individuellen, geplanten Geschäftsmodell, bereits vorhanden sein oder zwischen den Produktionsteilnehmern auf die eine oder andere Weise geschaffen werden. Deshalb gibt es bereits erfolgreiche Industrie 4.0 Geschäftsmodelle in vielen unterschiedlichen Ausprägungen. Jedoch muss jedes Unternehmen den dafür erforderlichen Veränderungsprozess eigeninitiativ vorantreiben, am besten mit Partnern, um Risiko und Investitionsbedarf zu begrenzen.

Allerdings ist ein **universelles** Plug-and-Play in Industrie 4.0 eine Illusion. Es wird weder in naher noch in ferner Zukunft den einen Industrie 4.0 Standard geben, der die universelle Interoperabilität für Maschinen und Anlagen aller Art sicherstellt. Auch die inzwischen intensivierten branchenübergreifenden Standardisierungsbemühungen können und werden dies nicht leisten.

Warten auf den Industrie 4.0-Standard ist daher keine Option. Der beste Zeitpunkt, mit Industrie 4.0 zu starten, ist darum heute. Später einzusteigen bedeutet nicht nur uneinholbar zurückzufallen sondern auch durch Nichthandeln neue Chancen zu verpassen. Indem Interoperabilität in einem kreativen Prozess wie auf einer Schlangenlinie immer wieder neu versucht wird, gibt es Anlässe für neue Ideen zur Lösung.

Dazu ist es wichtig, die Regeln erfolgreichen Handelns in der vernetzten digitalen Welt, also die besonderen Bedingungen der »Platform Economy«, zu verstehen. Hier hängt der letztlich erzielbare Nutzen wesentlich von drei Parametern ab: Der bereits angehäuften Erfahrung (was der Fähigkeit entspricht, ein Geschäftsmodell gegen Nachahmer zu verteidigen), der Anzahl der Teilnehmer (Geschäftspartner und Kunden) und der Geschwindigkeit des Wachstums (also der Perspektive).

¹ Quelle: Froschau, Uwe: Projektmanagement mal anders – humorvoll und leicht verständlich. Diplomica Verlag® 2015

2 Einführung

2 Einführung

Der vorliegende Leitfaden zur Interoperabilität richtet sich an Entscheider und Fachleute, die sich mit der Umsetzung von Industrie 4.0 in ihren Unternehmen befassen. Hierbei handelt es sich um eine praxisorientierte Betrachtung einer der Grundvoraussetzungen zur Realisierung von Industrie 4.0. Die dabei gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse basieren auf Beobachtungen und Bewertungen von realen Use Cases. Grundlage dieses Leitfadens bilden die Exkursionen zu drei Unternehmen und einem Forschungsinstitut. Dabei wurden von Experten des Bitkom Arbeitskreises »Industrie 4.0 Interoperabilität« elf Use Cases über Fragebögen hinsichtlich der jeweiligen Ausprägung der Interoperabilitätsanforderungen bewertet. In der weiteren Auswertung wurden diese aggregiert und im Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0² (RAMI 4.0) verortet.

Die Zielsetzung des Leitfadens ist es, den Unternehmen Mut zu machen, die initialen Schritte ihrer Reise zu Industrie 4.0 zu gehen und Wege aufzuzeigen, wie die wahrgenommenen Hürden methodisch gemeistert werden können.

Der Leitfaden soll Interessierten einen methodischen Ansatz zur Evaluation von Interoperabilitätsanforderungen bieten, also um festzustellen, welche der notwendigen Grundvoraussetzungen in Bezug auf Interoperabilität in der eigenen Situation bereits erfüllt sind und in welchen Bereichen Handlungsbedarf besteht.

2 Quelle: Plattform Industrie 4.0 | Hrsg. Bitkom, VDMA, ZVEI: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht, Berlin, April 2015, <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Umsetzungsstrategie-Industrie-40.html>

3 Ausgangssituation und Motivation

3 Ausgangssituation und Motivation

Wie eine Bitkom-Studie³ im Jahr 2016 ergab, nutzt fast jedes zweite Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe (46 Prozent) Industrie-4.0-Anwendungen, und weitere 19 Prozent haben konkrete Pläne für den Einsatz. Laut dieser Befragung verfolgen rund zwei Drittel vor allem das Ziel, ihre Prozesse zu optimieren und die Kapazitätsauslastung in ihren Fabriken zu verbessern. Das ist der klassische Ansatz des Maschinenbaus – die Produktivität, die Qualität und die Effizienz zu steigern. Die Chancen der Digitalisierung über neue Geschäftsmodelle neue Kunden und Zielgruppen zu erreichen, neue Nutzerbedürfnisse zu wecken oder aufzuspüren sowie bestehende Wettbewerber-Geschäftsmodelle anzugreifen, werden gegenwärtig noch weit hinten angestellt.

Industrie 4.0 zielt demnach derzeit auf die klassischen Erfolgsfaktoren eines Unternehmens: mehr Effizienz und höhere Produktivität. Jedoch sehen die Unternehmer auch in erheblichem Maße Hemmnisse. Dazu gehören insbesondere zu erwartende hohe Investitionskosten, Anforderungen an den Datenschutz und an die Datensicherheit, der Mangel an Fachkräften, die Komplexität des Themas, der fehlende Rechtsrahmen, eine befürchtete Störanfälligkeit der Systeme sowie fehlende Standards.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass derzeit viele zukunftsweisende Industrie 4.0-Vorhaben auf die lange Bank geschoben werden: Hohe Investitionen und unklare Rahmenbedingungen sind aus unternehmerischer Sicht schwer miteinander vereinbar. Darunter leiden mittelfristig Effizienz und Produktivität und damit auch die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie.

RAMI 4.0 – nur was für Theoretiker?

Individualisierte Massenprodukte erzeugen eine hohe Komplexität des Marktes, die sich in den Unternehmen, die diese individualisierten und fluktuierenden Märkte bedienen, spiegelt. Diese ist grundsätzlich mit den Methoden der Industrie 3.0 nicht beherrschbar. Das Konzept der Industrie 4.0 soll diese Markt Komplexität stark reduzieren. Gleichwohl entsteht durch die Einführung der Konzepte von Industrie 4.0 eine eigene technologische Kompliziertheit, die durch gut ausgebildete Fachkräfte und die erwarteten analytischen Fähigkeiten von Künstlicher Intelligenz⁴ als Assistenzsystem für das menschliche Gehirn, beherrschbar wird.

Um mit diesen technologisch komplizierten Zusammenhängen einfacher umzugehen zu können, wurde von der Verbändeplattform (Bitkom, VDMA, ZVEI) ein Referenzarchitekturmodell (RAMI 4.0) entwickelt. RAMI 4.0 führt die Sichtweisen der drei Branchen ITK, Automatisierungstechnik und Maschinen- und Anlagenbau zusammen. Es beschreibt dabei zwei grundlegende Referenzmodelle für das Konzept Industrie 4.0:

- das Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 für die Referenzarchitektur Industrie 4.0 zur strukturierten Beschreibung von grundlegenden Ideen über Branchengrenzen sowie

³ Quelle: Bitkom-Studie anlässlich der Hannover Messe, 21.04.2016, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Fast-jedes-zweite-Industrieunternehmen-nutzt-Industrie-40.html>

⁴ Beispielsweise Lösungen wie IBM Watson

- das Referenzmodell der Industrie 4.0-Komponente zur datentechnischen Beschreibung.

Anhand von elf Industrie 4.0-Referenzfällen konnte praktisch nachgewiesen werden, dass die dargestellte technologische Kompliziertheit von Industrie 4.0 handhabbar ist: Mit Hilfe des RAMI 4.0 können sich die Unternehmen den unterschiedlichsten Industrie 4.0-Use-Cases methodisch nähern, um die Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung zu schaffen.

Warten ist keine Option

Immerhin mehr als ein Drittel der im vergangenen befragten Unternehmen sahen in fehlenden Standards von Industrie 4.0 ein wesentliches Hemmnis. Im Weiteren wird dargelegt, dass die Diskussion von Standards sogar noch zu kurz greift, denn diese allein garantieren noch nicht das, was wir als eine der Grundvoraussetzungen zur Umsetzung der zentralen Konzepte von Industrie 4.0, nämlich der horizontalen und vertikalen Integration, verstehen: Interoperabilität.

Dieser Befund ist aber keineswegs entmutigend, im Gegenteil: Er bedeutet, dass das Warten auf den Industrie 4.0 Standard keine unternehmerische Option ist. Daraus ergibt sich als logische Konsequenz, jetzt loszugehen. Und dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass das erforderliche Wissen und die Kompetenzen im digitalen Zeitalter gegenüber den rechtzeitig gestarteten Wettbewerbern nicht aufgeholt werden können.

Maßgebliches Kriterium unternehmerischer Überlegungen ist also nicht das ob und wann, sondern das wo, was und wie von Industrie 4.0. Hierzu sollen die im Weiteren beschriebenen Use Cases Anleitung und Anregung bieten.

Interoperabilität ist das Fundament von Industrie 4.0

Zu den zentralen Konzepten von Industrie 4.0 gehören die horizontale und die vertikale Integration. Das bedeutet, dass Industrie 4.0 Abschied nimmt von der inneren Optimierung isolierter Bausteine der Wertschöpfung, und demgegenüber viel mehr die wirtschaftlichen Potentiale ins Visier nimmt, die sich aus der besseren Verknüpfung der Produktionssystemteilnehmer, also insbesondere Maschinen, Anlagen, Produkte und natürlich Menschen, ergeben.

Es ist daher unmittelbar einsichtig, dass Industrie 4.0 den reibungslosen und damit weitestgehend automatisierten Fluss von Informationen voraussetzt. Das Schlüsselwort hierzu lautet Interoperabilität. Aufbauend auf der Integrierbarkeit beschreibt Interoperabilität die Fähigkeit der Komponenten, basierend auf einem gemeinsamen konzeptionellen Modell, Informationen und digitale Services miteinander auszutauschen sowie die Interpretation der Information im Kontext zu ermöglichen.⁵ Das bedeutet nicht prinzipiell, aber unter Produktionsbedingungen des 21. Jahrhunderts doch insbesondere, den automatischen oder automatisierten Informationsaustausch. Die Interoperabilität ist also keine Maßnahme, sondern eine Eigenschaft oder ein Zustand.

⁵ Quelle: IEC, White Paper »IoT 2020: Smart and Secure IoT platform«, [↗ http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-IoT2020-LR.pdf](http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-IoT2020-LR.pdf)

Interoperabilität bedeutet im Kontext Industrie 4.0 ausdrücklich auch, branchenübergreifend kommunizieren und interoperieren zu können. Diese so notwendige Interoperabilität ist heute jedoch nicht gegeben. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie⁶ sieht sogar in »mangelnder Interoperabilität der jeweils beteiligten Einzelkomponenten« eine der »Hauptbarrieren für die Funktionsfähigkeit komplexer IKT-Systeme.« Die Entwicklung von Kriterien zur Nutzung und zum Austausch von Daten unter mehreren Marktakteuren ist darum im Fokus von branchenübergreifenden Initiativen⁷ und der Forschungsförderung.

Jedoch gibt es auch Marktteilnehmer, die sich von diesem Hindernis Vorteile versprechen: »Begünstigt durch dieses Defizit werden i.d.R. diejenigen Anbieter, deren Systeme den Markt bestimmen. Hier ist Interoperabilität ein wichtiger Mechanismus, bestehende wirtschaftlich-technische Abhängigkeiten vor allem für die deutsche, vorwiegend mittelständische Industrie abzubauen.«

Standards, Integrierbarkeit und Interoperabilität: Alles dasselbe?

Wie schon angedeutet, baut Interoperabilität auf Integrierbarkeit auf. Integrierbarkeit wiederum wird durch Standards wesentlich erleichtert. »Standards können ihre wettbewerbsfördernde Wirkung nur dann entfalten, wenn die Verfahren zu ihrer Anerkennung transparent sind, allen Interessierten zugänglich gemacht werden sowie von allen Beteiligten getragen und unter fairen Bedingungen entwickelt und praktiziert werden.«⁸

Deshalb sind »Normung und Standardisierung [aus Sicht des Bitkom] für die Industrie in Deutschland von zentraler Bedeutung. Sie spielen eine wichtige Rolle für Interoperabilität, Nutzung und Integration moderner Informations- und Telekommunikationstechnologien. Ferner tragen Normen und Standards entscheidend zum Innovationsprozess in der IT und Telekommunikation bei. Die öffentliche Hand legt hohen Wert auf Normen und Standards, sowohl bei der öffentlichen Beschaffung als auch im Rahmen von Industrie- und Innovationspolitik.«⁹

Ein Beispiel soll die Zusammenhänge verdeutlichen: Der Universal Serial Bus (USB) ist ein Bus-system zur Verbindung eines Computers mit externen Geräten. Durch Standardisierung der elektrischen Nennspannung, des mechanischen USB-Steckers und des Kommunikationsprotokolls auf Grundlage einer einheitlichen, anerkannten Spezifikation (Norm) ist sichergestellt, dass die Geräte integrierbar sind. Somit ist der Informationsfluss grundsätzlich gewährleistet. Ohne Treiber, die auf beiden Geräten verfügbar sein müssen, ist die Interpretation der Informationen dennoch nicht möglich.

6 Quelle: BMWi, Dossier »Den digitalen Wandel gestalten«, ↗ <https://www.bmwi.de/DE/Themen/Digitale-Welt/standards-und-wettbewerb,did=360682.html>

7 Quelle: Industrial Data Space, ↗ <http://www.industrialdataspace.org>

8 Ebenda.

9 Quelle: Bitkom, Arbeitskreis Standardisierung, ↗ <https://www.bitkom.org/Bitkom/Organisation/Gremien/Standardisierung.html>

Nach gängigen Verfahren wird Interoperabilität heute maßgeblich empirisch »ertestet«, indem möglichst alle denkbaren Kombinationen vorab abgesichert werden. Dass man also mit Mobiltelefonen überall telefonieren kann oder sich Computer mit jedem WLAN verbinden können, ist einem erheblichen Aufwand auf der Herstellerseite zu verdanken. Bei einer unabhängigen Plattform, wie sie für Industrie 4.0 ideal wäre, stellt sich die Frage, wer den Aufwand treiben kann, alle Funktionen, die zumindest für eine industrielle Produktion benötigt werden und die heute noch nicht klar definiert sind, auf diese Weise zu testen. Aufgrund der Vielzahl der Teilnehmer und beteiligten Unternehmen ist dieser Lösungsansatz zum Scheitern verurteilt.

Da es zum empirischen »ertesten« heute allein schon theoretisch keine Alternative gibt, wird generelle Interoperabilität, also ein »universelles Plug-and-Play für Industrie 4.0«, für absehbare Zeit eine Illusion bleiben, da Produktionssysteme in ihrer Diversität auch weiterhin unterschiedliche und kostenoptimierte Anforderungen an den Betrieb stellen. Trotzdem wird Interoperabilität der Produktionssystemteilnehmer auf die eine oder andere Weise geschaffen, zum Beispiel mit hohem wirtschaftlichem Integrationsaufwand mit Middleware, die diese Interoperabilität durch »n-zu-n«-Verknüpfungen aller erdenklichen Standards ermöglicht.

Standardisierung, warum?

Standards vereinfachen die wirtschaftliche Entwicklung und schaffen die notwendigen Freiräume für eine schnelle Produktentwicklung. Heute gibt es für Automatisierung und Kommunikation von Produktionssystemen eine sehr große Anzahl von Standards, welche das Erreichen einer durchgängigen Interoperabilität erschwert. Dennoch ist es wichtig die Regeln der gemeinsamen Kommunikation, also das gemeinsame Modell, festzulegen, um überhaupt die Möglichkeit der Kommunikation und damit die Basis für Interoperabilität zu schaffen.

Als Beispiel kann hier eine Gruppe von Menschen dienen. Um überhaupt eine Unterhaltung zu ermöglichen, muss sich die Gruppe auf eine Sprache – einen Standard – einigen. Dabei ist das Verwenden einer gemeinsamen Sprache allein noch kein Garant dafür, dass die Gesprächspartner sich auch gegenseitig inhaltlich verstehen, also interoperabel sind, aber ohne diesen Sprachstandard ist überhaupt kein Austausch von Informationen möglich. Interessant dabei ist, dass die Auswahl der Sprache, damit die Auswahl eines Standards, wenig mit der Qualität der damit ausgetauschten Informationen zu tun hat. Mit einer Hochsprache ist lediglich die Informationsdichte höher als beispielsweise mit einer Bilder- oder Zeichensprache, grundsätzlich lassen sich aber die gleichen Informationen übermitteln, benötigen aber mehr Zeit und Interpretation.

Daher ist es nur logisch, dass mit dem »Standardization Council Industrie 4.0«¹⁰ – eine zur Hannover Messe 2016 von den deutschen Industrieverbänden und Normungsorganisationen gegründete Initiative – genau dies geleistet werden soll: Nämlich die Abstimmung der für die Digitalisierung in der Industrie notwendigen übergreifenden Regelsetzungen mit den bestehenden Normungs- und Standardisierungsgremien (wir sprechen hier von 50 und mehr Gremien) zu organisieren.

¹⁰ Quelle: Standardization Council Industrie 4.0, <https://sci40.com/de/ueber-uns.html>

Interoperabilität in der wirtschaftlichen Perspektive

Interoperabilität ist somit die Basis für ein wirtschaftlich erfolgreiches Handeln und damit auch die Grundlage für nachhaltig erfolgreiche individuelle Geschäftsmodelle. Dabei kann die Interoperabilität in Teilen je nach Modell bereits vorhanden sein. Viel wird über den Wert von Daten oder Daten als die universelle Währung des 21. Jahrhunderts geschrieben. Wenn jedoch Daten einen Wert besitzen, dann ist die Interoperabilität eine Funktion der Wertschöpfung. Die Interoperabilität schafft dann Mehrwert, da sie Daten in Kontext setzt und dadurch deren Interpretation ermöglicht. Interoperabel bedeutet auch, dass sich Objekte schneller und besser »verstehen« sowie »lean«, also ohne Ballast von zusätzlichen Schnittstellen, die benötigten Informationen anwendungsgerecht liefern bzw. bereitstellen.

Eine Vielzahl der heutigen Ansätze fokussiert sich auf Teillösungen. Aber Industrie 4.0 entfaltet ihr wirksames Potential nur über die ganzheitliche Betrachtung der Wertschöpfungskette. Ansätze, in denen nur Komponenten intelligent gemacht werden, greifen zu kurz.

Alles, was geldwerten Nutzen schafft, muss mit den relevanten Einheiten seiner Umwelt verbunden werden können. Viele Anbieter priorisieren jedoch Features und nicht Interoperabilität. Hier stehen unternehmerische Protektionismen dem Gedanken und Potential der »Shared Economy« entgegen. Anbieter von Lösungen versuchen verständlicherweise De-Facto-Standards zu etablieren, die im Einzelfall optimiert sind, einer horizontalen Integration, insbesondere über Unternehmensgrenzen hinweg, jedoch häufig im Wege stehen.

Die richtige Antwort auf fehlende Standards

Es ist irrig zu glauben, man könne den richtigen Standard »kaufen«. Die Wahrscheinlichkeit auf den »Falschen« zu setzen ist durch die hohe Anzahl an bereits vorhanden Standards und Schnittstellen höher, als den »Richtigen« zu erwischen. Dass ein universeller Standard bezüglich der Interoperabilität in naher Zukunft nicht bereit steht, ist nicht beunruhigend, es belegt aber die Notwendigkeit aktiv zu werden.

Dabei steht es völlig außer Frage, dass Industrie 4.0 von einem alleine nicht geleistet werden kann. Aussagen eines Einzelanbieters mit seiner Lösung alle Aspekte von Industrie 4.0 abdecken zu können, sollten mit äußerster Vorsicht begegnet werden. Es ist wichtig, die eigenen Kompetenzen mit Partnern zu komplettieren, um den nachhaltigen Unternehmenserfolg sicherzustellen. Die einfache Wahrheit, sich dem Thema Industrie 4.0 zu stellen, ist daher in Abbildung 1 festgehalten.

Dennoch stehen die Anwender vor der Entscheidung, bei welcher Plattform bzw. bei welchem Konsortium sie sich engagieren möchten. Es gibt jedoch keine Lösung aus diesem Dilemma, denn genauso wie die Produktionssysteme der Industrie einem stetigen Wandel und kontinuierlichem Verbesserungsprozess unterliegen, so werden auch die unterstützenden Industrie 4.0-Lösungen sich verändern. Natürlich gibt es marktberreinigende Effekte, aber aufgrund der Vielfalt wird sich niemals nur ein einziger Standard durchsetzen können.

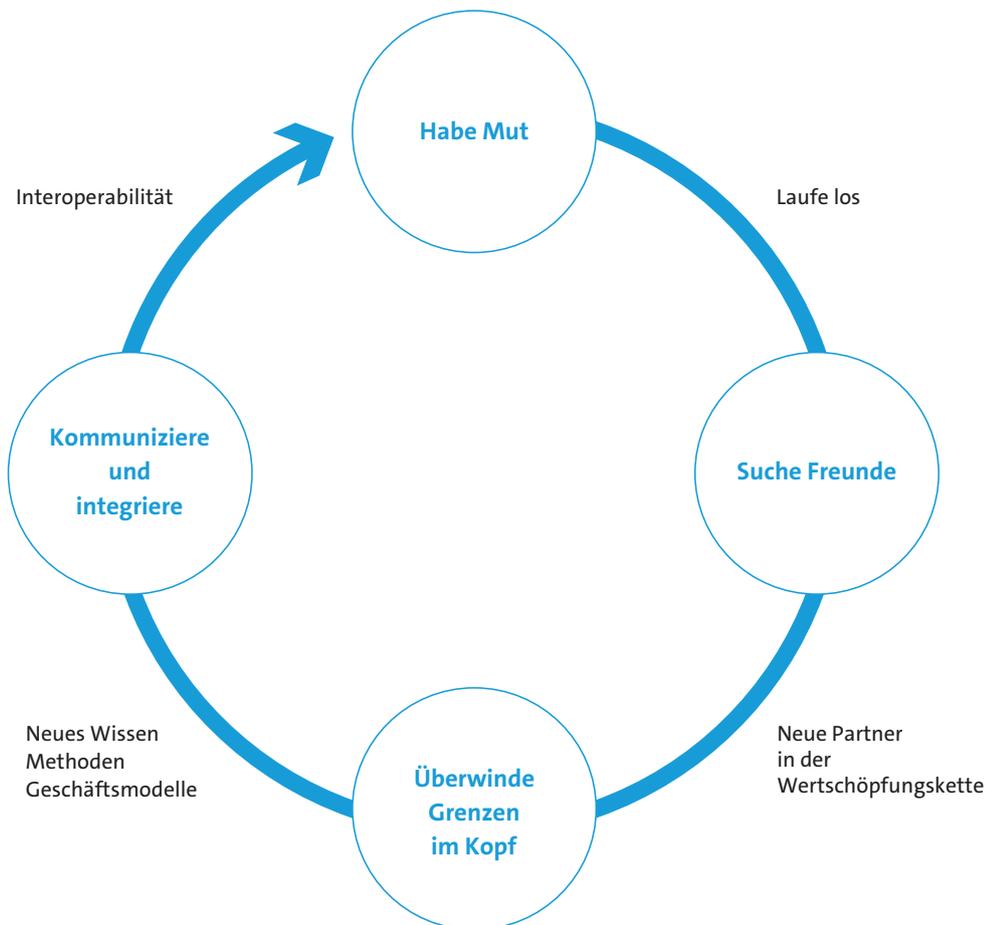


Abbildung 1: Industrie 4.0 Implementierungszyklus

Die Historie der Computerbetriebssysteme sei hier als Beispiel angeführt. Zwar dominiert Microsoft die Anzahl der installierten Systeme, aber in der professionellen Anwendung kommt kaum ein Unternehmen ohne heterogene Strukturen aus, da spezialisierte Anwendungen häufig auf einem optimierten Betriebssystem laufen. Das ist der Grund, warum wir uns mit Interoperabilität beschäftigen müssen, weil in heutigen Produktionen viele unterschiedliche Legacy Systeme/Anlagen stehen, die interoperieren müssen. Hierfür brauchen wir eine Integrierbarkeit, die eine Integration Ende zu Ende über alle Partner ermöglicht. Dabei wird jeder Teilnehmer (Mitarbeiter, Maschine, Material) im Produktionssystem vernetzt und muss dabei in der Lage sein, geschäftsrelevante Entscheidungen schneller, unter Umständen sogar in Echtzeit, vorzubereiten und oder zu treffen.

Was muss ich also tun?

Für die Erarbeitung einer wirtschaftlich tragfähigen Industrie 4.0-Lösung ist ein methodischer Ansatz wichtig. Dazu wurde durch den Bitkom-Arbeitskreis das RAMI 4.0-Modell verwendet und

auf die wesentlichen Fragestellungen fokussiert. Die Ergebnisse aus Diskussionen im Arbeitskreis und aus den bei den Exkursionen durchgeführten Expertenbefragungen führten zu der in Abbildung 2 dargestellten »Interoperabilitäts-Pyramide«. Darin sind zehn Kategorien von Interoperabilitätsfähigkeiten dem im RAMI 4.0 verwendeten, softwarebezogenen Layer (Integration, Communication, Information, Functional) zugeordnet. Die wesentliche Erkenntnis der Expertenbefragungen aus den betrachteten elf Use Cases¹¹ der Exkursionen ist, dass es keine Abkürzung auf dem Weg zu Interoperabilität gibt. Für die Layer des RAMI 4.0 müssen jeweils alle Interoperabilitätskategorien betrachtet werden. Diese sind natürlich je nach Einsatzfall unterschiedlich stark ausgeprägt, aber bauen inhaltlich entsprechend der RAMI 4.0-Layer aufeinander auf, beginnend mit dem Integration-Layer als erstem Software-Layer an der Schnittstelle zum Asset, also beispielsweise einem mechanischen Gegenstand.

Gleichwohl sind die fundamentalen Fragestellungen der Interoperabilität letztlich auf die konkrete Situation zu beziehen und darum individuell von jedem Unternehmen selbst zu beantworten.

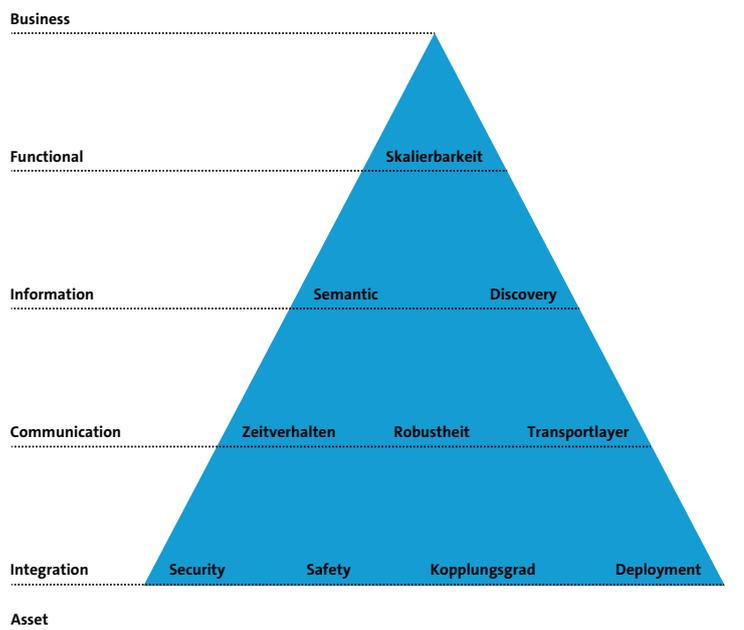


Abbildung 2: Interoperabilitäts-Pyramide – Fähigkeiten sortiert nach den Herausforderungen an Interoperabilität

Die Use Cases der Exkursionen helfen dabei, RAMI 4.0 praktisch zu durchdringen. Je nach Use Case kann von einem bestimmten Asset aus auf einem Layer fokussiert werden. Wichtig ist dabei die Erkenntnis, dass eine Integrierbarkeit über alle Layer erforderlich ist, um kommunikationsfähig zu werden. Daher bringt es auch nichts, nur neue Produkte wie Smart Sensors oder Smart Devices alleine zu entwickeln oder nur über neue Geschäftsmodelle zu philosophieren.

¹¹ Siehe Kapitel 4 »Beschreibung der Vorgehensweise und Verortung in RAMI 4.0«

Wenn die Verbindung der Layer des RAMI 4.0 wie in Abbildung 3 gezeigt, also die Interoperabilität, dabei ignoriert wird, wird kein wettbewerbsfähiges und langfristig wirtschaftlich erfolgreiches Produkt dabei herauskommen.

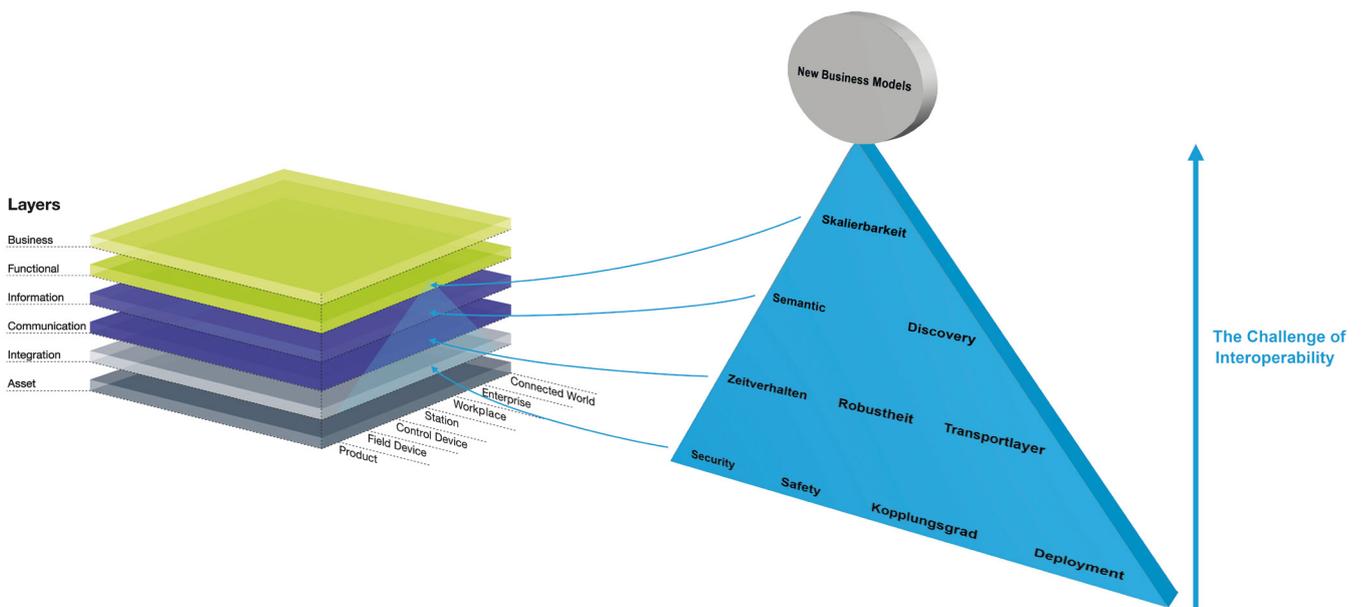


Abbildung 3: Kategorien von Interoperabilitätsfähigkeiten und deren Aufbau bezüglich der RAMI 4.0-Layer

Es ist also einfach gesagt sowohl ein Irrweg, über Produkte »da unten« (Asset Layer) nachzudenken als auch über neue Geschäftsmodelle »da oben« (Business Layer) zu sinnieren, ohne sich Gedanken zu machen, wie die Layer dazwischen überbrückt werden – also über die Interoperabilität. Dies erfordert aber so weitgehende Kompetenzen, dass dies ohne Partner nicht erfolgreich sein wird.

Als Basisfähigkeit auf dem Asset Layer ist es daher zum Beispiel verständlich, dass die Experten über alle Use Cases die Authentifizierung als Fähigkeit aus der Kategorie Security am häufigsten als Anforderung identifizierten. Die Experten sehen als Anforderungen für mehrere Use Cases auch Integrität und Vertraulichkeit (beide auch in der Interoperabilitätskategorie Security) sowie Ethernet und Internet (beide in der Interoperabilitätskategorie Transportlayer-Unabhängigkeit) sowie Client-Server (in der Interoperabilitätskategorie Kopplungsgrad).

Bei den Exkursionen konnte weiterhin beobachtet werden, dass die besichtigten Geschäftsmodelle unterschiedliche Ausprägungen im Sinne der Anforderungen an Interoperabilitätsfähigkeiten haben. Abhängig vom Geschäftsmodell müssen also unterschiedliche Fähigkeiten unterschiedlich ausgeprägt werden – eine wie auch immer geartete Ausprägung ist jedoch immer gefordert (siehe Kapitel 5). Ohne ein vollständiges Set der Interoperabilitätsfähigkeiten ist kein Geschäftsmodell umsetzbar!

4 Beschreibung der Vorgehensweise und Verortung in RAMI 4.0

4 Beschreibung der Vorgehensweise und Verortung in RAMI 4.0

Im Rahmen von vier Exkursionen zum Fraunhofer IOSB sowie zu deutschen Industrieunternehmen haben Experten des Arbeitskreises Industrie 4.0 Interoperabilität insgesamt elf Use Cases hinsichtlich der Interoperabilitätsanforderungen bewertet. Die vier Exkursionen fanden im Zeitraum April bis Dezember 2015 statt. Bei diesen wurden den Experten jeweils zwei bis drei Use Cases bei Werksbesichtigungen vorgestellt. Für jeden Use Case wurden anschließend Interoperabilitätsanforderungen in der Expertenrunde besprochen und anhand eines standardisierten Fragebogens erfasst. Die nachfolgende Übersicht in Tabelle 1 fasst die Eckdaten der Expertenbefragungen zusammen:

Datum	Ort	Unternehmen	Uses-Cases zur Bewertung von Interoperabilitätsanforderungen	Anzahl der Befragungsteilnehmer
27. April 2015	Karlsruhe	Fraunhofer IOSB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätsdefekt-Tracking ▪ Vorbeugende Wartung/ Instandhaltung ▪ Garantierweiterung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n=30 ▪ n=28 ▪ n=27
19. Juni 2015	Friedrichshafen	ZF Friedrichshafen AG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teilautomisierter Milkrun ▪ Prozessgesteuerte Werkerführung ▪ Bluetooth Smart in der Logistik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n=13
18. September 2015	Regensburg	Maschinenfabrik Rheinhausen GmbH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maschinenfließfertigung ▪ Stanzwerkzeug-Fertigung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n=20 ▪ n=19
3. Dezember 2015	Ditzingen	TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maschinenfließfertigung ▪ Stanzwerkzeug-Fertigung ▪ AXOOM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ n=28 ▪ n=28 ▪ n=24

Tabelle 1: Übersicht der Expertenbefragungen

Erhebungsinstrument war ein standardisierter Fragebogen mit geschlossenen Fragen, den die Experten online oder schriftlich beantworten konnten. Mit dem Fragebogen wurden zunächst für jeden der elf Use Cases Objekte und Akteure erfasst. Im Anschluss erfolgte die Bewertung der Interoperabilitätsanforderungen in insgesamt zehn Kategorien, für die jeweils verschiedene Subkriterien definiert wurden.¹² Die Bewertung der Subkriterien hinsichtlich Interoperabilität erfolgte mehrstufig: Zunächst schätzten die Experten für jedes Subkriterium ein, ob es sich um eine Fähigkeit handelt. Wurde ein Kriterium als Fähigkeit verstanden, wurde anschließend angegeben, ob es auch eine Interoperabilitätsanforderung ist und welchen Bezugsbereich sie hat. Die vorgegebenen Bezugsbereiche waren in Anlehnung an RAMI 4.0 vorgegeben. In Abbildung 4 sind die Akteure, Objekte und Fähigkeiten an die Layer von RAMI 4.0 zugeordnet. Dabei sind auf der linken Seite mit den Zahlen in Klammern die Interoperabilitäts-Kategorien wie im

¹² Siehe Fragebogen in Kapitel 5.3

Fragebogen bezeichnet. Die Bezeichnungen ohne Klammern beziehen sich auf die Kategorien »Akteure« und »Objekte« des Fragebogens.

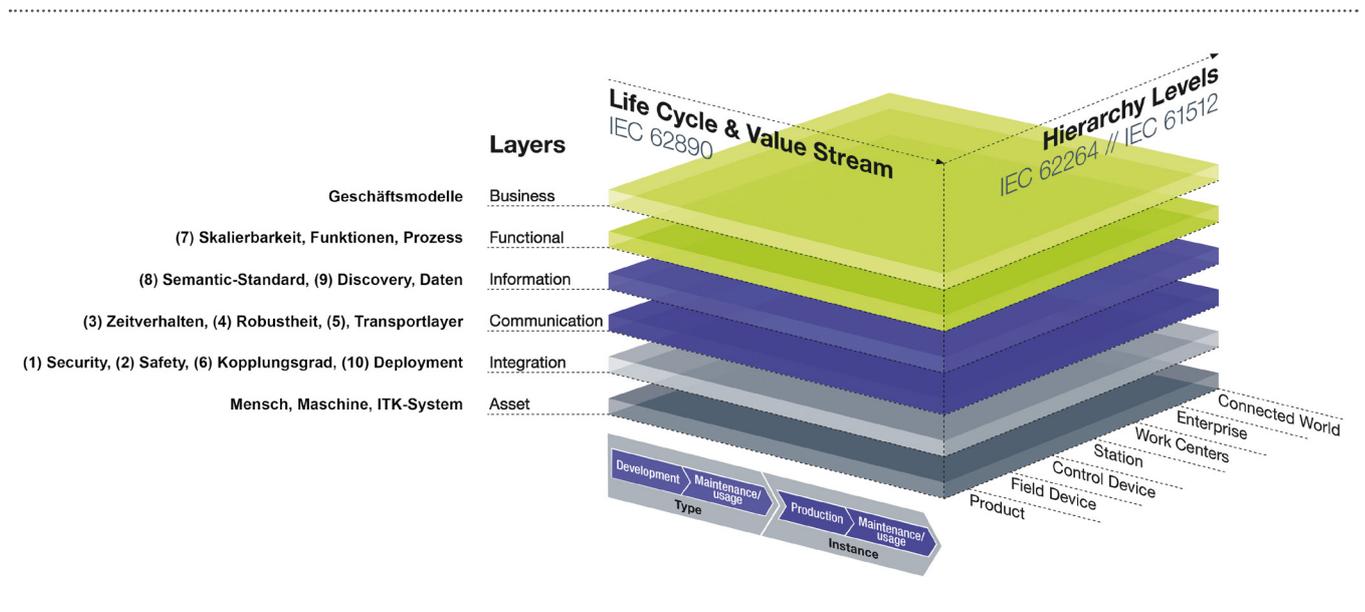


Abbildung 4: Zuordnung der Kategorien zu RAMI 4.0-Layern

Die Angaben der Experten wurden mittels deskriptiver Analyse ausgewertet. Für die weitere Betrachtung wurden nur die Kriterien ausgewählt, die von mindestens 70% der Experten als Fähigkeit genannt wurden und von diesen wiederum mindestens von 70% als Anforderung bewertet wurden. Diese Reduktion erlaubt es, aus der Vielzahl an Kriterien eine Relevanz der Anforderungen herzuleiten sowie Use-Case-übergreifende Vergleiche anzustellen.

Nach den Exkursionen mit auf dem Fragebogen durchgeführten Expertenbefragungen hat der Arbeitskreis weitere Exkursionen ohne diesen Fragebogen durchgeführt:

- 21. April 2016 in Augsburg bei KUKA Roboter GmbH, 47 Teilnehmer
- 12. Oktober 2016 in Stuttgart-Feuerbach bei Robert Bosch GmbH, 43 Teilnehmer
- 14. Dezember 2016 in Bielefeld bei DMG MORI AKTIENGESELLSCHAFT, 20 Teilnehmer
- 6. April 2017 in Ostfildern-Scharnhausen bei Festo AG & Co. KG, 39 Teilnehmer

Die Ergebnisse der Expertenbefragungen wurden mit diesen weiteren Exklusionen bestätigt.

5 Annex: Übersicht der Use Cases und deren Auswertung

5 Annex: Übersicht der Use Cases und deren Auswertung

5.1 Beschreibung der elf besuchten Use Cases

Name des Anwendungsbeispiels

Garantierweiterung

Name des Unternehmens

Fraunhofer IOSB, Karlsruhe

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Projektquelle: BMBF Industrie 4.0 Secure PLUGandWORK.¹³ Der Hersteller von Handlingsystemen möchte eine Garantierweiterung anbieten, sofern die Systeme vorgabengerecht bestimmungsgemäß verwendet wurden. Zu diesem Zweck werden Betriebsdaten wie z.B. Gelenkstellung, Verfahrgeschwindigkeit, Lasten, Anzahl Wiederholungen kontinuierlich erfasst und die Einhaltung der Vorgaben geprüft.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Zur Verarbeitung der Betriebsdaten besteht eine Online-Datenverbindung zum Server. Der Server sammelt statistische Daten zum Einsatz und Betrieb der Handlingsysteme und stellt diese für Auswertungen zur Verfügung.

Prozessbeteiligte:

- Lieferant bzw. Hersteller und Betreiber des Handling-Systems

Ressourcen:

- Sensorik zur Erfassung der Betriebsdaten
- Hardware für die Ankopplung der Sensoren, z.B. Einplatinencomputer
- Software für die Analyse und statistische Auswertung

¹³ vgl. <http://www.secureplugandwork.de>

Quelle: Fraunhofer IOSB

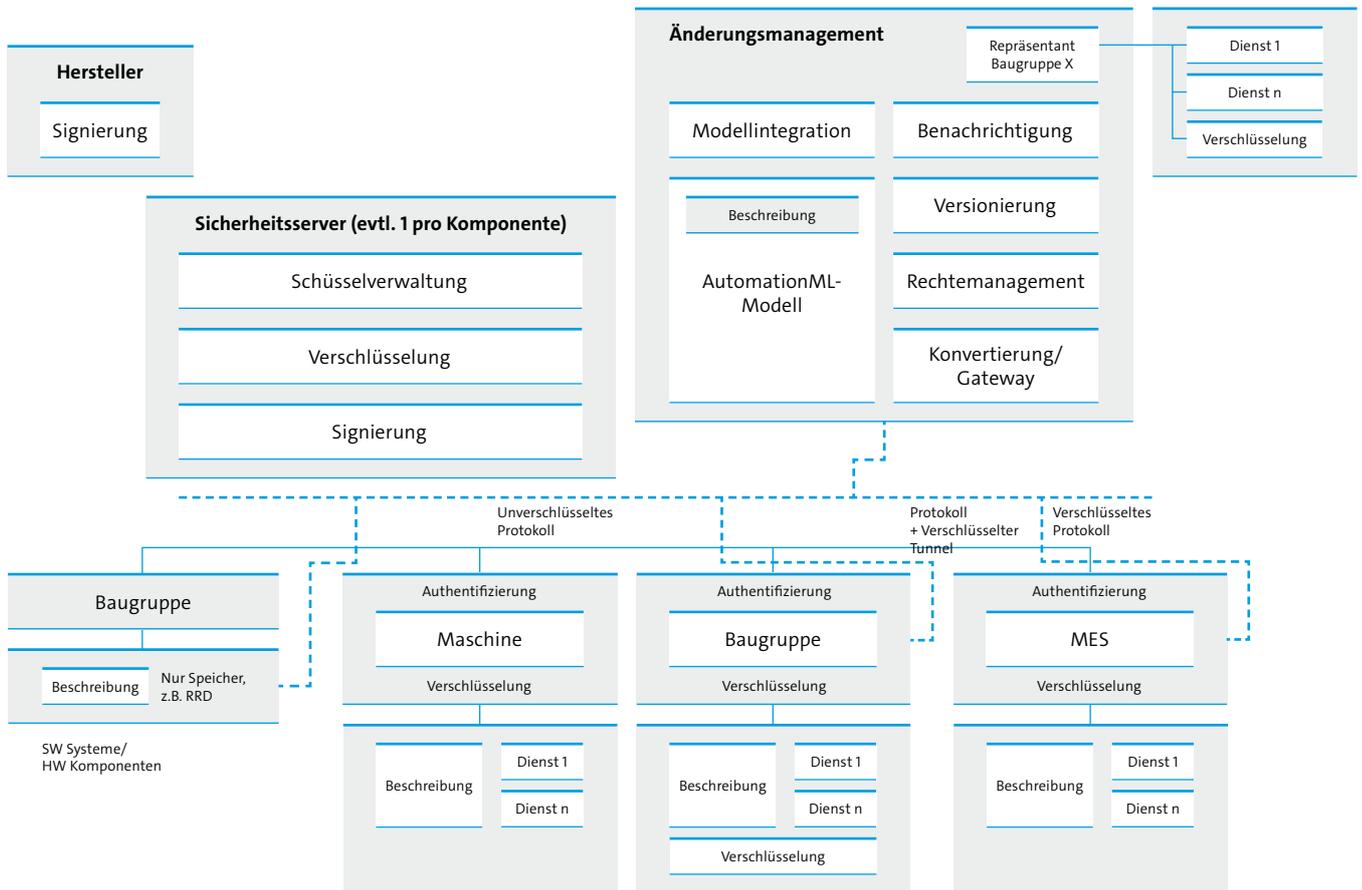


Abbildung 5: Architektur für SecurePLUGandWORK

Name des Anwendungsbeispiel

Qualitätsdefekt-Tracking (in der manuellen Waschmaschinen-Montage)

Name des Unternehmens

Fraunhofer IOSB, Karlsruhe

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Projektquelle: EIT ICT Labs High Impact Initiative CPS 2015, vgl. ↗ <http://www.eitcphii.eu/overview.html?usecases> darin Use Case »Production Line Retrofitting @ Candy«.

Folgende Ziele werden dabei verfolgt:

- Transparenz in der Qualitätssicherung
- Aktuelle Qualitätsdaten (Aktueller Qualitätsstatus der Halle, Wo liegen aktuell welche Probleme vor?)
- Gesammelte Auswertung von Qualitätsdaten (Gutteile, Nacharbeit, Fehlerarten, Falschklassifikationen, beliebige Zeiträume)
- Nutzung von Qualitätsdaten zur Prozessverbesserung (Erkennung systematische Fehler)

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Prozessbeteiligte:

- Monteure
- Schichtleiter
- Werksleiter

Die manuelle Waschmaschinenmontage erfolgt auf parallelen Linien. Jede Linie umfasst eine Reihe von Montagestationen. Auf einer Linie wird eine Waschmaschine komplett fertig montiert. Qualitätsprobleme werden an einer zentralen Nacharbeitsstation behoben.

Ressourcen:

- Mobile Erfassungsgeräte, z.B. RFID-Scanner
- Mobile Anzeigeräte, z.B. Tablet
- Großbildschirm zur Übersichts-Visualisierung des Qualitätsstatus, z.B. mit Einplatinencomputer als Recheneinheit
- Daten-Server (für Station, Linie, Halle)



Abbildung 6: Industrie 4.0 Modellfabrik, BITKOM AK Interoperabilität, Karlsruhe, 27.04.2015

Name des Anwendungsbeispiels

Vorbeugende Wartung/Instandhaltung

Name des Unternehmens

Fraunhofer IOSB, Karlsruhe

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Projektquelle: BMBF Industrie 4.0 Secure PLUGandWORK,
vgl. <http://www.secureplugandwork.de>

Vorbeugende Wartung und Instandhaltung von Werkzeugmaschinenkomponenten, z.B.

- Kugelgewindetrieb
- Mehrspindelkopf
- Hauptspindel

**Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick
und Nennung der Prozessbeteiligten**

Prozessbeteiligte:

- Komponentenhersteller von Werkzeugmaschinen
- Betreiber der Maschinen mit den Komponenten, z.B. Kunden des Werkzeugmaschinenherstellers (indirekte Geschäftsbeziehung)

Zur Erfassung von Betriebsdaten wie z.B. Temperatur, Drehzahl, Schwingungen soll die erforderliche Elektronik an/in die Komponenten verbaut werden. Auswertungen wie Grenzwertverletzungen, z.B. Anzahl Drehzahlüberschreitungen, sollen auf der Elektronik direkt durchgeführt werden, da es keine Online-Verbindung zu einem Server gibt.

Folgende Ziele sollen damit erreicht werden:

- Lerneffekte durch periodische Daten aus dem Betrieb, z.B. Verbesserung der Ausfallprognosen statt fixer Wartungsintervalle sowie eine Optimierung des Verschleißverhaltens
- Bessere Kalkulierbarkeit von Instandhaltungszeiten und -kosten
- Reduzierung der Stillstandszeiten Sicherheit der Informationen (Security), da die Daten beim Kunden verbleiben

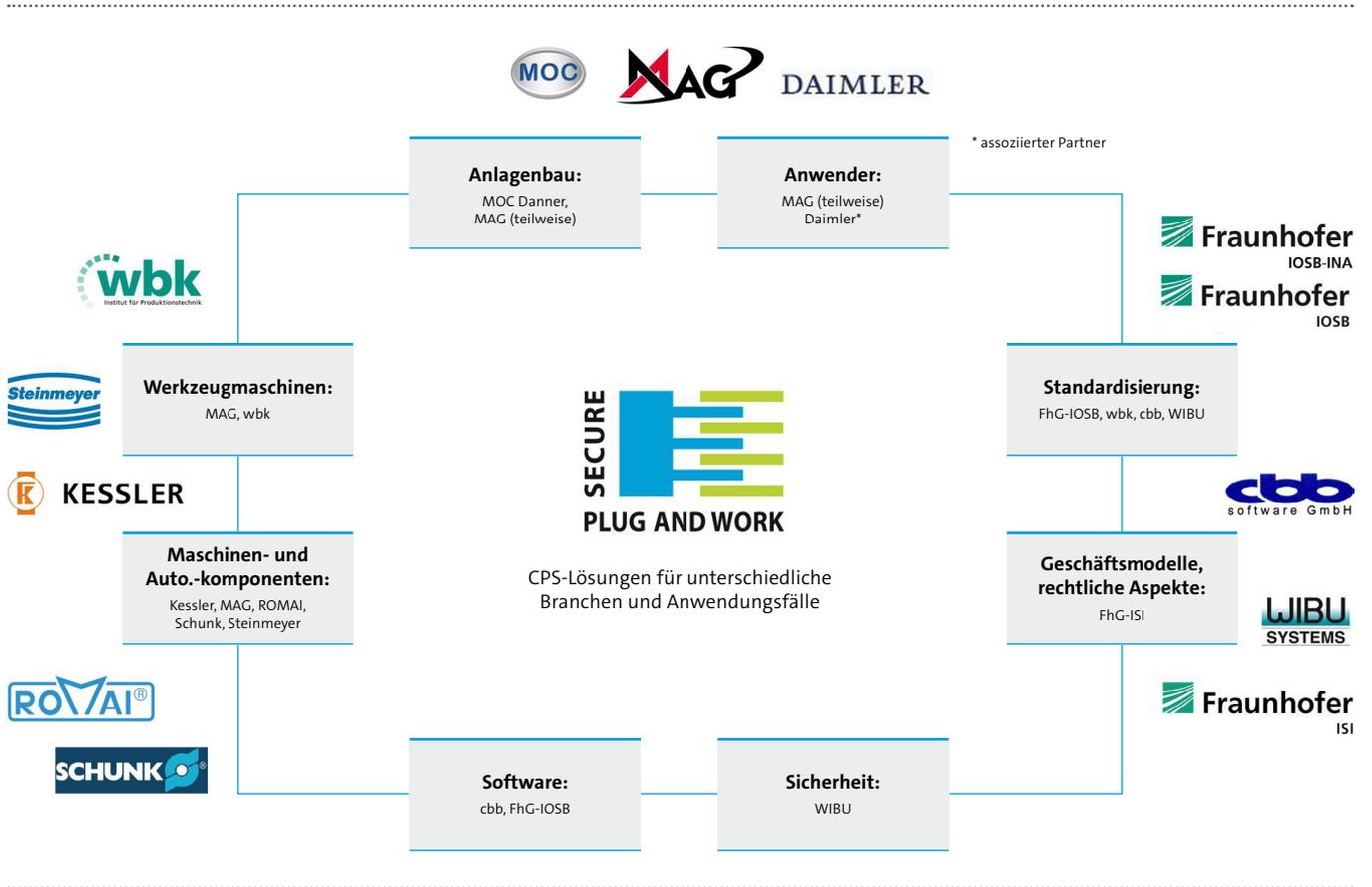


Abbildung 7

Name des Anwendungsbeispiels

Werkzeugeinstellung

Name des Unternehmens

Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Wesentliche Triebfeder waren Ineffizienzen beim Bereitstellen der Werkzeuge für die NC-Maschinen. Ein allgemein bei der Bereitstellung von Zerspanungswerkzeugen vorzufindendes Problem – nicht nur bei der Maschinenfabrik Reinhausen – ist, dass die unterschiedlichen, beteiligten Aggregate (z.B. Voreinstellgeräte, Lagersysteme, ...) proprietäre Datenformate verwenden und eine aggregatsübergreifende Bereitstellung der Prozessdaten regelmäßig nicht möglich ist. Einstellprogramme wurden manuell erzeugt, Werkzeuge ohne eindeutige Beschreibung unter häufigem Rückfragen oder auf Basis der Mitarbeitererfahrung montiert, Werkzeugdaten auf Papier an die Maschinen weitergegeben und manuell durch die Maschinenbediener eingetippt. Die manuellen Tätigkeiten sind fehlerbehaftet und zeitintensiv. Sie können kostenintensive Folgeschäden verursachen.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Im Rahmen der vertikalen Integration übernimmt ValueFacturing® die Aufgabe eines informationstechnischen Bindeglieds zwischen dem PPS/ERP-System und der physischen Fertigung, eine Aggregationsebene »tiefer«. ValueFacturing® übermittelt Auftragsdaten, reichert diese um weitere fertigungsrelevante Informationen an und ermöglicht so die Steuerung auf Basis von Echtzeitdaten. Gleichzeitig werden Rohdaten gesammelt, die durch Mustererkennung im Sinne von Big-Data neuartigen Erkenntnisgewinn ermöglichen.

Im Rahmen der horizontalen Integration werden Einstellgeräte durch ValueFacturing® informationstechnisch vernetzt. Eine wesentliche Aufgabe liegt in der Bereitstellung der nötigen Konnektoren, um eine Kommunikation zwischen den Einstellgeräten, Lagersystemen und NC-Maschinen zu ermöglichen. ValueFacturing® erzeugt automatisch durch Datenanreicherung zum Einen alle benötigten Daten für die Werkzeugeinstellung und zum Anderen das benötigte Datenformat für die jeweilige Werkzeugmaschine.

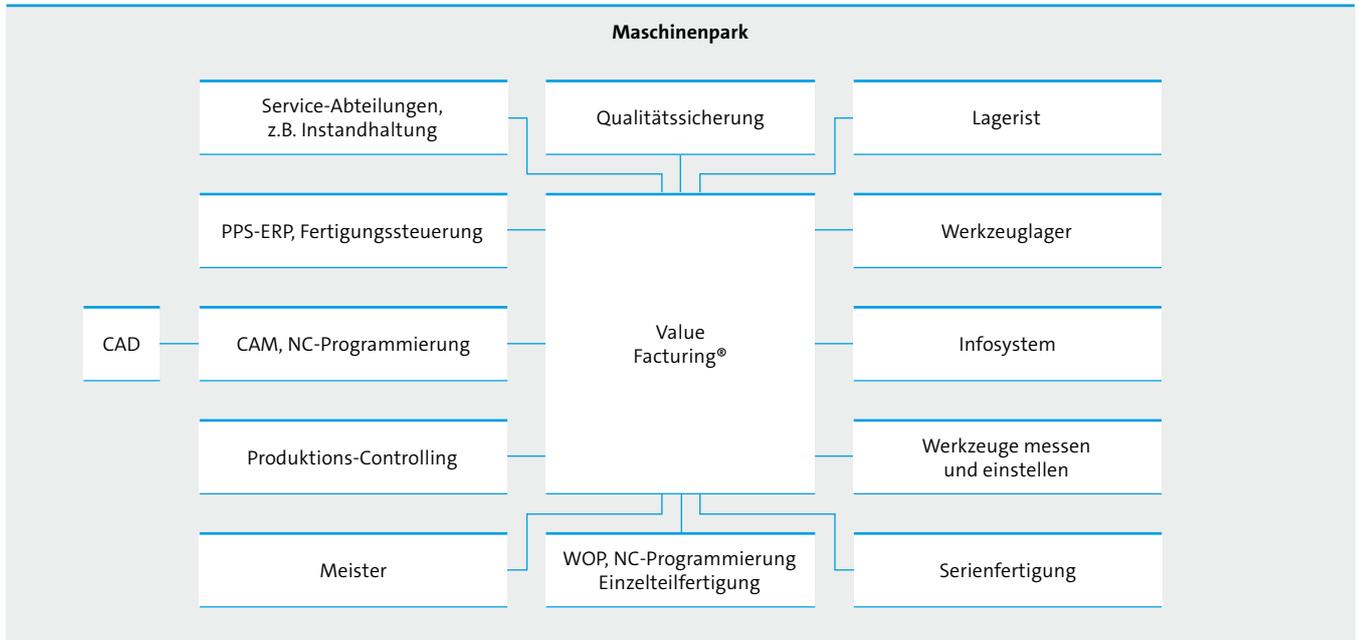


Abbildung 8

Name des Anwendungsbeispiels

Werkzeugeinstellung

Name des Unternehmens

Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, Regensburg

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Wesentliche Triebfeder waren Ineffizienzen beim Rüstprozess der NC-Maschinen. Ein allgemein – nicht nur bei der Maschinenfabrik Reinhausen – in der Fertigung mit NC-Maschinen vorzufindendes Problem hierbei ist, dass die unterschiedlichen, an einem Fertigungsprozess beteiligten Aggregate (CNC-Maschinen, Voreinstellgeräte, Lagersysteme etc.) proprietäre Datenformate verwenden und eine aggregatübergreifende Bereitstellung der Prozessdaten regelmäßig nicht möglich ist. Die Weitergabe von Informationen (z.B. Werkzeugdaten, Aufspannskizzen oder NC-Programme) erfolgte in der Regel auf Papier. Die manuellen Tätigkeiten mit Papierdokumenten beim Umrüsten der CNC-Maschinen waren fehlerbehaftet und von Ungewissheiten geprägt. So führten unvollständige Rüstunterlagen zu Fehlern, Unklarheiten und Rückfragen.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Im Rahmen der vertikalen Integration übernimmt ValueFacturing® die Aufgabe eines informationstechnischen Bindeglieds zwischen dem PPS/ERP-System und der physischen Fertigung, eine Aggregationsebene »tiefer«. ValueFacturing® übermittelt Auftragsdaten, reichert diese um weitere fertigungsrelevante Informationen an und ermöglicht so die Steuerung auf Basis von Echtzeitdaten. Gleichzeitig werden Rohdaten gesammelt, die durch Mustererkennung im Sinne von Big-Data neuartigen Erkenntnisgewinn ermöglichen.

Im Rahmen der horizontalen Integration werden alle am Zerspanungsprozess beteiligten Anlagen und Systeme informationstechnisch vernetzt. Eine wesentliche Aufgabe liegt in der Bereitstellung der nötigen Adapter, um eine Kommunikation zwischen den Einstellgeräten, Lagersystemen und NC-Maschinen zu ermöglichen. ValueFacturing® reichert automatisiert und auftragsbezogen die für die Werkzeugmaschine relevanten Daten an und stellt alle notwendigen Informationen im richtigen Datenformat für die Maschinenrüstung zur Verfügung.

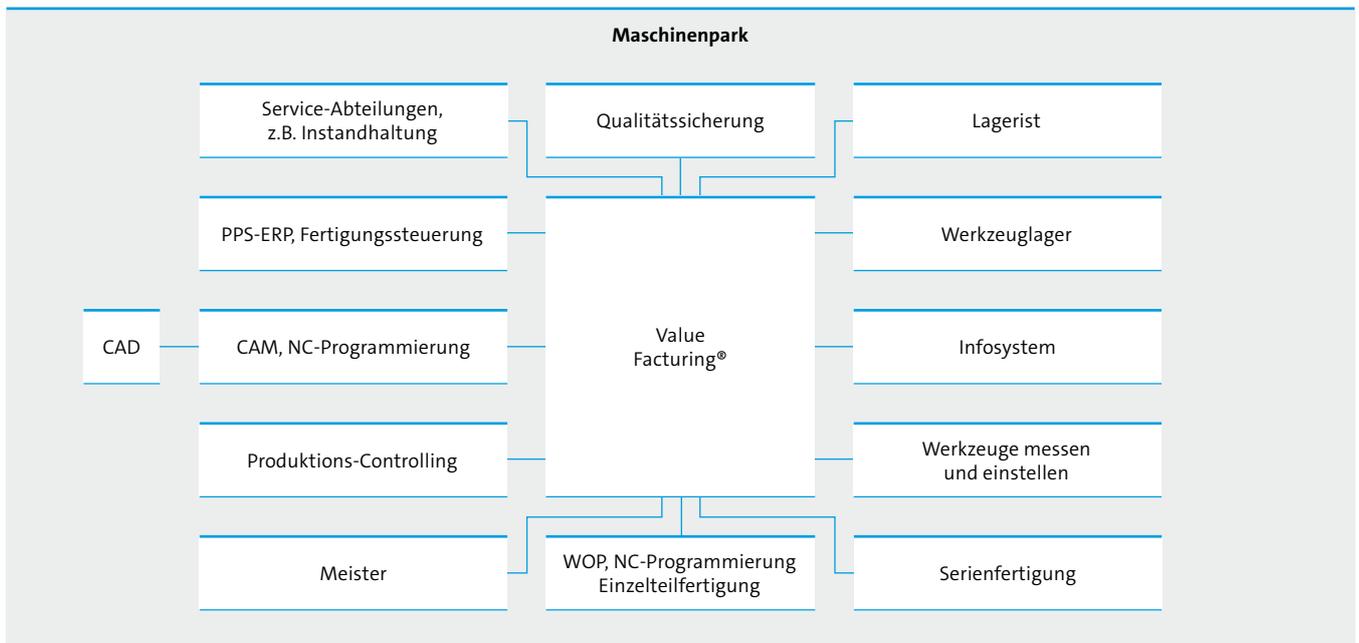


Abbildung 9

Name des Anwendungsbeispiels

Teilautomatisierter Milkrun

Name des Unternehmens

ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Milk Run-Züge zur Materialversorgung existieren schon seit vielen Jahren. Heute erfolgt die Übertragung der Transportaufträge meist als Papiausdruck. Unnötige Transporte entstehen durch nicht mehr benötigte Altteile und eine mangelnde Steuerung der unterschiedlichen Züge untereinander. Moderne Produktionssysteme fordern minimale Bestände, hohen Linientakt und flexible Aufträge an den Linien und der Platz für Material ist stark begrenzt. Gewünscht wird weiterhin ein sehr schneller Verbrauch an der Linie, um unnötige Bestände im Prozess soweit wie möglich zu vermeiden. Erschwerend hinzu kommen Materialanlieferungen mit wechselnden Auftragsfolgen – Just-in-Sequence (JIS).

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Die Materialversorgung erfolgt bedarfsgesteuert (in quasi Echtzeit) und kontinuierlich. Durch Scannen des Data Matrix Codes an Be- und Entladestellen ist das System in der Lage, Detail-Optimierungen wie beispielsweise die Verrechnung von Restmengen der Montagestellplätze und Milk Run-Züge (»fahrendes Lager«) durchzuführen. Die Anzahl der Züge kann dadurch reduziert und die Anzahl der Fahrten stark eingeschränkt werden. Zusätzlich sinkt die Reaktionszeit des Systems bezüglich ungeplanter Änderungen der Auftragslage.

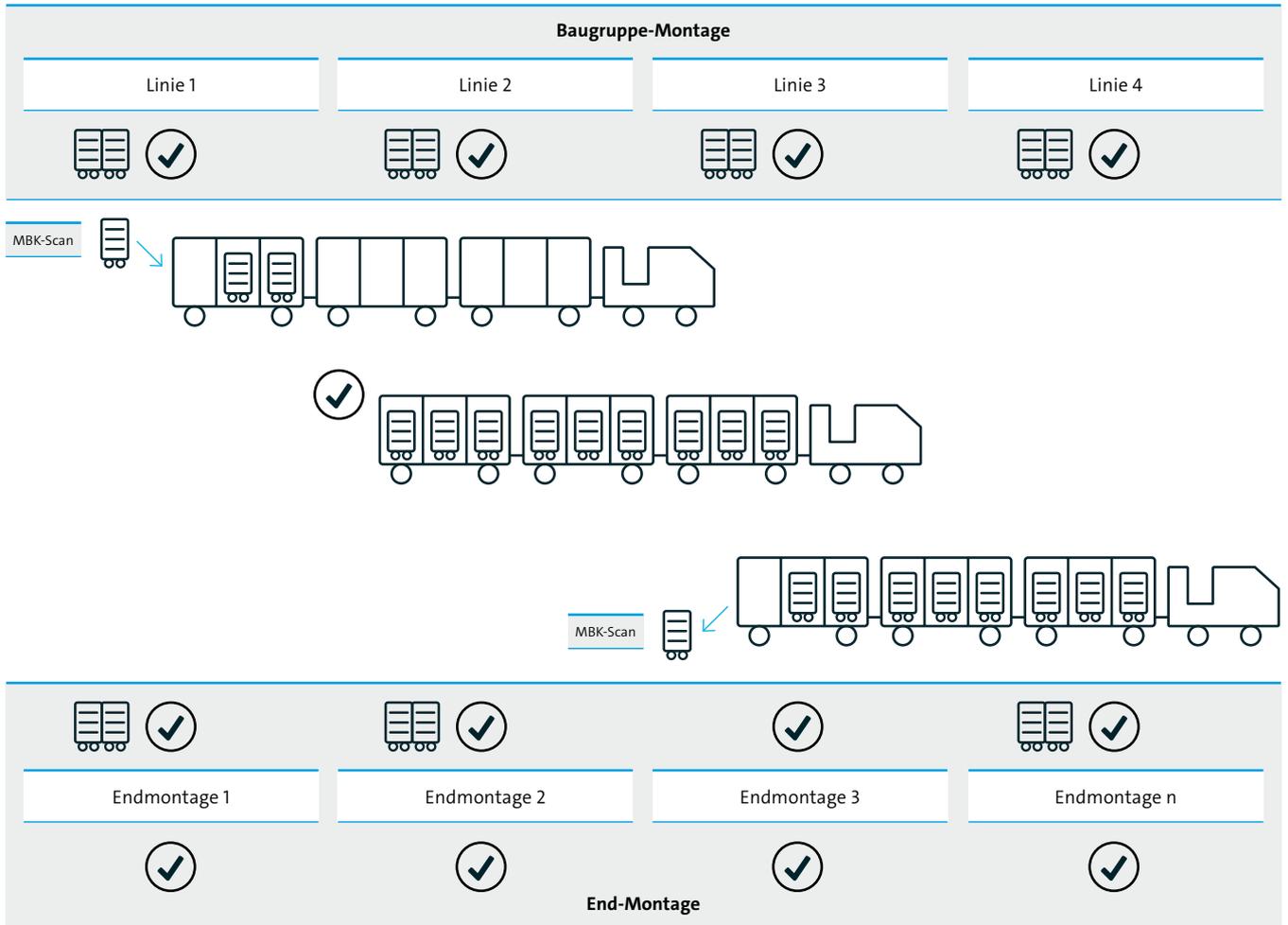


Abbildung 10

Name des Anwendungsbeispiels

Prozessgesteuerte Werkerführung

Name des Unternehmens

ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Die Montage erfolgt als One-Piece-Flow (Losgröße 1). Jedes Getriebe kann eine zum Vorgänger unterschiedliche Stückliste haben. Der Werker muss bei jedem Getriebe eine genaue Vorgabe der Montageoperationen bekommen, da im Zweifel jedes einzelne Getriebe eine unterschiedliche Anweisung haben kann. In Summe werden bis zu 33 Bandarbeitsplätze mit bis zu 25 Vormontageplätzen gesteuert und dazu variiert noch die Anzahl der Montageoperationen je Station.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Ein berührungsoptimiertes User-Interface passt die abzuarbeitenden Arbeitsschritte an den einzelnen Arbeitsstationen individuell an. Für jeden Arbeitsschritt erfolgt eine Statusinfo (offen, in Arbeit, i.O. bzw. n.i.O.) sowie Detailinformationen spezifisch zu jedem Arbeitsschritt. In Engpasssituation oder Fehlerfällen kann der Springerruf inkl. Handling des Springereinsatzes (z.B. Quittieren eines Fehlers) ausgeführt werden ohne die Station verlassen zu müssen. Die aktuellen Taktinformationen (Soll, Ist, Trend) werden angezeigt, um ein direktes Feedback für den Werker zu ermöglichen. Das System erlaubt dadurch das einfache Anlernen neuer Mitarbeiter und stellt eine konstante Arbeitsqualität unabhängig vom Mitarbeiter sicher.

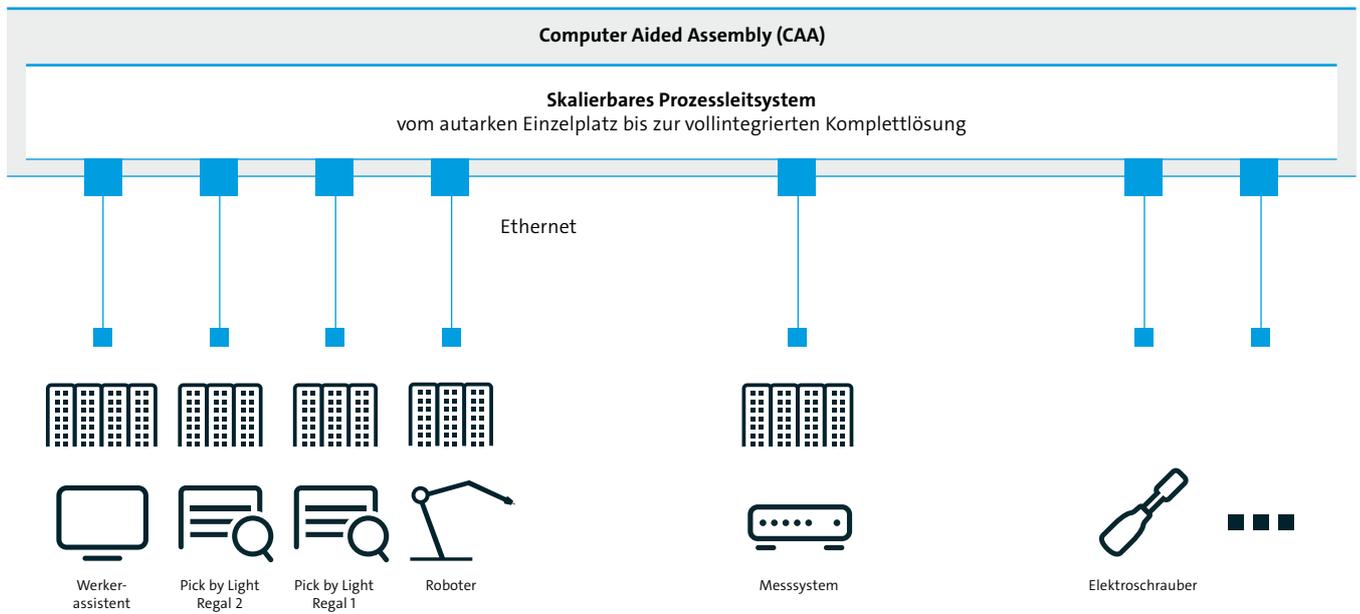


Abbildung 11

Name des Anwendungsbeispiels

Bluetooth Smart in der Logistik

Name des Unternehmens

ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Transport von Getriebekomponenten aus der Fertigung zur Montage. Echtzeitübersicht, wo sich Ladungsträger befinden, um Logistikprozesse effizienter zu steuern (manuelle Scantätigkeiten entfallen).

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Ladungsträger werden an Standort 1 aus einem Puffer verladen und zu Standort 2 gebracht. Dabei soll im Pendelverkehr zu jedem Zeitpunkt bekannt sein, wo sich ein individuelles Gestell befindet.

Stufe 1:

- Ausstatten von Ladungsträgern (JIS-Gestell) mit BLE-Tags
- Installieren von TagFindern an Warenausgang Fertigung und Wareneingang Montage

Stufe 2:

- Ausstattung des Pendel-LKW mit Openmatics Onboard Unit
- Aufnehmen und evaluieren von typischen Transportvorgängen, um daraus Eventschwellen (Umweltbedingungen, Dauer) abzuleiten
- Integration QR-Code Scanner

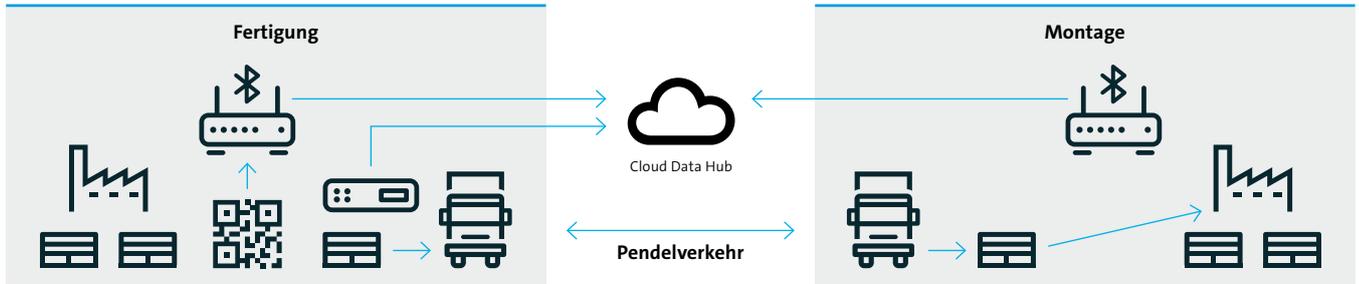


Abbildung 12

Name des Anwendungsbeispiels

Maschinenfließfertigung

Name des Unternehmens

TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG, Ditzingen

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Ziel von SYNCHRO in der Produktion ist es, Mitarbeiter, Material und Anlagen so aufeinander abzustimmen, dass Verschwendung minimiert wird. Sichtbarste Veränderung durch SYNCHRO bei TRUMPF: 1998 wechselte das Unternehmen seine Montagephilosophie, weg von der statischen Standplatzmontage hin zu einer getakteten Fließmontage, selbst bei großen Stanz-Laser-Maschinen.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Der Takt synchronisiert die Abläufe in der Fertigung, Vor- und Endmontage. Er sorgt dafür, dass das benötigte Material zur richtigen Zeit in der richtigen Qualität am richtigen Ort ist. Werkzeuge und Betriebsmittel müssen nur einmal an der zugehörigen Station vorgesehen werden. Bei TRUMPF werden alle Maschinen und der Großteil der Module auf getakteten Fließlinien produziert.

Die Montagemethode brachte bei der Montage der Stanz-Laser-Maschine TruMatic 6000 eine Halbierung der Bestände und Durchlaufzeiten und eine Verdoppelung der Flächenproduktivität.

Die Produktion zur richtigen Zeit setzt eine hohe Materialverfügbarkeit voraus. Durch einfache selbststeuernde Kanban-Kreisläufe wird genau dann nachgeliefert bzw. nachproduziert, wenn ein Bedarf signalisiert wird.

Anstelle der Lager werden Warenhäuser eingerichtet, aus denen der interne Kunde seinen Bedarf abholt. Der Verbrauch ist für den Lieferanten sofort ersichtlich und das Startsignal zur Nachproduktion.

Im Synchronen Produktionssystem wird nur das produziert, was der Kunde verlangt. Es gibt keine Sicherheitsbestände. Daher müssen die Anlagen jederzeit produktionsbereit sein. In einem mehrstufigen Vorgehen übernehmen die Maschinenbediener Schritt für Schritt die Verantwortung für die Verfügbarkeit der Maschine.

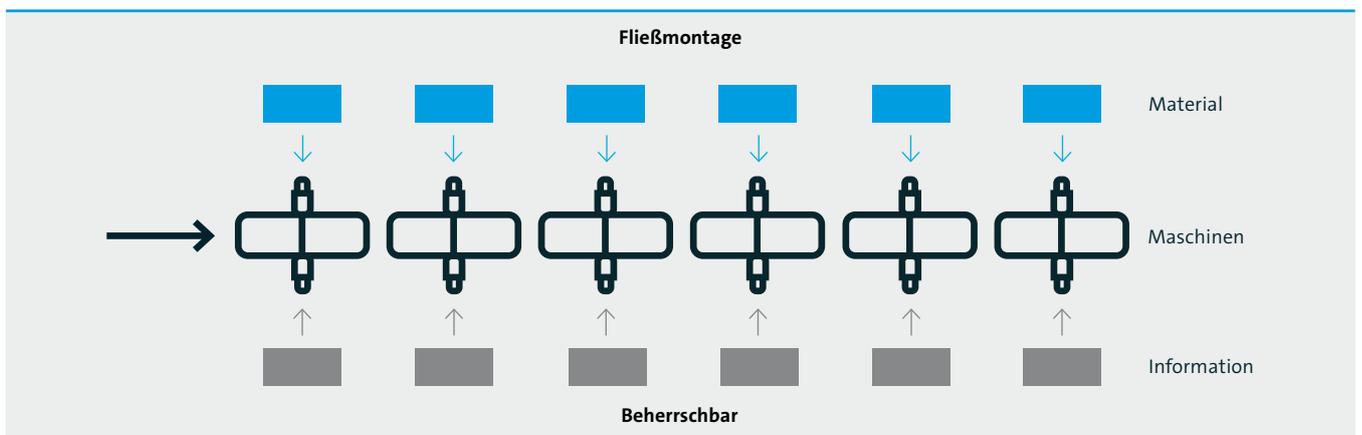
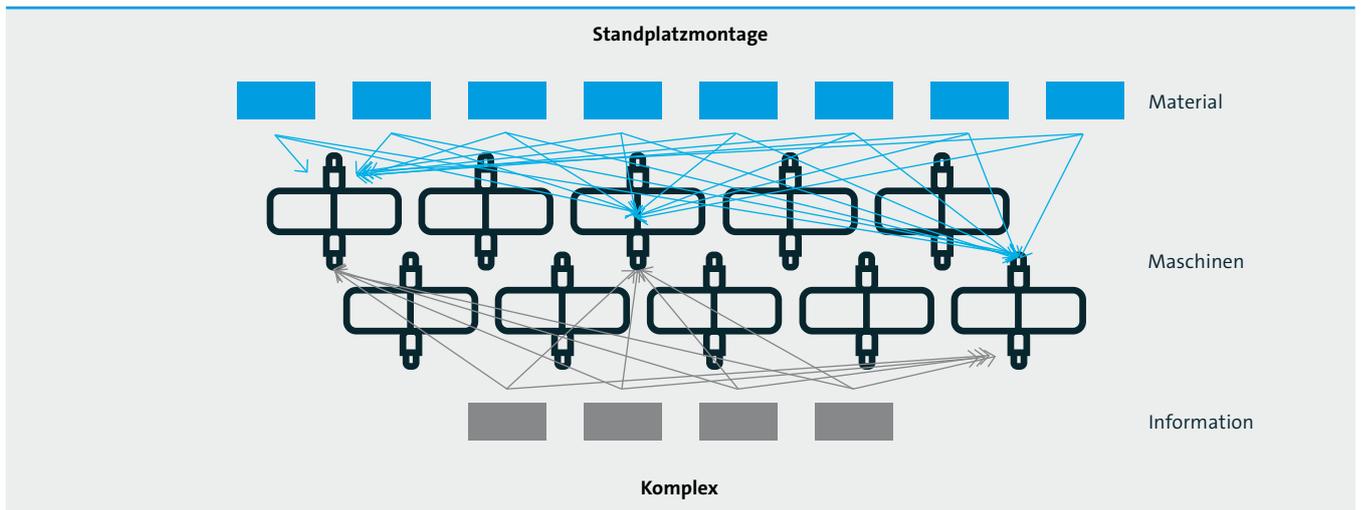
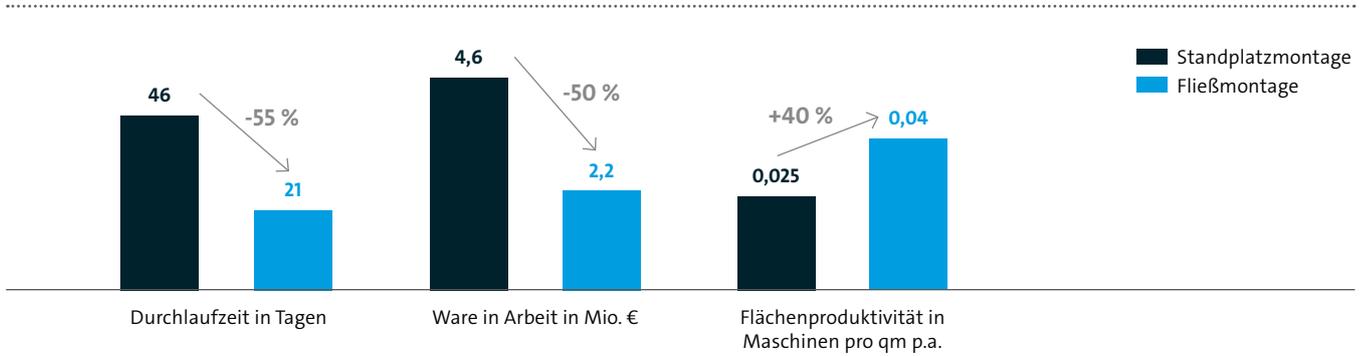


Abbildung 13

Name des Anwendungsbeispiels

Stanzwerkzeugfertigung

Name des Unternehmens

TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG, Gerlingen

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Das Hauptziel beim Umbau der Fertigungsabläufe im Gerlinger Werk war die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen durch ganzheitliche Optimierung und Beschleunigung der Stanzwerkzeugproduktion von der Auftragsannahme bis zur Auslieferung sowie die Verbesserung der Termintreue. Gestaltungsprinzip war dabei die prozessorientierte Produktion (POP), die ihre Umsetzung im Trumpf Produktionssystem »Synchro« gefunden hat.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Im Schnitt verlässt pro Tag eine vierstellige Zahl von Stanzwerkzeugen das Werk in Gerlingen. Wenn ein Kunde bis 14 Uhr ein Standardwerkzeug bestellt, wird das fertige Produkt noch am gleichen Tag (weltweit) ausgeliefert. Möglich wird dies durch einen E-Shop zur automatischen Auftragsabwicklung. »Der Kunde startet dabei selbst die Maschine« nachdem er im Web-Konfigurator das benötigte Werkzeug definiert hat.

Mit einem Laser werden die Rohlinge mit einem Dot Matrix Code versehen, über den eine eindeutige Identifikation währendes des gesamten Produktionsprozesses gewährleistet wird. Die Maschinen erhalten über diesen Code die zugehörigen Bearbeitungsparameter und die Informationen über die nächsten Bearbeitungsschritte. Die Produktion wird somit völlig transparent und kann optimal gesteuert werden. Fehlerquoten sinken dramatisch und die Liefertreue liegt bei nahezu 100 %.

Die Umgestaltung der Stanzwerkzeugfertigung umfasste dabei alle Aspekte der Produktion:

Es gibt ein neues Lager und neue, produktionsnahe Büros. Die Schreibtische der Konstrukteure sind jetzt nur wenige Meter von der Fertigung entfernt. Alte, vorhandene Strukturen wurden aufgelöst und neue Bereiche etabliert. Dabei entscheiden die Mitarbeiter vor Ort, wie die Prozesse in ihrem Umfeld gestaltet werden. Und nicht zuletzt wurden die IT-Systeme durchgängig auf die neuen Prozesse abgestimmt.

Dabei sind die Prozessbeteiligten: die Stanzwerkzeuge (Produkt), das Werk, die Maschinen, die Kunde(n), die Mitarbeiter, das Lager, die Büros, die Strukturen und Prozesse, die IT-Systeme, die Konstruktion, die Produktion sowie der Versand.

Quellen: ↗ <http://www.de.trumpf.com/de/produkte/werkzeugmaschinen/services/stanzwerkzeuge-und-zubehoer.html>; ↗ http://www.blechrohreprofile.de/blechumformtechnik-fachartikel/neue-prozesse-fuer-stanzwerkzeugfertigung_6271_de/

Bildnachweis: TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG



Abbildung 14

Name des Anwendungsbeispiels

AXOOM

Name des Unternehmens

AXOOM GmbH (besichtigt bei TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG in Ditzingen)

Motivation für das Anwendungsbeispiel

Das Hauptziel beim Umbau der Fertigungsabläufe im Gerlinger Werk war die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen durch ganzheitliche Optimierung und Beschleunigung der Stanzwerkzeugproduktion von der Auftragsannahme bis zur Auslieferung sowie die Verbesserung der Termintreue. Gestaltungsprinzip war dabei die prozessorientierte Produktion (POP), die ihre Umsetzung im Trumpf Produktionssystem »Synchro« gefunden hat.

Beschreibung des Geschäftsprozesses mit der Funktionsweise im Überblick und Nennung der Prozessbeteiligten

Im Schnitt verlässt pro Tag eine vierstellige Zahl von Stanzwerkzeugen das Werk in Gerlingen. Wenn ein Kunde bis 14 Uhr ein Standardwerkzeug bestellt, wird das fertige Produkt noch am gleichen Tag (weltweit) ausgeliefert. Möglich wird dies durch einen E-Shop zur automatischen Auftragsabwicklung. »Der Kunde startet dabei selbst die Maschine« nachdem er im Web-Konfigurator das benötigte Werkzeug definiert hat.

Mit einem Laser werden die Rohlinge mit einem Dot Matrix Code versehen, über den eine eindeutige Identifikation währendes des gesamten Produktionsprozesses gewährleistet wird. Die Maschinen erhalten über diesen Code die zugehörigen Bearbeitungsparameter und die Informationen über die nächsten Bearbeitungsschritte. Die Produktion wird somit völlig transparent und kann optimal gesteuert werden. Fehlerquoten sinken dramatisch und die Liefertreue liegt bei nahezu 100 %.

Die Umgestaltung der Stanzwerkzeugfertigung umfasste dabei alle Aspekte der Produktion:

Es gibt ein neues Lager und neue, produktionsnahe Büros. Die Schreibtische der Konstrukteure sind jetzt nur wenige Meter von der Fertigung entfernt. Alte, vorhandene Strukturen wurden aufgelöst und neue Bereiche etabliert. Dabei entscheiden die Mitarbeiter vor Ort, wie die Prozesse in ihrem Umfeld gestaltet werden. Und nicht zuletzt wurden die IT-Systeme durchgängig auf die neuen Prozesse abgestimmt.

Dabei sind die Prozessbeteiligten: die Stanzwerkzeuge (Produkt), das Werk, die Maschinen, die Kunde(n), die Mitarbeiter, das Lager, die Büros, die Strukturen und Prozesse, die IT-Systeme, die Konstruktion, die Produktion sowie der Versand.

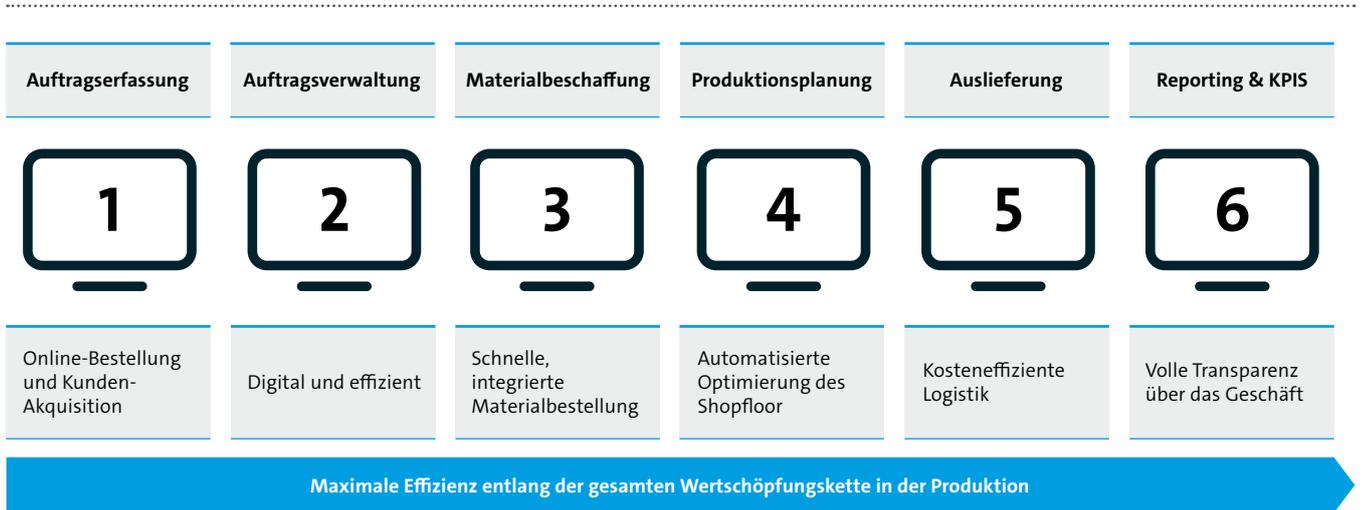


Abbildung 15

5.2 Überblick über Befragungsergebnisse (tabellarisch und als Auswahl grafisch)

		Use Case 1	Use Case 2	Use Case 3	Use Case 4	Use Case 5	Use Case 6	Use Case 7	Use Case 8	Use Case 9	Use Case 10	Use Case 11
		Qualitätsdefekt-Tracking	Vorbewende Wartung/ Instandhaltung	Garantieerweiterung	Teilautomatisierter Milkrun	Prozessgesteuerte Werkerführung	Bluetooth Smart in der Logistik	Werkzeugeinstellung	Werkzeugmaschine	Maschinenfließfertigung	Stanzwerkzeug-Fertigung	AXOOM
Unterstützung von IT-Security	1.1 Authentifizierung	70%	32%	74%	46%	39%	85%	55%	58%	1%	71%	83%
	1.2 Integrität	30%	43%	78%	47%	16%	77%	50%	58%	11%	67%	83%
	1.3 Vertraulichkeit	20%	36%	78%	46%	8%	77%	20%	21%	4%	57%	83%
Unterstützung Safety (»Eigensicher«)	2.1 Zertifizierbarkeit	7%	14%	44%	23%	8%	70%	25%	26%	7%	36%	25%
	2.2 Safety-Level	7%	11%	44%	8%	8%	31%	15%	21%	3%	36%	17%
Zeitverhalten	3.1 »weicher Echtzeit-Determinismus«	17%	22%	30%	31%	23%	31%	40%	64%	0%	64%	67%
	3.2 »harter Echtzeit-Determinismus«	3%	11%	7%	23%	38%	38%	5%	0%	0%	57%	62%
Robustheit der Kommunikation	4.1 Verbindungsaufbau	30%	39%	55%	39%	31%	62%	45%	53%	25%	54%	80%
	4.2 Stabilität der Übertragungsstrecke	27%	22%	45%	30%	39%	53%	30%	37%	18%	43%	75%
	4.3 Bandbreitengarantie der Übertragungsstrecke	4%	14%	15%	0%	23%	23%	5%	16%	0%	36%	66%
	4.4 Priorisierung	4%	11%	19%	0%	8%	46%	10%	16%	4%	28%	62%
	4.5 Transaktionalität	50%	32%	48%	23%	16%	62%	25%	32%	43%	54%	71%
Transportlayer-Unabhängigkeit	5.1 Feldbus	3%	36%	37%	46%	31%	0%	5%	16%	0%	50%	54%
	5.2 Ethernet	70%	40%	59%	46%	54%	39%	65%	58%	53%	68%	71%
	5.3 Internet	10%	29%	71%	8%	39%	76%	35%	37%	50%	71%	75%
	5.4 Erweiterbarkeit des Transporttypers für zukünftige Komm-Standards	20%	22%	30%	23%	16%	77%	35%	40%	11%	57%	79%
Kopplungsgrad (Architektur)	6.1 Unicast	10%	14%	37%	31%	39%	23%	32%	32%	29%	57%	79%
	6.2 Multicast	13%	18%	4%	31%	8%	31%	15%	12%	0%	11%	63%
	6.3 Broadcast	7%	7%	4%	8%	0%	69%	5%	11%	0%	7%	62%
	6.4 Client-Server	63%	36%	56%	46%	46%	47%	55%	52%	47%	79%	92%
	6.5 Publish / Subscribe	20%	11%	26%	15%	31%	46%	10%	11%	0%	0%	84%
Skalierbarkeit	7.1 Cloud	14%	32%	48%	39%	54%	69%	50%	42%	14%	43%	88%
	7.2 Rechenzentrum	37%	22%	26%	23%	54%	53%	65%	59%	43%	61%	75%
	7.3 PC	30%	22%	29%	23%	23%	0%	40%	21%	22%	64%	71%
	7.4 Big Embedded	7%	28%	18%	31%	46%	39%	20%	21%	28%	53%	4%
	7.5 Small Embedded	10%	32%	37%	23%	8%	47%	5%	5%	0%	46%	5%
Unterstützung bestimmter Semantik-Standards	8.1 Definition und Validierung	40%	61%	45%	16%	62%	54%	35%	42%	7%	28%	84%
	8.2 Gültigkeitsbereich	33%	40%	41%	23%	54%	61%	30%	21%	4%	11%	84%
	8.3 Unterstützung von (Semantik-) Standards	43%	47%	37%	39%	62%	62%	30%	21%	4%	17%	96%
	8.4 Life-Cycle Management von Definition bis Betrieb	20%	42%	48%	31%	16%	55%	25%	32%	7%	18%	92%
Discovery (»Bringt Maschine in Werkhalle«)	9.1 Zentralverzeichnis	23%	25%	41%	54%	69%	16%	55%	42%	6%	57%	79%
	9.2 Verteiltes Verzeichnis	20%	18%	22%	0%	0%	54%	20%	21%	0%	4%	84%
	9.3 Kein Verzeichnis	3%	4%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Deployment	10.1 Dynamisch	7%	11%	23%	15%	23%	47%	40%	37%	32%	54%	87%
	10.2 Globale Lokalität	13%	11%	23%	31%	16%	39%	15%	16%	4%	11%	62%
	10.3 Kontinuierlich	10%	17%	22%	8%	16%	23%	30%	21%	0%	39%	50%
		3	0	6	1	1	10	4	2	1	8	28

Tabelle 2: Überblick Befragungsergebnisse

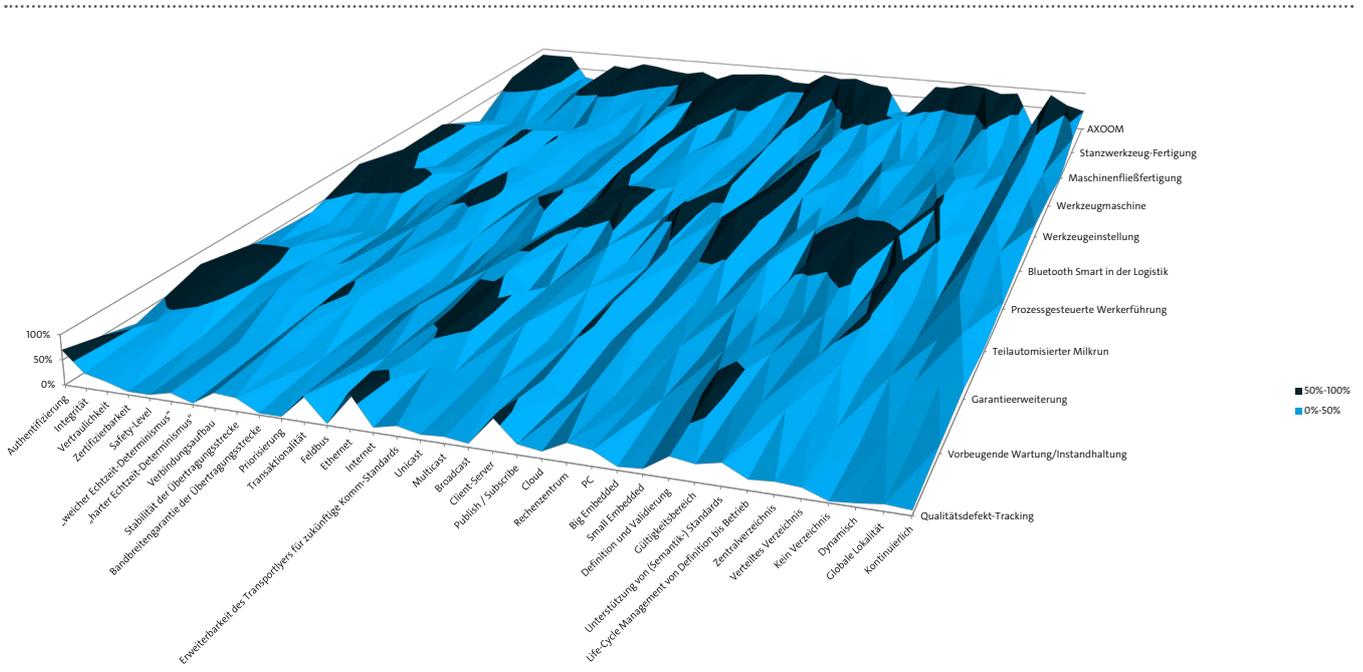


Abbildung 16: Fähigkeiten-Relief aller elf Use Cases mit Hervorhebung der Nennungen über 50%¹⁴

¹⁴ Mit normierten Daten: Normiert bedeutet, dass die auf alle Teilnehmer bezogenen Prozentwerte jeweils durch die Anzahl an Anforderungen pro Kategorien geteilt werden.

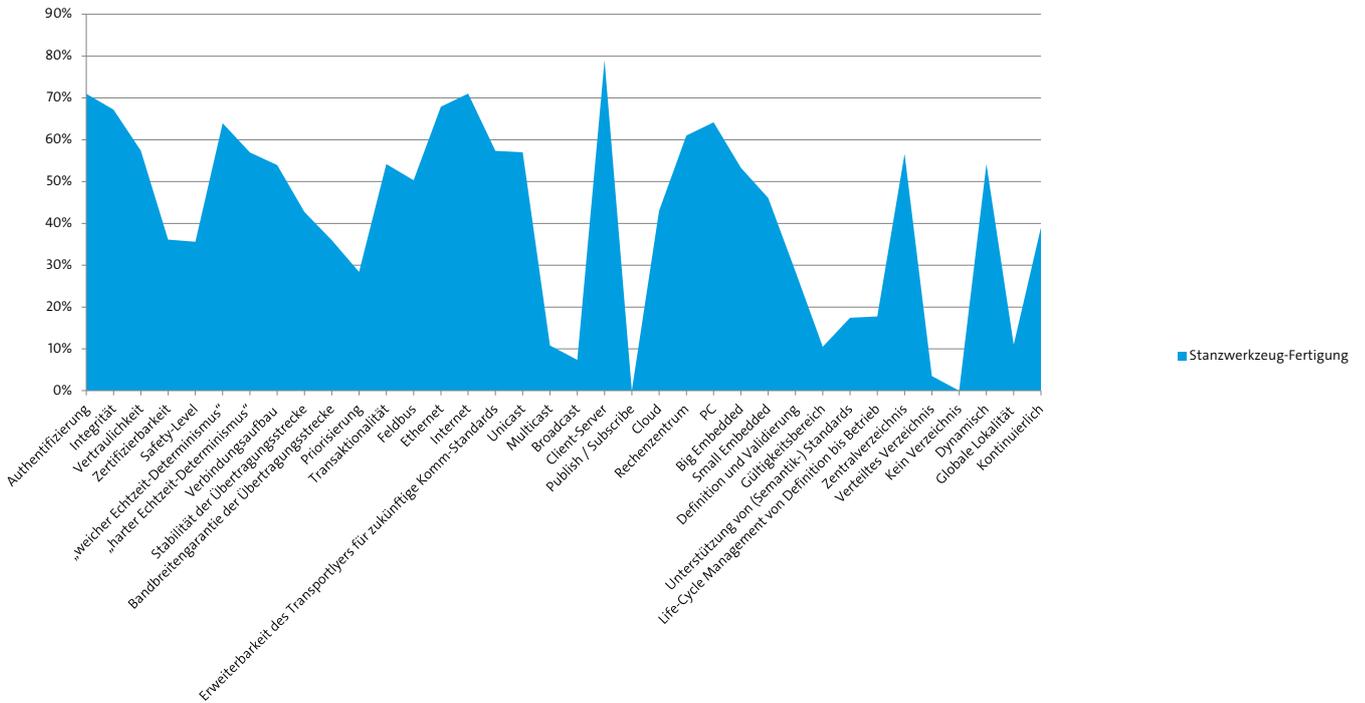


Abbildung 17: Fähigkeitenprofil am Beispiel Use Case Stanzwerkzeug-Fertigung

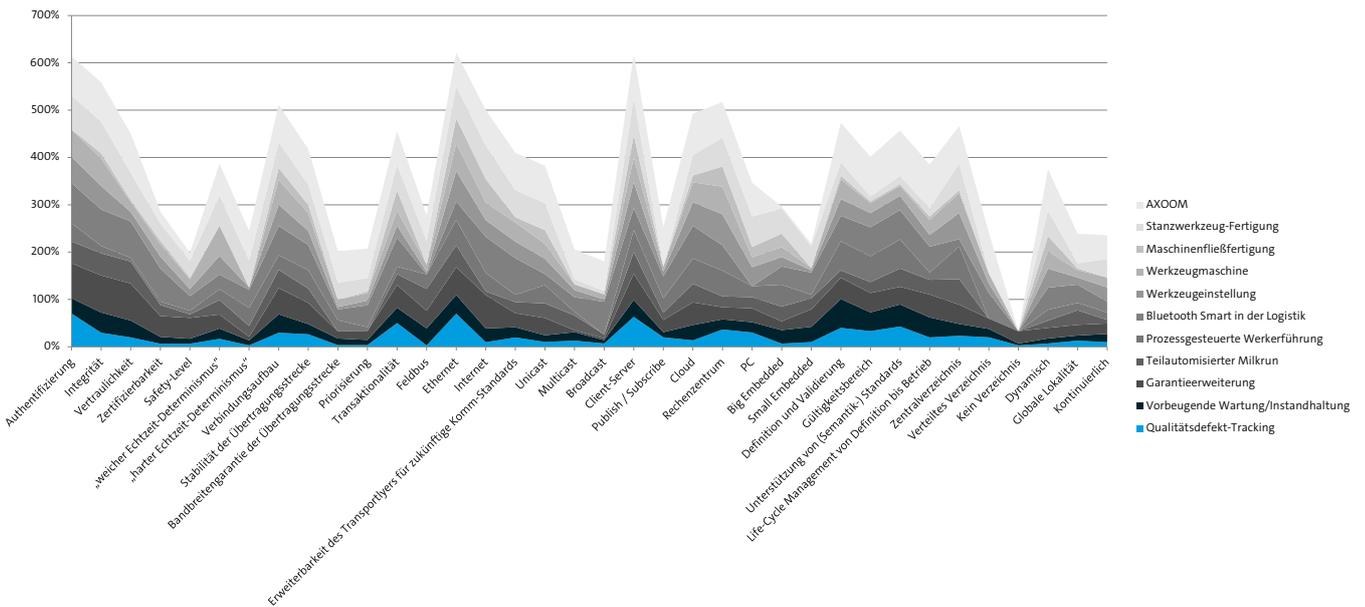


Abbildung 18: Kumulierte Ausprägung der Fähigkeiten über all Use Cases¹⁵

15 Für Normierung der Y-Achse sind Werte durch elf zu teilen.

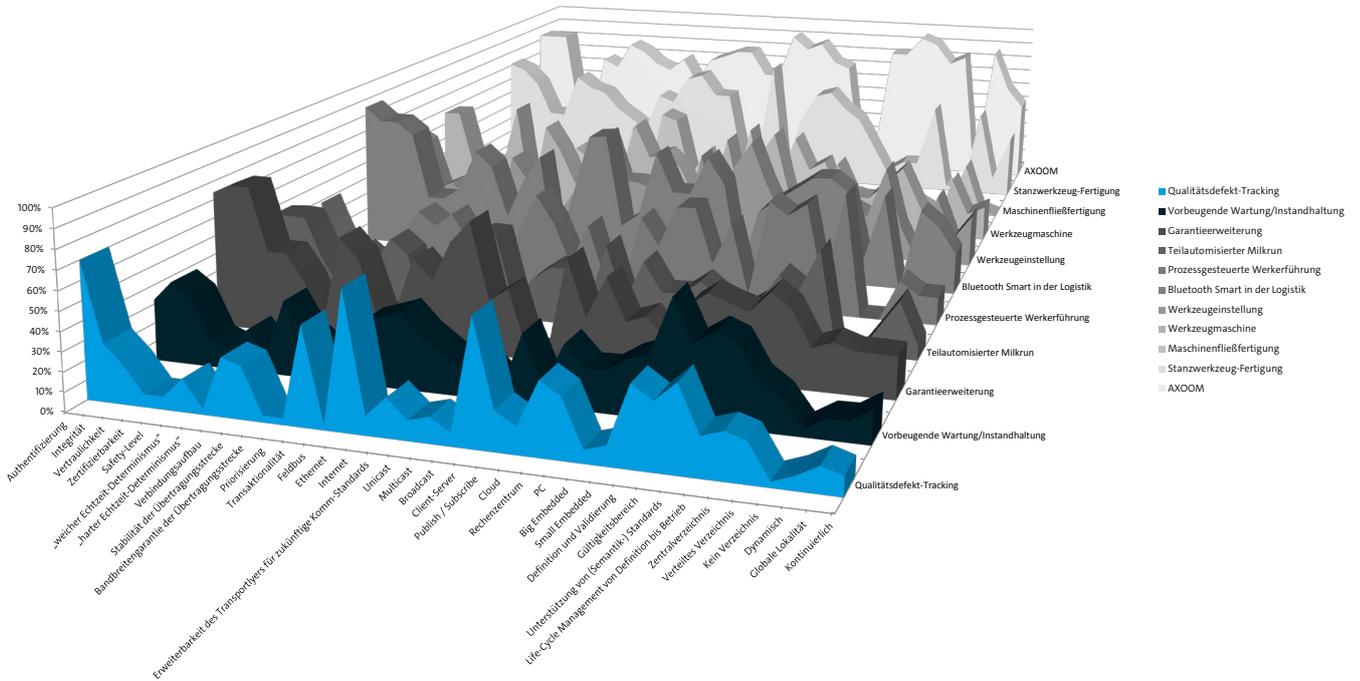


Abbildung 19: Fähigkeitsprofile der elf betrachteten Use Cases

5.4 Unterstützung beim Ausfüllen des Fragebogens

Die maßgeblich zur Interoperabilität beitragenden Fähigkeiten von Software werden durch den Fragebogen strukturiert. Zum Verständnis des Fragebogens wurde die folgende Beschreibung verwendet.

Objekte

Betrachtungsgegenstände der Use Cases

Daten

Hat der Use Case mit der Verarbeitung von Daten zu tun?

Funktionen

Hat der Use Case mit der Bereitstellung und Verkettung von Funktionen (Diensten) zu tun?

Prozesse

Hat der Use Case mit der Unterstützung von Geschäftsprozessen zu tun?

Geschäftsmodelle

Hat der Use Case mit der Erarbeitung oder Nutzung von neuen Geschäftsmodellen zu tun?

Akteure

Diejenigen die Use Cases initiieren oder in der Ausführung davon betroffen sind.

Mensch

Werker, Manager

Maschine

z.B. Komplette Werkzeugmaschine

ITK-System

k.A.

Bezugsbereich

Hierbei geht es um die Verortung von Funktionalitäten und Verantwortlichkeiten innerhalb der Fabrik. Es geht um eine funktionale Hierarchie, nicht um Geräteklassen. Wenn eine Fähigkeit nicht gebraucht wird, bleiben die Hierarchy Level (Product, Field Device, Control Device, Station, Work Units, Enterprise, Connected World) leer und Interoperabilitätsanforderung ist ebenfalls leer. Wenn eine Fähigkeit dagegen gebraucht wird, muss erst der Hierarchy Level, also die Einordnung innerhalb der Fabrik (Product, Field Device, Control Device, Station, Work Units, Enterprise, Connected World), festgelegt werden und dann die Interoperabilitätsanforderung angegeben werden.

Product

Entspricht einem Cyber Physical System (CPS) oder einem Smart Object im Internet of Things (IoT) oder einer Industrie 4.0-Komponente in Industrie 4.0.

Field Device

Dies stellt die funktionale Ebene eines intelligenten Feldgeräts, z.B. eines intelligenten Sensors, dar.

Control Device

CNC-Steuerung der Maschine oder Anlage

Station

Maschine

Work Units

Anlage, Werkhalle, Werk

Enterprise

Unternehmen

Connected World

Verbindung über Internet nach außerhalb der Werkhalle, Werk, Unternehmen, z.B. zu Zulieferern oder Kunden.

Fähigkeitskategorien und Fähigkeiten Interoperabilitätstechnologien

1. Unterstützung von IT-Security

Die Technologie stellt Lösungen für Security-Themen bereit, wie z.B. verschlüsselte Übertragung, Authentifizierung etc.

- 1.1 Authentifizierung
- 1.2 Integrität (Verifikation von)
- 1.3 Vertraulichkeit (verschlüsselte Übertragung)

2. Unterstützung Safety (»Eigensicher«)

Die Technologie gewährleistet die Zertifizierbarkeit, d.h. in der Regel durchgängige Nachvollziehbarkeit bei der Software-Entwicklung, gegenüber Standards der funktionalen Sicherheit. Relevant für alle Anwendungen, bei denen für Menschen potentiell gefährliche Steuerungsanweisungen an Maschinen beinhaltet sind.

- 2.1 Zertifizierbarkeit
- 2.2 Safety-Level (Umsetzbarkeit Safety-Level, z.B. SIL3)

3. Zeitverhalten

Die Technologie gewährleistet, dass eine Nachrichtenübertragung in einer zuvor definierten Zeit garantiert werden kann bzw. besitzt Mechanismen zum Umgang mit Nachrichten, die nicht in einer definierten Zeit übertragen werden.

3.1 »weicher Echtzeit-Determinismus« (Überschreitung der Antwortzeit kein Versagen)

3.2 »harter Echtzeit-Determinismus« (Überschreitung der Antwortzeit ist Versagen)

4. Robustheit der Kommunikation

Die Technologie stellt Mechanismen zur Priorisierung bestimmter Nachrichten oder Nachrichtentypen zur Gewährleistung von Übertragungsqualität bei missionskritischen Anwendungen bereit.

4.1 Verbindungsaufbau

4.2 Stabilität der Übertragungsstrecke

4.3 Bandbreitengarantie der Übertragungsstrecke

4.4 Priorisierung

4.5 Transaktionalität

5. Transportlayer-Unabhängigkeit

Die Technologie ist nicht auf die Übertragung nur mit einer Transporttechnologie (z.B. Ethernet und TCP/IP) beschränkt, sondern unterstützt mindestens Web, lokales Ethernet und Feldbusse.

5.1 Feldbus

5.2 Ethernet (lokale IP-basierte Netzwerke)

5.3 Internet

5.4 Erweiterbarkeit des Transportlayers für zukünftige Komm-Standards

6. Kopplungsgrad (Architektur)

Die Technologie diktiert keine bestimmte Architektur, aus der ggf. für manche Anwendungen kritische Kopplungen von mehreren Diensten bzw. Einheiten resultieren könnten, die auch zu Instabilitäten führen können. Beispiel: feste Server-Client-Verbindungen über Unternehmensgrenzen hinweg, wären tendenziell instabil.

6.1 Unicast

6.2 Multicast

6.3 Broadcast

6.4 Client-Server

6.5 Publish / Subscribe

7. Skalierbarkeit

Die Technologie lässt sich möglichst schlank implementieren, um auch auf kleinen Rechnern wie z.B. Microcontrollern sinnvoll verwendet werden zu können. Notwendig zur direkten Integration von einzelner Sensorik und Aktorik.

7.1 Cloud

7.2 Rechenzentrum

7.3 PC

7.4 Big Embedded

7.5 Small Embedded

8. Unterstützung bestimmter Semantik-Standards

Die Technologie stellt eine Systematik bereit, mit der Semantiken bzw. Datenmodelle definiert werden können. Plastischer Formuliert, es existiert ein Glossar zur Beschreibung eines bestimmten Vokabulars, an das sich alle Teilnehmer zu halten haben. Ganz einfach dargestellt: Eine Temperatur wird z.B. immer als »temperature« bezeichnet und nicht als »T« oder »Temp«.

- 8.1 Definition und Validierung
- 8.2 Gültigkeitsbereich (Projektweit, Organisationsweit, Global)
- 8.3 Unterstützung von (Semantik-) Standards
- 8.4 Life-Cycle Management von Definition bis Betrieb

9. Discovery (»Dynamik im Produktionsverbund, z.B. neue Maschine in Werkhalle«)

- 9.1 Zentralverzeichnis [Information aus Repository]
- 9.2 Verteiltes Verzeichnis [Information aus Repository]
- 9.3 Kein Verzeichnis (auto-discovery) [Information basiert auf der Kommunikation des Assets selbst ohne Repository]

10. Deployment

- 10.1 Dynamisch (Automatischer Deployment-Process in sich verändernden Strukturen)
- 10.2 Globale Lokalität (z.B. wird Software lokal oder global ausgeliefert: Habe globales Bereitstellung (Quelle) von der lokal installiert wird, z.B. Apps von einer Plattform)
- 10.3 Kontinuierlich (in der laufenden Produktion)

6 Danksagung

6 Danksagung

Besonderer Dank gilt den Gastgebern der Exkursionen, den aktiven Teilnehmern der Bitkom Projektgruppe Arbeitsmethodik für die Erstellung des Fragebogens und der Projektgruppe Exkursionen für die Begleitung der Befragung sowie insbesondere den Autoren des Ergebnisberichts:

- Matthias E. Dietel, IBM Deutschland GmbH
- Dr.-Ing. Steffen Heyer, Hitachi Europe GmbH
- Hans-Jürgen Löpke, ROI Management Consulting AG
- Dr.-Ing. Nils Macke, ZF Friedrichshafen AG
- Dr. Detlev Richter, TÜV SÜD Product Service GmbH
- Volker Schiek, Landesnetzwerk Mechatronik BW GmbH
- Ralph Trinter, T-Systems International GmbH

Bitkom vertritt mehr als 2.400 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon 1.600 Direktmitglieder. Sie erzielen mit 700.000 Beschäftigten jährlich Inlandsumsätze von 140 Milliarden Euro und stehen für Exporte von weiteren 50 Milliarden Euro. Zu den Mitgliedern zählen 1.000 Mittelständler, mehr als 300 Start-ups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Hardware oder Consumer Electronics her, sind im Bereich der digitalen Medien oder der Netzwirtschaft tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 79 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, weitere 9 Prozent kommen aus Europa, 8 Prozent aus den USA. 4 Prozent stammen aus Asien, davon die meisten aus Japan. Bitkom fördert die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich insbesondere für eine innovative Wirtschaftspolitik, eine Modernisierung des Bildungssystems und eine zukunftsorientierte Netzpolitik ein.

**Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10
10117 Berlin
T 030 27576-0
F 030 27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

bitkom