Hubert Biedermann (Hrsg.)

Industrial Engineering und Management

Beiträge des Techno-Ökonomie-Forums der TU Austria

Mit einem Geleitwort von
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wilfried Eichlseder

Springer Gabler

Herausgeber
Hubert Biedermann
Leoben, Österreich

Techno-ökonomische Forschung und Praxis
ISBN 978-3-658-12096-2 ISBN 978-3-658-12097-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-12097-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Gabler
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort ..... **V**

Vorwort ..... **VII**

Inhaltsverzeichnis ..... **IX**

Employability: Welche Kompetenzen fordern Unternehmen von TU-Absolventen? 1

Ulrich Bauer

Informationssystemdesign für Produktionssysteme der Zukunft 23

Gerald Lichtenegger, Wolfgang Vorraber, Christoph

Wolfsgruber, Siegfried Vössner

Einfluss der Maker Movement auf die Forschung und Entwicklung . 43

Christian Ramsauer, Matthias Friessnig

Agile Produktion - Ein Produktionskonzept für gesteigerten Unternehmenserfolg in volatilen Zeiten 63

Christian Ramsauer, Christian Rabitsch

Technologischer Fortschritt als Treiber von Geschäftsmodellinnovationen 83

Stefan Vorbach

Techno-Ökonomie: Entwurf eines interdisziplinären Bezugsrahmens für Lehre und Forschung im Schnittstellenbereich angewandte Naturwissenschaften und angewandte Sozialwissenschaften 103

Bernd M. Zunk

Lean Smart Maintenance 119

Hubert Biedermann

Change Management bei der Entwicklung von Performance Management Systemen 143

Bernd Kleindienst, Hubert Biedermann

Referenzmodellierung - Eine Möglichkeit zur Strukturgebung innerhalb der Informationslogistik? 165
Susanne Altendorfer-Kaiser

Management von Produkt- und Prozesskomplexität aus logistischer Sicht 177
Helmut Zsifkovits

Forschungsbericht zum Projekt "Die Dynamik von Asset Swap Spreads am europäischen Markt für Unternehmensanleihen" 193
Wolfgang Aussenegg

Experimentelle Analyse und Optimierung IT-gestützter interdisziplinärer Planungsprozesse 203
Michael Filzmoser, Iva Kovacic

Perspektiven zur Gestaltung menschlicher Arbeit im Industrial Engineering 211
Peter Kuhlang, Thomas Finsterbusch, Thomas Weber

Forschungsbericht zum Projekt: „Bewertung von Rücklösungsverpflichtungen in der Münze Österreich AG" 227
Astrid Bös, Walter S.A. Schwaiger

Forschungsbericht zum Projekt: „Kosten und CO_2-Emissionen im Produktionsnetzwerk von Magna Europe" 237
Sebastian Rötzer, Walter S.A. Schwaiger

Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – ein dreistufiges Vorgehensmodell 247
Selim Erol, Andreas Schumacher, Wilfried Sihn

Ansatz zur Bewertung der Abfallentstehung im Wertstrom 267
Alexander Sunk, Thomas Edtmayr, Wilfried Sihn

Autorenverzeichnis 283

Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – ein dreistufiges Vorgehensmodell

Selim Erol, Andreas Schumacher, Wilfried Sihn

Institut für Managementwissenschaften, Betriebstechnik und Systemplanung/ Technische Universität Wien; Fraunhofer Austria Research GmbH

1. Einleitung
2. Herausforderungen auf dem Weg zur Industrie 4.0-Readiness
   2.1. Vision, Mission und Realisierung
   2.2. Isolation vs. Kollaboration
   2.3. Evolution vs. Revolution
3. Vorgehensmodell Industrie 4.0
   3.1. Stufe 1: „Envision“
   3.2. Stufe 2: „Enable”
   3.3. Stufe 3: „Enact“
   3.4. Zusammenfassung
4. Erste Erfahrungen aus der Praxis
5. Schlussfolgerungen und Ausblick
6. Literatur- und Quellenangaben

H. Biedermann (Hrsg.), *Industrial Engineering und Management,* Techno-ökonomische Forschung und Praxis, DOI 10.1007/978-3-658-12097-9_16, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

1 Einleitung

Der europäische Industriesektor steht derzeit vor Herausforderungen, welche vor allem durch die Globalisierung der Märkte, demographische Veränderungen sowie durch steigende Kunden- und Qualitätsansprüche und dem damit verbundene Innovationsdruck entstehen. Des Weiteren erfordert die sinkende Verfügbarkeit von Rohstoffen eine Neuausrichtung und Flexibilisierung der Wertschöpfungskette. Hierzu müssen alle Elemente entlang der Wertschöpfungskette – über den gesamten Lebenszyklus von der Ideenfindung über die Produktion, bis zur Distribution – eng integriert und vernetzt werden (Walters und Rainbird 2007).

Für die Realisierung dieses Vorhabens werden die derzeit rasanten, technologischen Entwicklungen, vor allem im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie genutzt. Die Integration von physikalischen und virtuellen Objekten, die Digitalisierung der Prozesse, sowie angepasste Organisationsstrukturen sollen zu revolutionsartigen Veränderungen in der produzierenden Industrie führen – der sogenannten Industrie 4.0 (siehe Bild 1). "Industrie 4.0" beschreibt dabei „[...] die Integration modernster Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) mit klassischen physischen Produkten und Prozessen, durch die neue Geschäftsmodelle entstehen und neue Märkte erschlossen werden" (Prof. Wilfried Sihn – TU Wien).

Die vierte industrielle Revolution soll dabei durch die Umsetzung folgender Konzepte realisiert werden (Kagermann et al. 2013):

- Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke
- Digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette
- Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme
- Beschleunigung durch modernste Technologien

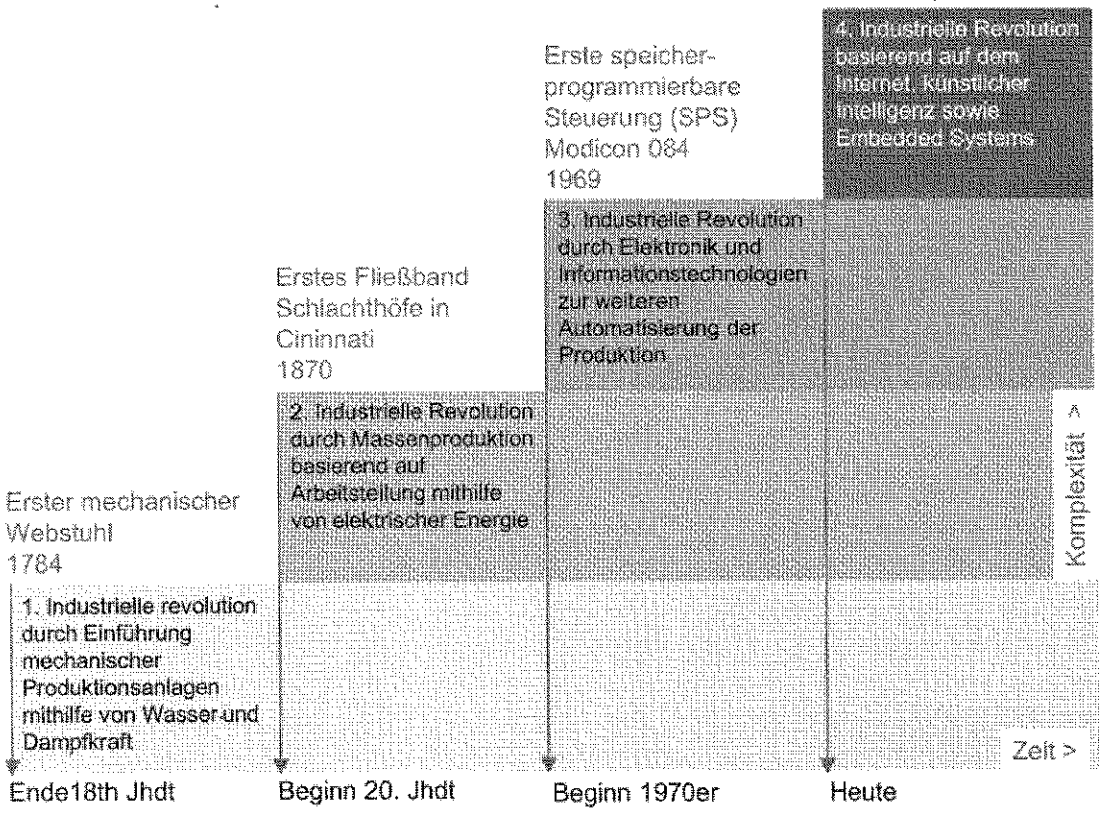

Bild 1: Vier Stufen der industriellen Revolution (DFKI 2011)

Die Implementierung dieser Konzepte stellt vor allem Klein- und Mittelunternehmen vor existentielle Herausforderungen, ausgelöst durch die hohen nötigen Investitionskosten für die Anschaffung geeigneter Technologien. So wird etwa erwartet, dass Deutschlands Unternehmen im Jahr 2015 ca. 650 Millionen Euro in Industrie 4.0-relevante Applikationen investieren (Bitkom 2015). Neben hohen Investitionskosten und nötigen organisationalen Strukturänderungen werden auf operationaler Ebene weitere Herausforderungen und Probleme sichtbar. Erste Projekterfahrungen im Bereich der Industrie 4.0 zeigen, dass Unternehmen Probleme haben, die neuartigen Visionen und Konzepte mit der eigenen strategischen Ausrichtung des Unternehmens zu vereinbaren. Fehlendes Bewusstsein, Unsicherheit in Bezug auf die Resultate, sowie Unwissenheit über mögliche Potentiale von Industrie 4.0 sind mögliche Gründe dafür. Als Konsequenz scheitern Unternehmen oftmals beim Versuch mögliche Handlungsfelder abzuleiten, bzw. konkrete Projekte zu identifizieren.

2 Herausforderungen auf dem Weg zur Industrie 4.0-Readiness

Diverse Studien, u.a. von McKinsey, PricewaterhouseCoopers oder der Boston Consulting Group gingen der Frage nach, wie es um die Fortschritte der ausgerufenen vierten industriellen Revolution steht. Übereinstimmend wird von größeren und kleineren Problemen während der Realisierung berichtet, wobei eine Studie von IBM aus dem Jahr 2015 die hohen erforderlichen Investitionskosten, hohe Themenkomplexität, fehlendes Know-How, sowie fragmentierte und veraltete IT-Systeme als große Problemfelder identifiziert (IBM 2015).

Investitionen in moderne Technologien, vor allem im Maschinenpark und für Informations- und Kommunikationstechnologien sollen zur digitalen Transformation des gesamten Unternehmens beitragen. Derzeit verhindern meist stark fragmentierte IT-Systeme die vertikale und horizontale Integration sowie das durchgängige Engineering über die Wertschöpfungskette. Unternehmen zeigen noch wenig Bereitschaft in moderne Technologien zu investieren erklärbar durch die hohe Unsicherheit in Bezug auf die Resultate der Industrie 4.0. Die hohe Themenkomplexität in Verbindung mit fehlenden Roadmaps und Handlungsempfehlungen verstärkt die bestehende Unsicherheit und verhindert die interne Ressourcenfreigabe.

Im Folgenden sollen drei Spannungsfelder der Industrie 4.0 genauer beleuchtet werden, welche die bestehenden Herausforderungen für die Unternehmen mitunter begründen (Geissbauer et al. 2014, Rüßmann et al. 2015).

2.1 Vision, Mission und Realisierung

Die Vision der Industrie 4.0 beschreibt einen Paradigmenwechsel in der Produktionsindustrie, welcher durch eine Neustrukturierung der sozio-technologischen Interaktion charakterisiert ist. Kleine, dezentrale Produktions-Netzwerke agieren autonom und sind so in der Lage, selbstständig und in Echt-zeit auf Veränderungen zu reagieren. Diese, als "Smart Factories" bezeichneten Fabriken der Zukunft entstehen durch die Verschmelzung der digitalen und physikalischen Welt

und sind per durchgängigem Engineering in das Wertschöpfungsnetzwerk intergiert. Als Resultat entstehen "Smart Products", welche in der Lage sind, als eigenständiger Informationsträger Daten über Ihren Ort und Zustand während des Produktionsprozesses zu liefern. Smarte Produkte sind auf Kundenwunsch individualisierbar und bieten dem Kunden die Vorzüge eines Einzelstückes zu den Kosten eines Massenproduktes. Auf Mitarbeiterebene sieht die Vision der Industrie 4.0 vor, dass Routine-Arbeiten, welche bis dato von Menschenhand ausgeführt wurden, nun von Maschinen übernommen werden. Dies erlaubt es dem Mitarbeiter, sich auf kreative und wertschöpfende Tätigkeiten zu konzentrieren (Kagermann et al. 2013). Der Einzelne wird in die Lage versetzt, einen Teil der Smart Factory zu kontrollieren und zugehörige Ressourcen zu verwalten. Ermöglicht wird dies durch geeignete Software und Mensch-Maschine-Schnittstellen, welche die vorhandene Komplexität der Smart Factory für die Bedienung durch den Menschen reduzieren. Diese visionären Ideen der Industrie 4.0 gründen auf der „Mission" der Deutschen Bundesregierung die Position Deutschlands als Industrie-Nation zu behaupten und auszubauen. Steigender Druck von Entwicklungsländern, sowie die Modernisierung der produzierenden Industrie in Asien und den USA veranlassten die deutsche Regierung zur Formulierung einer "High-Tech-Strategie", welche eine industrielle Revolution in Europa durch Einführung disruptiver Technologien und Produktionsansätze auslösen soll. Unternehmen scheinen jedoch derzeit bei der Transformation der Industrie 4.0-Vision auf die operative Ebene zu scheitern. Die bestehende Unsicherheit bzgl. der Resultate und Vorteile führt zur isolierten Implementierung einzelner Teil-Aspekte der Industrie 4.0 (z.b. Einführung 3D-Druck). Die vorgesehen Erhöhung der Produktivität, und folglich der Stärkung der europäischen Industrie kann jedoch nur durch die gesamtheitliche Implementierung der vorgesehenen Konzepte erreicht werden, da Industrie 4.0 auf die Erhöhung der sogenannten "collaborative productivity" abzielt (Schuch et al. 2014).

2.2 Isolation vs. Kollaboration

In den vier Kern-Konzepten zur Realisierung von Industrie 4.0 wird Technolgie als beschleunigendes Element zur horizontalen und vertikalen Integration entlang der Wertschöpfungskette beschrieben. Unternehmen tendieren jedoch dazu, neue Technologien nur als Mittel zur Erreichung kurzzeitiger Marktvorteilen anzusehen. Viele Definitionen von Industrie 4.0 beschreiben sogenannte Cyber-Physical-Systems (CPS – die Verschmelzung der virtuellen und realen Welt) als die Grundlage der vierten industriellen Revolution. Diese stark technologieorientierte Sichtweise lässt auf nötige Aspekte wie die Anpassung der organisationalen Strukturen und Prozesse, die Neuausrichtung der existierenden Geschäftsmodelle, oder die Schaffung nötiger Mitarbeiterkompetenzen vergessen. Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) etwa beschreibt Industrie 4.0 daher als stehend 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 [...]" (Kagermann et al. 2013). Damit ist Industrie 4.0 vielmehr als grundlegender Paradigmenwechsel zu verstehen, und weniger als technologiebasierte Optimierung der bestehenden Produktion. Die Gründe für die technologiefokusierte Umsetzung der Industrie 4.0-Konzepte können vor allem in der Themenkomplexität gefunden werden. Eine ganzheitliche Umsetzung von Industrie 4.0 erfordert oft eine grundlegende Neuausrichtung des Unternehmens, während die Implementierung von isolierten technologischen Aspekten (z.B. Anschaffung 3D-Drucker) einfacher in das bestehende Unternehmensbild integrierbar ist. Dabei besteht die Gefahr, dass Industrie 4.0 als technologische Aufrüstung des Unternehmens angesehen wird, was eine nachhaltige Realisierung der Industrie 4.0-Vision verhindert.

2.3 Evolution vs. Revolution

Die industriellen Revolutionen der Vergangenheit wurden in der Retrospektive als solche bezeichnet. Basierend auf ihren Auswirkungen auf die Produktivität der Industrie, aber auch auf den Lebensstandard der Bevölkerung. Des Weiteren konnten diese Revolutionen vor allem in den Werkshallen der produzierenden Industrie beobachtet werden, und wirkten sich bottom-up auf die gesamte Geschäftswelt aus (Bauernhansl et al. 2014). Im Gegensatz dazu wird Industrie 4.0 bereits vor der eigentlichen Realisierung als vierte industrielle Revolution propagiert, hauptsächlich von Regierungen und damit verbundenen Initiativen. Auch die Ansatzebene unterscheidet sich zu den bereits stattgefundenen industriellen Revolutionen. Industrie 4.0 findet seine Ansatzpunkte weniger in den direkten Herstellungsprozessen als vielmehr in den gesamtheitlichen Planungs- und Steuerungsprozessen auf allen Ebenen des Unternehmens („organizational brainwork"). Die Ebenen-Zuordnung der entstehenden Veränderungen wird dabei in der Literatur unterschiedlich verstanden und diskutiert, wodurch den Unternehmen keine einheitliche Basis für die Implementierung geboten wird (Wahlster 2009). Die Vision der Industrie 4.0 muss jedoch ganzheitlich verstanden werden, ohne sich auf isolierte Aspekte (z.b. Implementierung nur in der Manufaktur durch neue Maschine) zu fokussieren und diese für die Realisierung verantwortlich zu halten.

Die vergangenen industriellen Revolutionen waren eine explosionsartige Anpassung aufgrund sich ändernder äußerer Umstände. Etwa eine ständige steigende Kundennachfrage, auf welche die Industrie mit der Einführung der mechanischen- bzw. der Massenproduktion reagierte. Die nun ausgerufene, vierte industrielle Revolution basiert im Gegensatz dazu, auf der Initiative von Regierungen zur Stärkung der Industriestandorte in Europa. Unternehmen werden aufgefordert, das Gesamtkonzept der Industrie 4.0, oftmals ohne klaren Marktdruck, umzusetzen, was zu verminderten Motivation auf Unternehmensseite führt (Schuh et al. 2014). Der punktuell bestehende Markt-Druck auf Unternehmen führt folglich zur Umsetzung von Teil-Konzepten der Industrie 4.0 – stark branchen- und zeitabhängig. Eine Realisierung in nacheinander stattfindenden Schritten ist daher ein wahrscheinliches Szenario, und vermittelt eher evolutionären Charakter durch punktu-

elle Weiterentwicklungen, als eine explosionsartige Neuausrichtung der produzierenden Industrie. Unternehmen müssen dieses Spannungsfeld zwischen der visionär skizzierten Produktion der Zukunft und den realistisch umsetzbaren Ideen eigenständig überwinden, was zu Unsicherheit und infolge Untätigkeit führt.

Die hier beschriebenen Problemfelder leiten sich aus Industrie 4.0-Projekten in der Praxis, sowie zahlreichen Orientierungsworkshops ab, welche von Fraunhofer Austria bzw. dem Institut für Managementwissenschaften der TU Wien durchgeführt werden. Um den Herausforderungen, vor allem der Reduktion der Unsicherheit während der Ableitung von möglichen Handlungsfeldern entgegenzuwirken, wird eine 3-stufiges Vorgehensmodell vorgeschlagen, welches Unternehmen auf Ihrem Weg zur Industrie 4.0-Readiness begleiten und unterstützen soll.

3 Vorgehensmodell Industrie 4.0

Um die im vorigen Kapitel dargestellten Herausforderungen zu adressieren wurde ein dreistufiges Vorgehensmodell zur strategischen Ausrichtung eines Unternehmens im Hinblick auf Industrie 4.0 entwickelt. Das Vorgehensmodell stellt dabei ein grobes methodisches Rahmenwerk dar, dass Unternehmen bei der Entwicklung einer spezifischen Industrie 4.0 Vision und Strategie unterstützen soll. Die vorgeschlagene dreistufige Vorgehensweise ermöglicht dabei die konsequente Weiterentwicklung einer unternehmensspezifischen Industrie 4.0 Vision in einen strategischen Fahrplan der konkrete Unternehmensziele und Handlungsfelder enthält.

Das Vorgehensmodell baut auf dem Konzept der Co-Innovation (Lee et al. 2013, Romero und Molina 2009) und der Roadmapping Methodik (Bray und Garcia 1997, Leet al. 2015) auf. Der Co-Innovation Ansatz basiert dabei auf dem Grundgedanken, dass Wettbewerbsfähigkeit nicht mehr allein durch Exzellenz in Kosten, Qualität und Lieferzeiten erhalten werden kann. Viel kann ein nachhaltiger Vorsprung nur mehr durch die systematische und laufende Zusammenarbeit mit und Einbeziehung externen Interessensgruppen bei strategischer Ausrichtung, Produktentwicklung und Prozessgestaltung erreicht werden (Romero und Molina

2011). Eine ganz besondere Rolle kommt dabei dem Kunden zu. Mehrwert für den Kunden ist heute nicht mehr nur über die Dimension Produkt und die damit zusammenhängenden Variablen Qualität, Preis, Lieferzeit und Variantenvielfalt gestaltbar sondern auch über die Prozessdimension, die Art der Zusammenarbeit und die Möglichkeit der Mitwirkung in der Produkt- und Prozessgestaltung (Lee et al. 2012) erzeugbar. Co-Innovation geht davon aus, dass – anders als beim Open-Innovation Ansatz – die Zusammenarbeit in Innovationsnetzwerken strategisch und planmäßig stattfinden soll (Bossink 2002).

Während Co-Innovation als Denkansatz verstanden werden kann ist Roadmapping eine Methode der systematischen Planung von strategischen Innovationsprozessen. Die „Roadmap" dient dabei als „Fahrplan" für das „Fahrzeug" Unternehmen durch die Zukunft (Möhrle und Isenmann 2005). Diese Zukunft wird dabei aus mehreren Blickwinkeln analysiert und auf mehreren Ebenen geplant. Die Visualisierung als Fahrplan dient einerseits der systematischen Erfassung von technischen, organisatorischen, marktbezogenen Entwicklungen andererseits dem Zweck einer einfachen Kommunikation und Konsensbildung zwischen den verschiedenen im Innovationsprozess beteiligten Interessensgruppen und idealerweise im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk ((Bray und Garcia 1997).

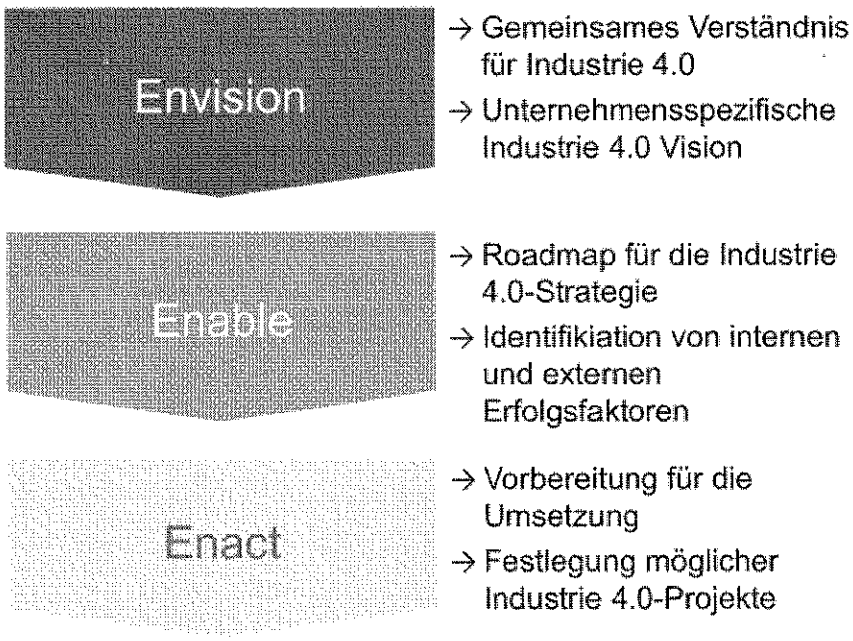

Bild 2: Dreistufiges Vorgehensmodell zur Transformation in ein Industrie 4.0 Unternehmen

Im Folgenden beschreiben wir die einzelnen Stufen des Vorgehensmodells (siehe auch Bild 2).

3.1 Stufe 1: „Envision“

Auf dieser Stufe wird die Vision der Industrie 4.0 im Großen vermittelt. Auf Basis der damit zusammenhängenden strategischen und technologischen Konzepte wird ein unternehmensspezifisches Verständnis von Industrie 4.0 entwickelt. Daraus wird, unter Berücksichtigung der bereits existierenden Unternehmensvision und den Markterfordernissen, eine unternehmensspezifische Vision generiert. Das Ziel dabei ist, die oft sehr generischen Konzepte mit branchen- und unternehmensspezifischen Randbedingungen abzugleichen und eine realistische und mutige Zukunftsvision zu entwickeln.

Der Prozess der Entwicklung einer unternehmensspezifischen Industrie 4.0 Vision erfordert die Einbindung der kompletten Unternehmensführung. Des Weiteren müssen wichtige Geschäftspartner und Kunden in den Prozess der integriert werden. Eine breite Zustimmung zu den Ergebnissen des Findungs-Prozesses wird vor allem durch aktive Beteiligung des mittleren Managements erreicht. Externe Experten sollen in dieser Phase branchenspezifische und branchenfremde „Best-Practices“ aufzeigen, um Impulse in neue Denkrichtungen zu geben und vorhandene Denkmuster aufzubrechen.

Auf dieser Stufe unterscheiden wir zwei Phasen. Die Input-Phase zielt darauf ab, die grundlegenden Konzepte der Industrie 4.0 (z.B. vertikale- und horizontale Integration, durchgängiges Engineering etc.) einem breiteren Interessenten- und Mitarbeiterkreis verständlich zu machen. Das Hauptziel ist dabei, ein gemeinsames Verständnis von Industrie 4.0 zu entwickeln, wenngleich dies zunächst auf einer rein theoretischen Ebene passiert. Die Vermittlung dieser theoretischen Sicht auf Industrie 4.0 wird dabei von externen, und möglichst unabhängigen Experten durchgeführt, die eine möglichst neutrale Meinungsbildung zum Thema Industrie 4.0 ermöglichen sollen. Empfehlungen und Erfolgsbeispiele werden in weiterer Folge von Praktikern aus verwandten und fremden Branchen präsentiert, um die Relevanz und die Wichtigkeit für die Branche des Unternehmens zu unterstreichen und den Blick auf ähnliche Entwicklungen in anderen Branchen zu lenken. Die

Eingangs-Phase der ersten Stufe endet mit der Präsentation der aktuellen Unternehmensvision durch Unternehmensführung.

Die Output-Phase der ersten Stufe zielt darauf ab, die dargelegten visionären Konzepte der Industrie 4.0 und die Unternehmensvision zu einer, auf das Unternehmen zugeschnittenen Industrie 4.0 Vision weiterzuentwickeln. Im Gegensatz zu der vorhergehenden Phase erfordert diese Phase einen hohen Grad an Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Interessensgruppen („Stakeholder") des Unternehmens. Ein weiteres Ziel dieser Phase ist daher der Abgleich diverser Interessen und Sichtweisen in Bezug auf Industrie 4.0 und die Einigung auf die Eckpunkte einer zukunftsweisenden Unternehmensvision im Sinne von Industrie 4.0. An dieser Stelle müssen aktuelle Geschäftsmodelle und die technische Infrastruktur hinterfragt, und im Hinblick auf Industrie 4.0-Erfordernisse bewertet werden. Vorhandene Denkmuster müssen hier jedenfalls durchbrochen werden, damit neue zukunftweisende Ideen entstehen können. Die Einbeziehung externer Interessensgruppen, Geschäftspartner und Kunden ist an dieser Stelle essentiell, da hier das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk, auch unter Annahme der Außensicht auf das Unternehmen, analysiert wird.

Das Ergebnis Ausgangs-Phase ist eine unternehmensspezifische Industrie 4.0 Vision, dargestellt als in die Zukunft projizierter Sollzustand. Dieser Sollzustand soll sich auf die, von der allgemeinen Industrie 4.0 Vision proklamierten Herausforderungen beziehen. Dieses Zukunftsbild des Unternehmens muss in klaren, eindeutigen und damit leicht zu kommunizierenden Aussagen dargestellt werden. Dabei muss gewährleistet sein, dass die Strategien und Maßnahmen für die Umsetzung noch nicht vorweggenommen werden. Die Vision ist also nicht als sorgfältig programmiertes Geschäftsmodell zu verstehen, sondern steht vielmehr für eine mutige Sicht auf die Zukunft des Unternehmens, die die Stärken des Unternehmens mit den Umweltbedingungen (Markt-, Technologie, Gesellschaftsentwicklungen) abgleicht; z.B. ein Fahrzeughersteller, der sich langfristig als Anbieter von Mobilität sieht. Das Produkt „Fahrzeug" wird also in eine Versorgungsleistung für „Mobilität" umgewandelt. Eine Vision in diesem Sinne kann auch Aussagen über Eigenschaften eines zukünftigen Produktes enthalten, z.B. „selbstfahrende Fahr-

zeuge", einen zukünftigen Prozess, z.B. „vollständig automatisierte Produktionsplanung und -steuerung", oder ein zukünftiges Kundensegment, z.B. „alternde Fahrzeuglenker".

Industrie 4.0 als Leitvision steht hier für die starke Bedeutung der Technologie für die Entwicklung einer unternehmensspezifischen Zukunftsvision

3.2 Stufe 2: „Enable"

Auf dieser Stufe wird die langfristig angelegte Vision im Hinblick auf Industrie 4.0 in ein zukünftiges Geschäftsmodell heruntergebrochen und geeignete Strategien für dessen Umsetzung definiert.

Der Grundgedanke ist hier, ausgehend vom aktuellen Zustand des Unternehmens einen Weg in Richtung der oben skizzierten Industrie 4.0 Vision zu finden. Zu diesem Zweck wird auf der Technik des Strategischen Roadmapping aufgebaut. Roadmapping ermöglicht es Strategien, Einflussfaktoren und Randbedingungen auf einem gemeinsamen Zeitstrahl einzuordnen und Abhängigkeiten untereinander aufzuzeigen. Damit erhält man einen ganzheitlichen Fahrplan in Richtung Zielvision. Für den Zweck des Industrie 4.0 Roadmapping werden vier Ebenen verwendet, die verschiedene strategische Sichtweisen repräsentieren:

- die Marktperspektive: Kundensegmente und die Struktur des Kundenbedarfs
- die Produktperspektive: Nutzen und Mehrwert für den Kunden
- die Prozessperspektive: Ressourcen und Technologie
- die Netzwerkperspektive: Partner zur Erfüllung des Kundennutzen

Diese Ebenen stellen die strategische Dimension des Fahrplans („Roadmap") dar, während die horizontale Achse die zeitliche Dimension darstellt (siehe Bild 3). Jedes Kästchen im Fahrplan stellt einen Zustand oder ein Ziel am Weg zur ultimativen Industrie 4.0 Vision dar. Durchgehende Pfeile beziehen sich auf Erfordernisse, die sich aus der weiter oben gelegenen Ebene (übergeordnete Perspektive) ergeben. Umgekehrt zeigen gestrichelte Pfeile mögliche, positive Beeinflussungen von einer Ebene auf die darüber liegende auf. Die Granularität der Zeitdimension hängt im Wesentlichen von dem aktuellen Status des Unternehmens in Bezug auf seine spezifische Industrie 4.0 Vision ab. Der gewählte Zeitrahmen für den Fahrplan bestimmt jedenfalls, ob ein Unternehmen einen revolutionären oder

einen evolutionären Ansatz bevorzugt (wir sprechen lieber von radikaler versus inkrementeller Ansatz).

Die Erstellung des gesamten Fahrplans wird von oben beginnend nach unten durchgeführt. Beginnend bei der Marktperspektive, wo die Entwicklung des Kundenbedarfs analysiert und dargestellt wird, z.B. dass in Zukunft weniger Kunden ein eigenes Fahrzeug besitzen, als vielmehr ein Fahrservice in Anspruch nehmen wollen. Hier müssen gesellschaftliche Entwicklungen miteinbezogen werden, z.B. die zunehmende Überalterung der Bevölkerung, die zunehmende Digitalisierung, die abnehmende Haushaltsgröße.

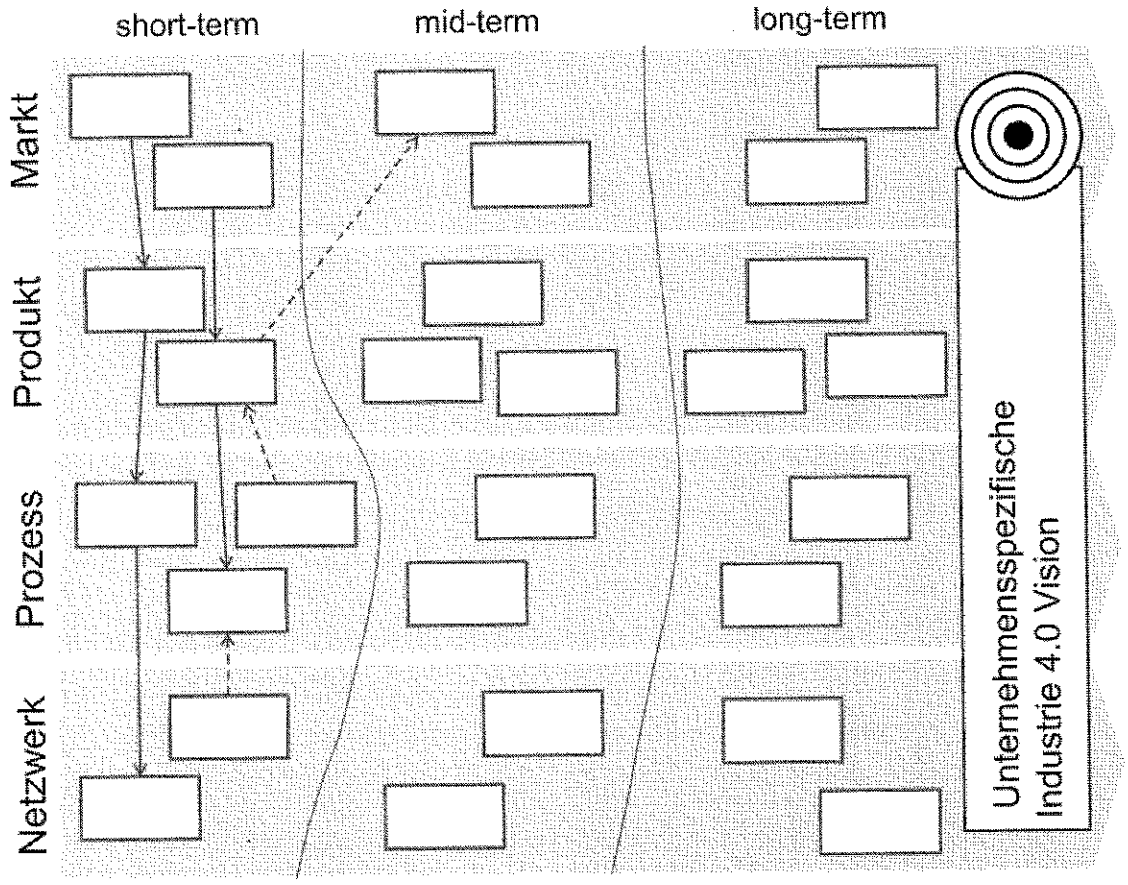

Bild 3: Beispiel einer Industrie 4.0 Roadmap

Ausgehend von diesen grundsätzlichen Marktentwicklungen und Kundenbedürfnissen werden zukünftige Produkteigenschaften, Produkte und Produktfamilien abgeleitet. Hier wird also nicht nur die Frage nach dem Mehrwert beantwortet, sondern auch die konkrete Beschaffenheit eines Produktes, z.B. ein Fahrzeug, dass

eine zentrale Rechnereinheit hat, die selbsttätig Entscheidungen eines Benutzers überstimmt, wenn Gefahr im Verzug ist.

Die Produkteigenschaften führen folglich zu den benötigten Prozessen, also der benötigten Fertigungs- und Informationsorganisation, sowie den benötigten Fertigungs- und Informationstechnologien. Die technologische Perspektive dient der Identifizierung von befähigenden und potentiell disruptiven Technologien, z.B. additive Fertigungsverfahren oder eingebettete Systeme. Aus dieser Betrachtung heraus lässt sich für das Unternehmen auch zukünftiger Investitionsbedarf abschätzen, z.B. Investitionen in Softwarepatente, die das Geotracking von Fahrzeugen ermöglichen.

Die Netzwerkperspektive dient dazu, die Struktur und Eigenschaften eines zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerks zu skizzieren. Hier geht es insbesondere darum, die eigene Rolle in diesem Netzwerk zu definieren, auszulagernde Prozesse zu identifizieren und die Schnittstellen mit anderen Partnern zu gestalten, um letztlich im Sinne des Marktes Kundennutzen liefern zu können, z.B. ein Fahrzeughersteller, der einen starken Partner im Bereich der Entwicklung eingebetteter Systeme benötigt.

Die vier Perspektiven erfordern jeweils die Einbindung relevanter Mitarbeiter- und Interessensgruppen. Um eine ganzheitliche Marktperspektive zu erlangen ist es beispielsweise vorteilhaft auch die Marketing und Vertriebsabteilung sowie Kundengruppen miteinzubeziehen, während die Produktperspektive auch die Produktentwicklung berücksichtigen muss.

Das Ergebnis der Stufe „Enable" ist ein zeitlich geordneter und multi-perspektivischer strategischer Fahrplan zur Verwirklichung der, in der vorgelagerten Stufe ausgearbeiteten Industrie 4.0 Vision. Dieser Fahrplan bildet somit den Handlungsrahmen für konkrete Projekte, die in der nächsten Stufe „Enact" konkretisiert werden.

3.3 Stufe 3: „Enact"

Diese Stufe hat das Ziel aus dem, durch die Strategien definierten, Handlungsrahmen konkrete Projekte abzuleiten. Dabei müssen grobe Ziele, Arbeitspakete, Ressourcen und Meilensteine festgelegt werden. Die Projekte müssen in weiterer

Folge im Hinblick auf verfügbare Ressourcen, mögliche Risiken und ihren potentiellen Beitrag zur Erreichung des Gesamtziels – also der zuvor entwickelten Industrie 4.0 Vision – bewertet und priorisiert werden.

In der Bewertung der Projekte müssen laufende und bereits geplante Projekte Berücksichtigung finden, z.B. ein Fahrzeughersteller, der bereits die Entwicklung eines Elektroantriebs projektiert hat. Diese Projekte müssen in Bezug auf deren Beitrag zur Gesamtzielsetzung (Industrie 4.0 Vision) hinterfragt und mit dem strategischen Fahrplan abgeglichen werden. Die einzelnen Projekte werden durch die verantwortlichen Abteilungen präsentiert. Diese können dabei Ideen einbringen, inwieweit diese Projekte mit der Industrie 4.0 Vision in Beziehung stehen, wie diese in den strategischen Fahrplan integriert werden können und welche zusätzlichen Ressourcen dafür benötigt werden. Diese partizipatorische Vorgehensweise fördert eine Auseinandersetzung mit den langfristigen Zielen und das nachhaltige Verständnis der Industrie 4.0 Vision. Auch in dieser Stufe ist ein hoher Grad an Zusammenarbeit und die Einbeziehung diverser Interessensgruppen gefordert, wenngleich die Einbeziehung externer Interessensgruppen hier nur soweit notwendig ist als gemeinsame Projekte realisiert werden sollen. Projekte können sowohl Änderungen auf organisatorischer als auch auf technologischer Ebene zum Ziel haben.

Das Ergebnis aus dieser Stufe ist ein sorgfältig abgestimmtes Programm von Projekten, das die wichtigsten Handlungsfelder in Bezug auf die zuvor entwickelte Industrie 4.0 Vision aufzeigt. Die einzelnen Projekte sind dabei konkrete Maßnahmen zur Realisierung der verschiedenen im strategischen Fahrplan verankerten Ziele. Der damit erweiterte strategische Fahrplan ist gegenüber betroffenen Mitarbeitern und anderen Interessengruppen vermittelbar und stellt den Referenzpunkt für weitere Industrie 4.0 Aktivitäten dar.

3.4 Zusammenfassung

Die drei Stufen des Vorgehensmodells führen zu einer unternehmensspezifischen Industrie 4.0 Roadmap. Dabei wird einem Unternehmen ermöglicht, seine Industrie 4.0 Vision und Strategie auf breiter Basis zu entwickeln und gegenüber internen und externen Interessengruppen klar zu kommunizieren.

Der Co-Innovation Ansatz, zusammen mit einer systematischen Darstellung der Ziele, Strategien und konkreten Projekte in Form eines strategischen Fahrplans („Roadmapping"), gewährleistet ein gemeinsames Verständnis von Industrie 4.0. Damit können die Auswirkungen auf die Strukturen und Prozesse des Unternehmens besser abgeschätzt und die erforderlichen Aktivitäten zielgerichteter geplant werden. Die strategische Roadmap ist dabei das zentrale Artefakt, das drei Hauptzwecken dient:

- als Kommunikationsmittel, um die gemeinschaftliche Entwicklung von Vision, Strategie und Projekten zu unterstützen
- als Werkzeug, um die Transformation von Geschäftsmodellen konsequent analysieren, planen und bewerten zu können
- als Werkzeug, um die Verwaltung und Verfolgung aller Aktivitäten in Bezug auf die entwickelte Industrie 4.0 Vision zu ermöglichen

4 Erste Erfahrungen aus der Praxis

Unser Drei-Stufen-Modell ist das Ergebnis einer Reihe von Workshops, die im Laufe einer Industrie 4.0 Initiative in Zusammenarbeit mit der österreichischen Bundesregierung und mehreren führenden Industrieunternehmen und Verbänden, durchgeführt wurde. Seitdem verwenden wir dieses Vorgehensmodell als methodisches Rahmenwerk, um Unternehmen bei der Entwicklung einer eigenen Industrie 4.0 Vision und Strategie zu unterstützen.

Unsere ersten Erfahrungen zeigen, dass die Entwicklung einer Industrie 4.0 Vision für viele Unternehmen nach wie vor eine herausfordernde Aufgabe ist. Obwohl Führungskräfte sich grundsätzlich der Notwendigkeit neuer Produkt- und Prozessinnovationen bewusst sind, haben Unternehmen teilweise Probleme bei Anpassung der aktuellen Unternehmensvision und -strategie. Industrie 4.0 also vielmehr als ein visionärer Zielzustand zu verstehen ist und nicht als Lösung oder Handlungsanleitung um diesen Zustand zu erreichen.

Unsere Co-Innovation-Ansatz (→ "Envision") hat gezeigt, dass die Einbeziehung einer Vielzahl von unterschiedlichen Interessengruppen innerhalb und außerhalb des Unternehmens für die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses

von Industrie 4.0 notwendig ist und damit die Basis für eine mutige Positionierung des Unternehmens in der digitalen Zukunft darstellt.

Das beschriebene Phänomen, dass Unternehmen dazu neigen, Industrie 4.0 als Technologieaufrüstung zu verstehen, und dabei die Innovation der Geschäftsmodelle vernachlässigen, konnte mit unserem strategischen Roadmapping Ansatz (→ "Enable") adressieren. Der multi-perspektivische Ansatz ermutigte während des Industrie 4.0 Strategieentwicklungsprozesses verschiedene Positionen einzunehmen und damit konsequent eine Diskussion über die zukünftige Ausrichtung von Geschäftsmodellen auszulösen.

Die Identifizierung und Planung konkreter Projekte (→ "Enact") und deren Einordnung in den strategischen Fahrplan ist jener Zeitpunkt, wo sich auch Mitarbeiter aus der mittleren Führungsebene einbringen konnten, und damit an der Ausrichtung des Unternehmens im Sinne der Industrie 4.0 Vision mitwirkten. Durch Bezugnahme auf aktuelle, erfolgreiche Projekte wirkte diese Stufe den teilweise vorherrschenden Vorbehalten und Ängsten vor Veränderung entgegen. Im Rückblick sehen wir die letzte Stufe als die Wichtigste, da hier die gesamte Industrie 4.0 Vision und Strategie auf ihre Machbarkeit validiert wird. Eine wesentliche Herausforderung besteht hier für das Management, da das „Killer-Kriterium" Machbarkeit nicht nur kurzsichtig bewertet werden soll, sondern der Zeithorizont erweitert und damit langfristige Vorteile geschaffen werden müssen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Beitrag wird ein dreistufiges Vorgehensmodell beschrieben, welches Industrieunternehmen auf Ihrem Weg zur Realisierung der Industrie 4.0 Vision unterstützen soll. Die wissenschaftliche Validität des Modells wird dabei durch die Anknüpfung an die Konzepte der "Co-Innovation" bzw. des "Strategic Roadmapping" sichergestellt.

Das Industrie 4.0-Vorgehensmodell geht dabei über eine reine Technologie-Roadmap hinaus, da durch die Integration der Unternehmensvision mit den Konzepten der Industrie 4.0 ein ganzheitlicher Ansatz zur Transformation, hin zur In-

dustrie 4.0-Readniness geschaffen wird. Durch Entwicklung einer unternehmensspezifischen Industrie 4.0-Vision wird die Vereinbarkeit der nachfolgenden Ableitungen von geeigneten Geschäftsmodellen, Umsetzungsstrategien und letztendlich konkreten Projekten garantiert. Das Vorgehensmodell stellt eine Weiterentwicklungen zu vorangegangenen Forschungsansätzen von Fraunhofer in diesem Bereich durch die stark methodengeleitete Vorgehensweise beim Durchlaufen des Vorgehensmodells dar. Das Vorgehensmodell ist dabei als ein methodisches Rahmenwerk zu verstehen, dass speziell in der Ausgestaltung der konkreten Instrumente zur gemeinschaftlichen Ideenbildung und Strategiefindung auf individuelle Erfordernisse in Unternehmen angepasst werden kann.

Obwohl das Modell auf umfassender Praxiserfahrung aufbaut, durch Workshops und Expertengespräche gestützt ist, und bereits in ersten Projekten angewandt wurde, sollen weitere Validierungen durch Fallstudien in Industrieunternehmen folgen. Damit soll das Modell verfeinert, die Einsetzbarkeit erweitert und die Methodenunterstützung weiter erhöht werden. Grundsätzlich zeigen Industrieunternehmen großes Interesse an dieser methodischen Vorgangsweise auf Ihrem Weg in die Industrie 4.0 und rechtfertigen damit die zukünftige Weiterentwicklung des Modells

Literatur- und Quellenangaben

Bauernhansl, T., Ten Hompel, M. Vogel-Heuser, B. Eds. (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.

Bitkom (2015): Investition in Industrie 4.0 in Deutschland bis 2020 I Prognose," Statista. [Online]. Available: http://de.statista.com/statistik/daten/studie/372846/umfrage/investition-in-industrie-40-in-deutschland/. [Accessed: 14-Aug-2015].

Bossink, B.A (2002): The development of co–innovation strategies: stages and interaction patterns in interfirm innovation, RD Manag., vol. 32, no. 4, pp. 311–320, 2002.

Bray, O. H.,Garcia, M.L (1997): Technology Roadmapping: The Integration of Strategic and Technology Planning for Competitiveness, Sandia National Labs., Albuquerque, NM (United States), SAND--97-0913C; CONF-970748--1, Apr. 1997.

Geissbauer, R., Schrauf, S., Koch, V., Kuge, S. (2014): Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, PWC - Pricewaterhouse-Coopers, 2014.

IBM (2015): Was kann Industrie 4.0? Und können Sie das auch? Potenzial für die deutsche Industrie, IBM Corporation, 2015.

Kagermann, H., Wahlster, W. , Helbig, J. (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.," aca-tech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, DFKI und Deutsche Post, 2013.

Lee, C., Song, B., Park, Y. (2015): An instrument for scenario-based technology roadmapping: How to assess the impacts of future changes on organizational plans, Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 90, pp. 285–301, 2015.

Lee, S. M., Olson, D. L., Trimi, S. (2012): Co-innovation: convergenomics, collaboration, and co-creation for organizational values, Manag. Decis., vol. 50, no. 5, pp. 817–831, May 2012.

Möhrle, M. G, Isenmann, D.R. (2005): Grundlagen des Technologie-Roadmapping, in Technologie-Roadmapping, Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 1–11.

Phaal, R., Farrukh, C. J., Probert, D.R (2004): Technology roadmapping a planning framework for evolution and revolution, Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 71, no. 1, pp. 5–26, 2004.

Romero, D., Molina, A. (2009): Value Co-creation and Co-innovation: Linking Networked Organisations and Customer Communities, in Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks, vol. 307, L. M. Camarinha-Matos, I. Paraskakis, and H. Afsarmanesh, Eds. Berlin, Heidel-berg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 401–412.

Romero, D., Molina, A. (2011): Collaborative networked organisations and customer communities: value co-creation and co-innovation in the networking era, Prod. Plan. Control, vol. 22, no. 5–6, pp. 447–472, Jul. 2011.

Rüßmann, M. Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. (2015): Industry 4.0 - The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston Consulting Group, 2015.

Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., Prote, J.-P. (2014): Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0, Procedia CIRP, vol. 19, pp. 51–56, 2014.

Wahlster, W. (2013): Industry 4.0 -The Role of Semantic Product Memories in Cyber-Physical Production Systems. In: SemProM: Foundations of Semantic Product Memories for the Internet of Things, 2013.

Walters, D., Rainbird, M. (2007): Strategic operations management: a value chain approach. Hampshire [England], New York: Palgrave Macmillan, 2007.