

Foto: © IWI FH JOANNEUM Kapfenberg

Martin Tschandl, Ernst Peßl, Siegfried Baumann

## Roadmap Industrie 4.0 - Strukturierte Umsetzung von Smart Production and Services in Unternehmen

Industrie 4.0 ist ein Marketing- bzw. Kommunikationslabel, das seit 2011 in (Wirtschafts-)Politik und Wissenschaft die seit Jahrzehnten fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung in Produktionsunternehmen beschreibt und weiter vorantreibt. Zusammengefasst soll es Unternehmen unterstützen, die Produktivität zu erhöhen (Effizienz), stärker auf individuelle Kundenwünsche einzugehen (Flexibilität), neue Geschäftsfelder zu erschließen und für (potenzielle) Mitarbeiter attraktiver zu werden. Auf ihrem Weg zu „Smart Production and Services“ müssen Unternehmen in einem spezifischen Strategieprozess eine Industrie-4.0-Standortbestimmung vornehmen. Die dann zu definierenden Ziele und Strategien werden für jedes Unternehmen unterschiedlich sein. Mit einem Framework zur Entwicklung einer individuellen Roadmap zur Einführung von Industrie 4.0 können Unternehmen relevante Handlungsfelder – Einkauf, Produktion, Intralogistik, Vertrieb und Mensch – hinsichtlich deren Industrie-4.0-Reife untersuchen und daraus Ziele und Maßnahmen ableiten.

### 1. Einführung

Verfolgt man den aktuellen Hype rund um Industrie 4.0, entsteht der Eindruck, die industrielle Fertigung der Zukunft bewege sich in Richtung Science-Fiction: Big Data, Cloud-Lösungen, Mobile Computing und das Internet der Dinge legen neben Technologiesprüngen in der Sensorik den Grundstein zur sogenannten vierten industriellen (R)Evolution. Die Fabrik der Zukunft ist quasi eine Kommunikationsfabrik: Cyber-Physical Systems (CPS), Radio Frequency Identification (RFID), Embedded Systems (ES), Sensoren, Aktoren, mobile Endgeräte und Produktionsanlagen sind miteinander – über das Internet der Dinge (IoT) – verbunden und tauschen Daten inner- und außerhalb der Werkshallen aus. Autonome

Objekte (Werkstücke, Lager- und Fördersysteme, Roboter sowie Maschinen und Betriebsmittel), mobile Kommunikation und Echtzeitsensorik erlauben neue Paradigmen der dezentralen Fertigungssteuerung (Bauernhansl 2014, Roth 2016, Spath et al. 2013).

Die Wucht der potenziellen technologischen und organisatorischen Veränderungen hat bisher einen Teil der Unternehmen davon abgehalten, eine explizite Industrie-4.0-Strategie zu generieren oder systematisch in Industrie-4.0-Fähigkeiten zu investieren (AK4.0 2016). Folgende Gründe sind anzuführen, warum die Potenziale von „Smart Production and Services“ – speziell bei der Digitalisierung der vertikalen (unternehmenseigenen) Wertschöpfung und den horizontalen Wertschöpfungsketten zwischen Unternehmen – teil-

weise brach liegen (Tschandl & Malla-schütz 2016):

- hohe Investitionskosten aufgrund mangelnder Industrie-4.0-Tauglichkeit der bestehenden Produktionsinfrastruktur,
- fehlende Transparenz bzw. Quantifizierbarkeit des Nutzens von Industrie 4.0,
- Bedenken zur organisatorischen Veränderungsfähigkeit in den Unternehmen und zur (IT-)Sicherheit bei der Implementierung.

Eine systematische Einführung bzw. Realisierung von Industrie 4.0 stellt daher für viele Unternehmen eine große Herausforderung dar. Vermehrt tritt die Frage nach einem Reifegrad- bzw. Vorgehensmodell zur strukturierten Umsetzung von Industrie 4.0 auf.



## 2. Vorgehensmodelle

Reifegradmodelle dienen zur Standort- und Zielbestimmung und bestehen aus mehreren Kriterien, die zu Dimensionen (z.B. Produkte, Abteilungen) zusammengefasst werden. Jedes Kriterium wird durch mehrere Ausprägungsstufen (Reifegrade oder Reifestufen) beschrieben. Bekannte Reifegradmodelle aus anderen Fachdisziplinen sind das European Foundation for Quality Management (EFQM)-Modell, Process and Enterprise Maturity Model (PEEM, Hammer 2007) oder das Capability Maturity (CMMI)-Modell.

Vorgehensmodelle hingegen unterstützen Unternehmen bei der Umsetzung konkreter Vorhaben, indem sie die Vorgehensschritte zum Erreichen eines Zieles modellhaft abbilden. Die Gesamtaufgabe wird in einzelne kleine Prozessschritte – einfaches Beispiel: Ist-Analyse, Soll-Profil-Ermittlung und Ableitung von Maßnahmen – unterteilt und beschrieben. Dadurch wird die Komplexität des Vorhabens reduziert sowie die Planung und das Controlling des Projektes gefördert. Zusätzlich bilden Vorgehensmodelle auch den Rahmen für den Einsatz von Methoden und Werkzeugen in den einzelnen Phasen des Implementierungsprozesses (Leimeister 2012). Reifegradmodelle können isoliert verwendet oder in ein Vorgehensmodell zur Umsetzung von Industrie 4.0 eingebettet werden.

Für den Einsatz von Reifegradmodellen in der betrieblichen Praxis ist die methodische Gestaltung von großer Bedeutung. Im konkreten Projekt wird eine fünfstufige Skala zur Reifegradermittlung von Industrie 4.0 im Unternehmen verwendet, wobei „Stufe 1“ als Basis und „Stufe 5“ als maximale Ausprägung definiert ist. Jede dieser Reifegradstufen enthält Kriterien, die erfüllt sein müssen, damit die Stufe als erreicht gilt. Unternehmen können durch Selbstbewertung/Assessments ihren Reifegrad ermitteln, indem für jedes Kriterium die vorhandene Ausprägungsstufe dargestellt wird. Je stärker die einzelnen Kriterien ausgeprägt sind, desto höher ist der Reifegrad im Unternehmen (Allweyer & Knuppert 2009). Abbildung 1 zeigt einen Auszug von Reifegrad- und Vorgehensmodellen zur Selbstbewertung und Umsetzung von Industrie 4.0 in Unternehmen.

Autor	Reifegrad- und Vorgehensmodelle
Merz (2016)	Das <b>Vorgehensmodell zur Entwicklung einer Industrie 4.0-Einführungsstrategie</b> ist in drei wesentliche Schritte unterteilt: <i>1.0-Ist-Analyse, 1.0-Zielbestimmung und 1.0-Maßnahmenumsetzung</i> . Dabei wird im ersten Schritt ermittelt, wie viel Erfahrung das Unternehmen mit 14.0-Technologien hat und wie die Unternehmensstrategie auf 14.0-Themenstellungen ausgerichtet ist. Im zweiten Schritt werden die Ziele hinsichtlich Technologie-Nutzung und Strategie definiert. Basierend auf den Zielen und Maßnahmen werden Projekte zur Umsetzung im dritten Schritt geplant und abgewickelt.
AK4.0 (2016)	Die <b>Roadmap Industrie 4.0</b> ist ein vierstufiger Prozess ( <i>Bestandsaufnahme, Potenziale identifizieren, Potenziale auswählen und bewerten sowie Roadmap erstellen</i> ). Dabei werden die Bereiche Leistungserstellung (smarte Produktion) und Leistungsangebot (smarte Produkte und Dienstleistungen) betrachtet. Zur Identifikation von 14.0-Technologien wird ein 14.0-Schichtenmodell verwendet. Reifegradmodelle unterstützen bei der Identifikation der notwendigen Voraussetzungen in den Bereichen Mensch, Technik und Organisation.
Impuls-Stiftung des VDMA (2015)	Das <b>Readiness-Modell</b> dient zur Selbstbewertung von Unternehmen. Im Kern werden die sechs Dimensionen <i>Strategie und Organisation, Smart Factory, Smart Operations, Smart Products, Data-driven Services und Mitarbeiter</i> behandelt. Diese Dimensionen werden weiter in einzelne Themenbereiche heruntergebrochen und anhand von Indikatoren bewertet (Stufen 0-5) – je höher die Bewertung, desto fortgeschrittener ist das Unternehmen.

ABBILDUNG 1: REIFEGRAD- UND VORGEHENSMODELLE

Die dargestellten Ansätze unterscheiden sich hinsichtlich Umfang (Reifegrad- oder Vorgehensmodell), Vorgehen (Phasen) und auch Schwerpunkten (Technologie, Strategie und Prozesse). Ein allgemeingültiges Konzept ist für die Umsetzung von Industrie 4.0 im Unternehmen nicht anwendbar. Daher bedarf es eines individuellen Transformationsprozesses zu Industrie 4.0, um die spezifischen Industrie-4.0-Potenziale ermitteln, bewerten und nutzen zu können (Seiter et al. 2016).

### 3. Roadmap Industrie 4.0

Das Institut Industrial Management der FH JOANNEUM entwickelte im Zuge eines angewandten Forschungsprojektes gemeinsam mit einem international renommierten Industrieunternehmen eine Roadmap zur Einführung von Industrie 4.0 (Abb. 2). Die drei Phasen Roadmap-Analyse, Ziele und Umsetzung sind in sechs Teilschritte (Steps) unterteilt, die sequenziell zu durchlaufen sind. Dadurch wird eine Systematik beim Identifizieren der aktuellen Industrie-4.0-Reife im Unternehmen und der vorhandenen Kompetenzen sowie bei der Definition von Soll-Zuständen gewährleistet.

Den Kern der Roadmap bilden fünf Reifegradmodelle. Sie decken die Handlungsfelder Einkauf, Produktion, Intralogistik, Vertrieb und Mensch ab und sind aus dem Ansatz der Wertstromanalyse abgeleitet (Erlach 2010). In diesen Handlungsfeldern wird der Fokus auf die interne vertikale IT- und die unternehmensübergreifende horizontale IT-Integration gelegt. Das ergänzende Reifegradmodell Mensch ist

handlungsfeldübergreifend und deckt die notwendigen Kompetenzen und organisatorischen Anforderungen ab. Dieses wird separat dargestellt, um die Position und Relevanz des Menschen als zentralen Bestandteil bei Industrie 4.0 zu unterstreichen (Spath et al. 2013).

Die Roadmap stellt einen Bottom-Up-Ansatz dar, indem die Fachbereiche sowohl den Ist-Zustand analysieren als auch selbständig den Soll-Zustand – natürlich im Rahmen der Unternehmensstrategie – definieren. Die fünf Reifegradmodelle ermöglichen, den Betrachtungsumfang im Unternehmen individuell und flexibel zu gestalten. Somit können im Transformationsprozess sowohl einzelne ausgewählte Bereiche berücksichtigt als auch alle fünf Handlungsfelder gleichzeitig bearbeitet werden. Im Anschluss an die Festlegung der Soll-Zustände werden die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung abgeleitet. Diese gilt es in weiterer Folge zu bewerten, um Schwerpunkte zu setzen und Maßnahmen zu filtern. In der letzten Phase werden die bewerteten Maßnahmen ausgewählt und in eine Balanced Scorecard aufgenommen. Schließlich wird die individuelle Roadmap für das Unternehmen definiert – das heißt, die zeitliche Reihenfolge der geplanten Maßnahmen in Form von konkreten Projekten festgelegt.

In Step 1 gilt es, ein Bewusstsein für Industrie 4.0 im Unternehmen und bei den direkt beteiligten Mitarbeitern zu schaffen. Ein Startworkshop soll hierfür einen Impuls erzeugen, indem die wesentlichen Inhalte, Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 vorgestellt werden. Der Workshop enthält



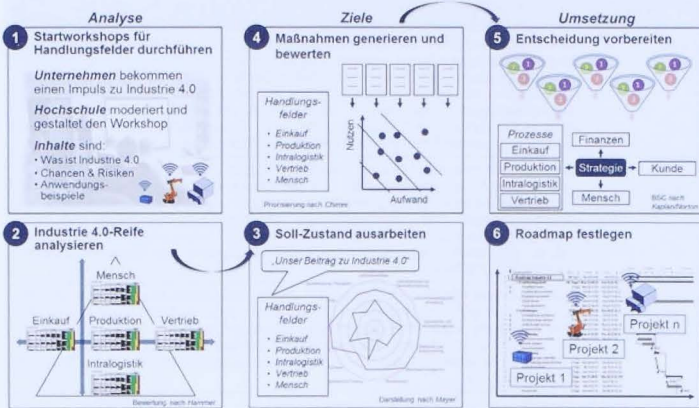


ABBILDUNG 2: ROADMAP INDUSTRIE 4.0

auch eine stetig wachsende Sammlung an Industrie 4.0-Use Cases, um einerseits die praktische Umsetzung von I4.0-Technologien zu zeigen und dadurch das Thema greifbarer zu machen und andererseits, um den erzielbaren Nutzen durch die Anwendung von (neuen) Technologien (beispielsweise intelligente smarte Produkte) für Unternehmen aufzuzeigen. Zudem ist es wichtig, im Startworkshop den Umfang des geplanten Vorhabens – die Anzahl der Handlungsfelder (Step 2) – zu definieren und zu kommunizieren, damit die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter frühzeitig in den Change-Prozess eingebunden sind und der Transformationsprozess zu Industrie 4.0 nachhaltig abgesichert ist. Durch diesen Impuls werden im Zuge eines erweiterten Industrie-4.0-Strategieworkshops auch die Chancen und Risiken (externe Sicht) von I4.0 für das Unternehmen sowie deren Stärken und Schwächen (interne Sicht) erarbeitet (Rusch et al. 2016).

In Step 2 geht es darum, den Status und die vorhandenen Kompetenzen im Unternehmen in Hinblick auf Industrie 4.0 zu erheben. In jedem der fünf entwickelten Reifegradmodelle für die Handlungsfelder Einkauf, Produktion, Intralogistik, Vertrieb und Mensch gibt es spezifische Fragen zu strategischen Überlegungen und operativen Prozessen im Unternehmen. Für jede Fragestellung sind wiederum fünf Reifestufen formuliert, die aufeinander aufbauen. Stufe 1 beschreibt einen Zustand mit wenig bis keiner IT-Nutzung und sehr anlassbezogen gesteuerten Prozessen. Ab Stufe 3 wird ein Enterprise Resource Planning (ERP)-System,

soweit möglich, verwendet. Zusätzlich laufen die Prozesse strukturiert und geplant ab, und es muss nicht mehr kurzfristig auf Ereignisse reagiert werden. In Stufe 4 werden die vorhandenen Möglichkeiten aktueller, spezifischer IT-Systeme wie Supplier Relationship Management (SRM) für den Einkauf, Manufacturing Execution System (MES) für die Produktion, Customer Relationship Management (CRM) für den Vertrieb und Warehouse Management System (WMS) für die Intralogistik genutzt. Stufe 5 stellt die maximale Ausprägung dar – einen teilweise noch visionären Ansatz auf Grund möglicher Technologien von Industrie 4.0.

Auf Grund der Tatsache, dass Industrie 4.0 ein langfristiger Entwicklungsprozess ist und zukünftige technologische Entwicklungen noch nicht vorhergesagt werden können, beschreiben die Reifegradmodelle einen aktuellen Zustand dieser Entwicklung. Daher wird es notwendig sein, „Stufe 5“ zukünftig weiterzuentwickeln und die vorhandenen Reifestufen jeweils um eine Stufe zurück zu reihen – das heißt, die aktuelle Stufe 5 wird zukünftig die Stufe 4 beschreiben (VDMA Forum 2015). Es ist in der Entwicklung und Formulierung der Reifestufen für die jeweiligen Handlungsfelder von Relevanz, den Reifestatus hinreichend realistisch zu evaluieren, um Unternehmen „abzuholen“ und einen für sie möglichen Entwicklungspfad in Richtung Industrie 4.0 aufzuzeigen. In der Unternehmenspraxis kommt es vor, dass bestimmte Anforderungen je Reifestufe nur teilweise erfüllt werden, bzw. Reifestufen nicht vollständig im gesamten Unternehmen umgesetzt

sind, weshalb die Bewertungslogik von Hammer (2007) Anwendung findet. Demnach gilt eine Reifestufe bei über 80 % Umsetzungsgrad der Ansätze als vollständig, zwischen 20 % und 80 % als teilweise und bei weniger als 20 % der Kriterien als nicht erfüllt.

In Step 3 ist der Soll-Zustand je Handlungsfeld zu definieren. Im Rahmen der Unternehmens- und Industrie-4.0-Strategie erörtern interdisziplinäre Expertengruppen in Workshops, welche zukünftigen Soll-Zustände erreicht werden müssen, damit deren Fachbereiche einen Beitrag zur Erfüllung der geplanten Industrie-4.0-Strategie leisten. Das Reifegradmodell des jeweiligen Handlungsfeldes dient hier auch der Bestimmung der Soll-Zustände, indem für jede Zieldimension eine Reifestufe als Ziel definiert wird. Dabei ist die maximale Ausprägung (Reifestufe 5) als genereller Soll-Zustand zu vermeiden. Vielmehr können aufgrund unternehmensspezifischer Schwerpunkte und Strukturen auch niedrigere Reifestufen die Anforderungen des betrachteten Handlungsfeldes erfüllen.

Auf Basis der definierten Soll-Profil je Handlungsfeld ist es in Step 4 notwendig, konkrete Maßnahmen abzuleiten, zu dokumentieren und zu bewerten, um das Delta zwischen Ist und Soll zu eruiieren. Mögliche Maßnahmen können dabei teilweise direkt aus den Formulierungen der Reifestufen abgeleitet werden oder sind bei Bedarf zu ermitteln. Die Maßnahmen werden hinsichtlich Aufwand (0...gering - 6...hoch) und Nutzen (0...gering - 6...hoch) bewertet und mit den geschätzten Kosten dargestellt. Durch diese Darstellungsform lassen sich erste „Quick Wins“ identifizieren.

In Step 5 werden die zuvor definierten Ziele (Soll-Profil) und Maßnahmen hinsichtlich Relevanz und Beitrag zur Unternehmensstrategie selektiert. In weiterer Folge wird vorgeschlagen, die ausgewählten Ziele und Maßnahmen in eine Balance Scorecard (BSC) aufzunehmen, ergänzt um Kennzahlen und konkrete Zielvorgaben zur Überprüfung der Umsetzung und Zielerreichung.

In Step 6 des Vorgehensmodells wird die konkrete Umsetzung mit Industrie-4.0-Projekten geplant und mit Budgets verbunden bzw. verbindlich gemacht. Es empfiehlt sich, mit Pilotprojekten zu starten und die gewonnenen Er-



fahrungen aus den verschiedenen Teilprojekten jeweils in die nächsten Planungs- und Umsetzungsintervalle im Rahmen der Gesamtmigration einfließen zu lassen. Dadurch können auftretende Probleme beim Rollout in einem Unternehmensbereich frühzeitig erkannt und behoben werden. Ergänzt um Kosten-Nutzen-Betrachtungen für abgeschlossene Pilot- oder Teilprojekte sind diese Erfahrungen wichtig für die Umsetzungsplanung zukünftiger Projekte (Bildstein & Seidelmann 2014).

#### 4. Fazit

Die Verfolgung einzelner Industrie-4.0-Vorhaben in einem Unternehmen führt nicht zwangsläufig zu einem hohen Industrie-4.0-Status. Denn bei der konkreten Umsetzung und Operationalisierung definierter Industrie-4.0-/Digitalisierungsprojekte scheitern Unternehmen oft an der Herausforderung, aus den breit formulierten Themenstellungen den richtigen Mix aus messbaren, handhabbaren Projekten zu definieren.

Das entwickelte Konzept einer Industrie-4.0-Roadmap erlaubt Unternehmen, über fünf wesentliche Handlungsfelder (Einkauf, Produktion, Intralogistik, Vertrieb und Mensch) und deren Industrie-4.0- Reife, Digitalisierungsziele und budgetwirksame Maßnahmen zu deren Erreichung abzuleiten. Dabei wird der Fokus auf die interne vertikale IT- und die unternehmensübergreifende horizontale IT-Integration gelegt, da hier in vielen Unternehmen wesentliche Potenziale der Digitalisierung liegen: Effizienz, Flexibilität und neue Geschäftsmodelle.

#### Referenzen:

- AK4.0 (2016): Der Arbeitskreis „Industrie 4.0 – Betriebswirtschaftliche Fragestellungen im Fokus“ umfasst Institute der Universität Ulm, 20 Industriepartner, IHK Ulm und den Internationalen Controlling Verein (ICV): <http://www.ipri-institute.com/ak4.0/>.
- Allweyer, T. & Knuppertz, T. (2009): EDEN – Reifegradmodell für Prozessmanagement: Prozessorientierung in Unternehmen, White Paper.
- Bauernhansl, T. (2014): Die Vierte industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T. & ten Hompel, M. & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Auto-

matisierung und Logistik, Wiesbaden, S. 5-35.

Bildstein, A. & Seidelmann, J. (2014): Industrie-4.0-Readiness: Migration zur Industrie-4.0-Fertigung. In: Bauernhansl, T. & ten Hompel, M. & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden, S. 580-597.

Erlach, K. (2010): Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik, Berlin.

Hammer, M. (2007): The Process Audit. In: Harvard Business Review, April 2007, S. 111-123.

Leimeister, J. M. (2012): Dienstleistungsengineering und -management, Berlin/Heidelberg.

Merz, S. L. (2016): Industrie 4.0 – Vorgehensmodell für die Einführung. In: Roth, Armin: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, Berlin/Heidelberg, S. 83-110.

Roth, A. (2016): Industrie 4.0 – Hype oder Revolution? In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, Berlin/Heidelberg, S. 3-10.

Rusch, M., Treusch, O., David, U. & Seiter, M. (2016): Industrie 4.0 – Controllingaufgaben. In: Controlling Magazin, 3, S. 70-79.

Seiter, M., Bayrle, C., Berlin, S., David, U., Rusch, M. & Treusch, O. (2016): Roadmap Industrie 4.0 – Ihr Weg zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0, Hamburg.

Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, St., Hämmerle, M., Krause, T. & Schlund, S. (Hrsg.) (2013): Studie Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Fraunhofer, Stuttgart.

Tschandl, M. & Mallaschitz, C. (2016): Industrie 4.0: Controlling als Treiber einer strategischen Neuausrichtung. In: Der Controlling-Berater, 43, S. 85-106.

VDMA Forum Industrie 4.0 (2015): Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand, Frankfurt am Main.



**FH-Prof. Dr.**

**Martin Tschandl**

**Leiter des Wirtschaftsingenieur-Instituts Industrial Management, FH JOANNEUM, Kapfenberg**



**Dipl.-Ing. (FH)**

**Ernst Peßl**

**Lehrender am Wirtschaftsingenieur-Institut Industrial Management, FH JOANNEUM, Kapfenberg**



**Dipl.-Ing.**

**Siegfried Baumann**

**Head of Global Procurement and Supply Chain Services bei Flex**

*Autoren:*

**FH-Prof. Dr. Martin Tschandl** ist Leiter des Wirtschaftsingenieur-Instituts Industrial Management an der FH JOANNEUM in Kapfenberg. Seine Forschungs- und Lehrschwerpunkte: Controlling, strategische Unternehmensentwicklung und Industrie 4.0.

**Dipl.-Ing. (FH) Ernst Peßl** ist Lehrender am Wirtschaftsingenieur-Institut Industrial Management an der FH JOANNEUM in Kapfenberg. Seine Forschungs- und Lehrschwerpunkte: Industrie 4.0, Enterprise Resource Planning, Manufacturing Execution Systems.

**Dipl. Ing. Siegfried Baumann** ist Head of Global Procurement and Supply Chain Services bei Flex mit dem Schwerpunkt Optimierung durch Digitalisierung der weltweiten Supply Chain.