

Bringt messbare Erfolge.



Best Paper Award Wissenschaft 2015

der Zeitschrift für Controlling geht an

Robert Obermaier, Johann Hofmann und Victoria Kirsch

für ihren Artikel

**„Konzeption einer Prozess- und Potenzialanalyse zur
Ex-ante-Beurteilung von Industrie 4.0-Investitionen“**

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Péter Horváth

Prof. Dr. Thomas Reichmann

Prof. Dr. Ulrike Baumöl

Prof. Dr. Andreas Hoffjan

Prof. Dr. Klaus Möller

Prof. Dr. Burkhard Pedell

CONTROLLING

ZEITSCHRIFT FÜR ERFOLGSORIENTIERTE UNTERNEHMENSSTEUERUNG

www.zeitschrift-controlling.de

Herausgegeben von Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Péter Horváth, Prof. Dr. Thomas Reichmann,
Prof. Dr. Ulrike Baumöl, Prof. Dr. Andreas Hoffjan, Prof. Dr. Klaus Möller, Prof. Dr. Burkhard Pedell

CONTROLLING-SPECIAL

Industrie 4.0 und der Controller

Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung

Scheer

Industrie 4.0 – Herausforderungen auch an Rechnungswesen und Controlling im Überblick

Mertens

Komplexität, Flexibilität und Unsicherheit – Konzeptionelle Herausforderungen für das Controlling durch Industrie 4.0

Lingnau/Brenning

Industrie 4.0 und Controlling: Erste Konturen zeichnen sich ab

Schlächtermann/Siebert

Welchen Einfluss hat Industrie 4.0 auf die Controlling- Prozesse?

Seiter/Sejdić/Rusch

Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die produktionsnahe Steuerung der Wertschöpfung

Sauter/Bode/Kittelberger

Konzeption einer Prozess- und Potenzialanalyse zur Ex-ante-Beurteilung von Industrie 4.0-Investitionen

Obermaier/Hofmann/Kirsch

Wirtschaftlichkeitseffekte von Industrie 4.0-Investitionen

Obermaier/Kirsch

Controlling & Industrie 4.0 aus Sicht eines Maschinen- und Anlagenbauers

Paulus/Zeibig

Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland

Bauer/Horváth

CONTROLLING-COMPACT

Management- informationssysteme

Rötzel

8/9

August/September 2015 · 27. Jahrgang
Verlage C.H.BECK · Vahlen · München · Frankfurt a. M.



Prof. Dr. Robert Obermaier ist Ordinarius und Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Accounting und Controlling an der Universität Passau. E-Mail: controlling@uni-passau.de



Dipl.-Ing. (FH) Johann Hofmann ist Leiter ValueFactoring® bei der Maschinenfabrik Reinhausen.



Victoria Kirsch, M.Sc., ist Sales Managerin und Prozessberaterin und verantwortlich für die Projektkoordination bei der Maschinenfabrik Reinhausen im Geschäftsfeld ValueFactoring®.

Konzeption einer Prozess- und Potenzialanalyse zur Ex-ante-Beurteilung von Industrie 4.0-Investitionen

Zur Methodik einer Abschätzung von Wirtschaftlichkeitspotenzialen

Robert Obermaier, Johann Hofmann und Victoria Kirsch

Die Kernfrage des Beitrags lautet: Wie lassen sich methodisch gestützt die Wirtschaftlichkeitspotenziale von Industrie 4.0-Investitionen abschätzen? Die Antwort liegt in Prozess- und Potenzialanalysen. Das Controlling kann (wieder) stärker mit den Prozessen der Leistungserstellung verzahnt werden und damit der Rolle des Business Partners auch im Kontext von Industrie 4.0 angemessen nachkommen.

1. Problemstellung

Kern der Vision „Industrie 4.0“ als einer sich anbahnenden vierten industriellen Revolution stellt nach den Revolutionen Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung nun die Vernetzung von industrieller Infrastruktur (Maschinen, Werkstücke, Produkte und Menschen) v. a. im Bereich der industriellen Produktion dar. Gemeinsames Ziel von Industrie 4.0-Technologien „ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien, z. B. Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch, optimieren lassen“ (Plattform Industrie 4.0, 2014). Der daraus zu erwartende Nutzen wird, obgleich bislang nicht abschätzbar, als enorm erachtet.

Dennoch zeigen die Erfahrungen der Verfasser, dass die Unternehmenspraxis angesichts nicht unerheblicher und teils mit hohen Risiken behafteter Investitionsvolumina an einer dezidierten Analyse der Wirtschaftlichkeitspotenziale von Indus-

trie 4.0-Investitionen in starkem Maße interessiert ist. Insbesondere das Controlling steht vor der Herausforderung, Wirtschaftlichkeitsanalysen zu Investitionen in Industrie 4.0-Technologien vorzulegen, wobei doch erhebliche Schwierigkeiten bestehen, insbesondere die Nutzenpotenziale belastbar abzuschätzen und ggf. zu quantifizieren.

Die Situation ähnelt ein wenig jener zur Zeit des Computer Integrated Manufacturing (CIM). CIM-Projekte sollten neben diversen Automatisierungstechniken v. a. eine IT-Integration von betriebswirtschaftlichen Planungs- und Steuerungsaufgaben mit den primär technisch orientierten Aufgaben der Produktion leisten (Scheer, 1987; Kiener et al., 2012). Schon damals beschäftigte die Frage nach der Kosten-Nutzen-Relation von Investitionen in sog. CIM-Technologien neben den Produktionsexperten vor allem auch Controller in Theorie und Praxis (vgl. Kaplan, 1986; Wildemann, 1986; Horváth/Mayer, 1988; Mertens/Schuhmann, 1989; Züpfel, 1989). Dabei herrschten damals zwei Sichtweisen vor: Den einen ging es um quantitativ aufzuzeigende Kosteneinsparungen ganz im Sinne einer Rationalisierungsinvestition, den anderen ging es um die mit CIM-Investitionen verbundenen strategischen Wettbewerbsvorteile, die anstatt mit einer klassischen Investitionsrechnung eher mittels qualitativer Bewertungsinstrumente evaluiert werden

Stichwörter

- Cyber-Physische Produktionssysteme
- Ex-ante-Beurteilung
- Potenzialanalyse
- Industrie 4.0
- Wirtschaftlichkeitspotenzial

sollten. Freilich war dieser konstruierte Gegensatz auch schon damals irreführend, da eine auf Prozesseffizienz abzielende Rationalisierungsinvestition ebenso strategische Wettbewerbsvorteile mit sich bringen kann.

Und so stehen Controller damals wie heute vor den Schwierigkeiten und Herausforderungen einer Quantifizierung und monetären Bewertung von zunächst womöglich einfacher qualitativ beschreibbaren Nutzendimensionen von Industrie 4.0-Investitionen. Ein Ausweichen auf rein qualitative Bewertungsmethoden erfüllt heute genauso wenig wie damals die Erwartungen des Managements, belastbare Einschätzungen über die Kosten-Nutzen-Relationen derartiger Investitionen zu erhalten; besteht doch unvermindert die Gefahr, qualitative Kriterien – die überdies nicht für die Planung und Kontrolle von Investitionsbudgets geeignet sind – in der Tendenz zu optimistisch zu bewerten. Hinzu kommen weitere gravierende Probleme auf dem Weg zu einem entsprechenden Instrumentarium: die allgemein hohe Komplexität betrieblicher Produktionsprozesse, die komplexe Wirkungslogik von Industrie 4.0-Technologien, die Schwierigkeiten ihrer kausalen Abbildung auf der Ebene finanzieller Größen und schließlich der stets unternehmensspezifische Charakter derartiger Investitionen.

Erst wenn eine adäquate Beurteilung für Industrie 4.0-Technologien möglich ist, werden (insbesondere mittelständische) Unternehmen in einem nennenswerten Ausmaß in derartige Technologien und deren (Weiter-)Entwicklung investieren. Allerdings liegen bislang kaum wissenschaftlich fundierte Berichte über den ex ante zu erwartenden oder ex post realisierten wirtschaftlichen Nutzen beim Einsatz entsprechender digital vernetzter Produktionssysteme vor. Ebenso wenig existieren entsprechende Instrumente und Methoden, mit denen Wirtschaftlichkeitsbeurteilungen im Anwendungsfeld Industrie 4.0 systematisch und möglichst generisch durchgeführt werden können.

Damit ist die Problemstellung des vorliegenden Beitrags umrissen: Wie lassen sich methodisch gestützt die Wirtschaftlichkeitspotenziale von Industrie 4.0-Investitionen abschätzen? Dazu soll in einem ersten Schritt auf eine besondere Klasse von Industrie 4.0-Technologien

abgestellt werden, den sog. Manufacturing Execution Systemen (MES), denen die Rolle einer Basistechnologie mit dem Ziel einer vernetzten Fertigungssteuerung im Kontext von Industrie 4.0 zukommt. Daran anschließend soll aufgezeigt werden, wie mittels Prozess- und Potenzialanalysen strukturiert Wirtschaftlichkeitspotenziale identifiziert und bewertet werden können. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht dürften sowohl Praktiker als auch Wissenschaftler an einer strukturierten Vorgehensweise zur quantitativen und qualitativen Abschätzung möglicher Wirtschaftlichkeitseffekte von Industrie 4.0-Investitionen interessiert sein. Zudem besteht die Chance, das Controlling (wieder) stärker mit den Prozessen der Leistungserstellung zu verzahnen, damit es seiner Rolle als Business Partner angemessen nachkommen kann.

2. Manufacturing Execution Systeme als Industrie 4.0-Basistechnologie

Das relevante Anwendungsfeld von Industrie 4.0-Investitionen ist grundsätzlich das Fertigungssystem eines Unternehmens. Dabei werden als wesentlicher Baustein sog. Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS) angesehen (vgl. *Acatech*, 2012). Das sind Systeme, die

- mittels Sensoren Daten erfassen, mittels eingebetteter Software aufbereiten und mittels Aktoren auf reale Vorgänge einwirken,
- über eine Dateninfrastruktur, wie das Internet, kommunizieren und
- über Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen.

Im Bereich der industriellen Fertigung sind MES der kritische Baustein zur Etablierung CPPS, wenn sie als

- interoperables,
- echtzeitfähiges und
- webfähiges Bindeglied

zwischen dem ERP- oder dem PPS-System und der physischen Fertigung (shop floor) fungieren und so die Vernetzung aller an der Fertigung beteiligten Akteure bewirken. Ein Fertigungssystem besteht in der Regel aus Maschinen, Mitarbeitern (z. B. Maschinenbediener, Werkzeuginstaller, Programmierer) sowie Materialien, weiteren Ressourcen

(z. B. Fertigungshilfsmittel) und Informationen, die zwischen den vorhandenen Maschinen, Mitarbeitern und deren Umgebung ausgetauscht werden. MES sollen Informationen liefern und die Produktionsabläufe vom Anlegen eines Auftrags über die Fertigungssteuerung bis hin zum fertigen Produkt möglichst effizient gestalten. Entsprechende MES können daher als Basistechnologie auf dem Weg zu einer digital vernetzten Fertigung angesehen werden (zu einer detaillierteren Darstellung der Funktionsweise siehe *Obermaier et al.*, 2010; *Kiener et al.*, 2012).

Zum Zwecke der im Rahmen von Industrie 4.0 angestrebten Vernetzung aller Akteure fungiert das MES dabei als zentrale Informationsdrehscheibe in der Fertigung: Die einzelnen Akteure melden ihre Anfragen dem MES, das die geforderten Informationen bei den entsprechenden Akteuren abfragt, diese Informationen gegebenenfalls verknüpft und das Ergebnis der anfragenden Stelle überträgt. Die dabei stattfindende Integration von Subsystemen der Fertigung verändert existierende Arbeitsabläufe und gewohnte Muster der Zusammenarbeit, der Informationsbeschaffung und des Datenaustauschs sowie Kommunikationsstrukturen und stellt daher einen nicht unerheblichen Eingriff in das bestehende Fertigungssystem dar, dessen Auswirkungen im Rahmen einer Prozessanalyse zu modellieren sind.

Die vorliegenden Ausführungen beziehen sich auf MR-CM®, ein spezielles webbasiertes MES, das von der *Maschinenfabrik Reinhausen* entwickelt und implementiert wurde und auf Fertigungsunternehmen mit zerspanender Fertigung konzentriert ist. Dieses webbasierte MES begleitet den Auftragsprozess arbeitsstationsübergreifend und sichert einen durchgehenden Informationsfluss im gesamten Fertigungshilfsmittelkreislauf der Fertigung. Die durch das MES unterstützten Prozesse betreffen vornehmlich die Arbeitsvorbereitung und hier konkret die Rüstprozesse der im Einsatz befindlichen Maschinen. Den verschiedenen Akteuren (Programmierer, Meister, Werkzeuginstaller, Maschinenbediener, Lagerist, Qualitätssicherer, Instandhalter und Administrator) stellt das MES aufgabenbezogene, einfach zu bedienende Oberflächen zum Zweck der Entscheidungsunterstützung zur Verfügung.

Abb. 1 liefert einen Überblick über wesentliche Akteure in der Fertigung. Dieser rollenspezifischen Aufteilung folgt insbesondere auch die im Weiteren darzustellende Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Aktiviert wird das MES, indem durch das Produktionsplanungssystem (PPS) der Auftrag für ein bestimmtes Werkstück gestartet wird. Das MES steuert und überwacht daraufhin den vollständigen Fertigungshilfsmittelkreislauf auf Arbeitsebene: Programme, Werkzeuge, Spannmittel, Vorrichtungen, Mess- und Prüfmittel, und alle dazu notwendigen Daten werden papierlos durch die Fertigung dirigiert.

3. Konzeption einer Prozess- und Potenzialanalyse zur Beurteilung von Industrie 4.0-Investitionen

Überblick

Geschäftsprozesse sind allgemein die in einem Unternehmen zielgerichtet durchzuführenden Aktivitäten in ihrer sachlichen und zeitlichen Abfolge, welche durch die sie auslösenden bzw. durch sie ausgelösten Ereignisse verknüpft sind. Die Modellierung und Verbesserung von Geschäftsprozessen ist in Theorie und Praxis unter dem Stichwort Business Process Reengineering bekannt und bewährt (vgl. Hammer/Champy, 1993). Ebenso ist bekannt, dass Art und Weise der Aufbau-

organisation maßgeblich über die mögliche Art des Ablaufs von Prozessen entscheidet. Dieser Sachverhalt ist im Kontext von Industrie 4.0 in besonderer Weise relevant: Die Struktur des Fertigungssystems beeinflusst maßgeblich die Fertigungsprozesse.

Ausgangspunkt einer Abschätzung von Wirtschaftlichkeitspotenzialen einer MES-Investition sind folglich die Ist-Prozesse in der Fertigung. Dazu ist es nötig, dass zur Modellierung komplexer Fertigungssysteme und der dazugehörigen betrieblichen Abläufe Verfahren der Prozessanalyse und der Prozessmodellierung zum Einsatz kommen. Zum Zweck der Geschäftsprozessmodellierung haben sich in Theorie und Praxis u. a. Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), die Unified Modeling Language (UML) und die Business Process Modeling and Notation (BPMN) bewährt (vgl. u. a. Gadatsch, 2001; Staud, 2001; Lindenberg/Göpfert, 2012). Diese Modellierungsinstrumente sind gegenüber rein schriftlicher Dokumentation weitaus besser analysierbar. In der BPMN-Notation werden die Prozesse zudem nach Prozessbeteiligten (z. B. Akteure, Systeme, Module) in sog. Swim-Lanes strukturiert, was insbesondere die Anschaulichkeit komplexer Prozessstrukturen deutlich erhöht.

An die Ist-Prozessmodellierung schließt sich die Soll-Prozessmodellierung an, die die Wirkungslogik der einzuführenden

Industrie 4.0-Technologie, hier des MES, und entsprechende Prozessänderungen modellieren soll. Damit geht einher, dass auf Prozessebene ein Vorabvergleich von Ist- und Soll-Prozessen und damit eine Identifikation von Wirtschaftlichkeitspotenzialen auf Prozessebene möglich werden.

Die vorgeschlagene rollen- bzw. akteurspezifische Prozess- und Potenzialanalyse zur Identifikation und Bewertung der durch den Einsatz eines MES erzielbaren Wirtschaftlichkeitspotenziale kann konkret in fünf Schritte unterteilt werden (vgl. Abb. 2). Diese sind Gegenstand der folgenden Ausführungen.

Prozessanalyse

Im **ersten Schritt** wird die Ist-Situation des bestehenden Fertigungssystems erfasst. Als Informationsquellen dienen in dieser Phase vor allem prozessbeteiligte Mitarbeiter, auf deren Arbeitsplatz, Systeme und Arbeitsabläufe die Einführung der neuen Technologie Auswirkungen haben kann. Als entsprechende „Akteure“ kommen grundsätzlich in Frage (vgl. auch Abb. 1):

- CAD-/CAM-Programmierung,
- Werkstattorientierte Programmierung (WOP),

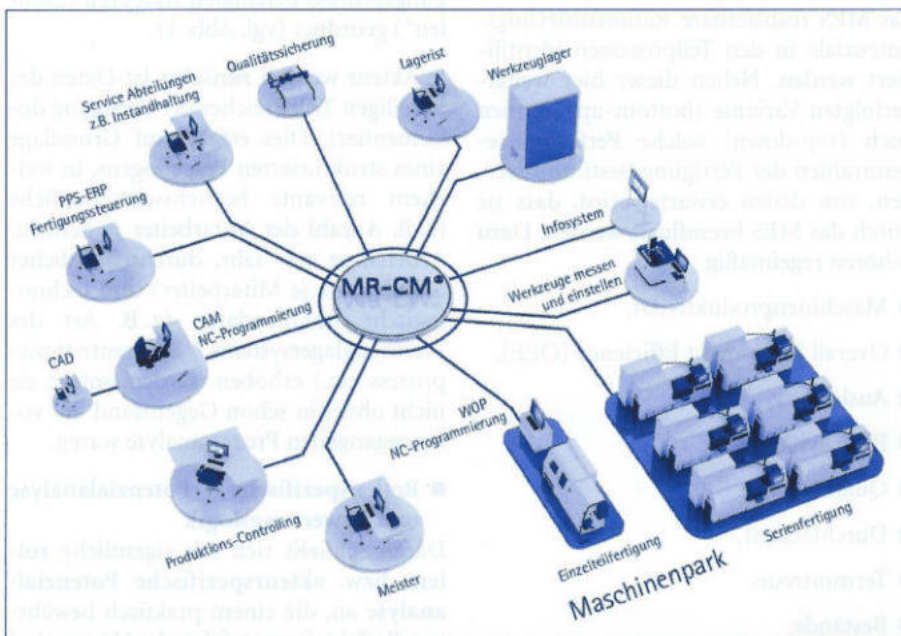


Abb. 1: Integration der Akteure eines Fertigungssystems durch ein MES (Quelle: Maschinenfabrik Reinhausen)

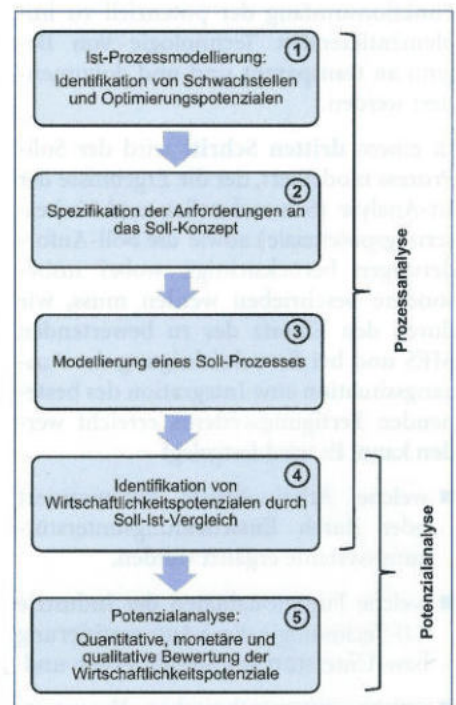


Abb. 2: Modell zur Wirtschaftlichkeitsanalyse für Industrie 4.0-Basistechnologien

- Schichtführer,
- Lagerist,
- Werkzeuglager,
- Werkzeuginstaller,
- Maschinenpark,
- Qualitätssicherung,
- Produktionscontrolling,
- Service-Abteilungen.

Zur Erfassung des Ist-Zustandes können etablierte Methoden der Mitarbeiterbefragung bzw. strukturierte Interviews eingesetzt werden.

Nach der Aufnahme und Analyse der Ist-Situation mit Hilfe des Fragenkatalogs werden in einem **zweiten Schritt** Anforderungen an das Soll-Konzept abgefragt. Durch die Erfassung der Anforderungen werden alle für das betrachtete Fertigungssystem relevanten Faktoren, die im Zuge einer Systemintegration berücksichtigt werden sollen, gesammelt. Beispielsweise können Fertigungsverantwortliche und -mitarbeiter gezielt Verbesserungswünsche einbringen, die u. U. bei der Konzeption des Lösungsvorschlags für die Implementierung der betrachteten MES-Technologie berücksichtigt werden können. Dies stellt sicher, dass der Umfang des Investitionsvorhabens und die Erwartungshaltung an den Funktionsumfang der potenziell zu implementierenden Technologie von Beginn an transparent sind und dokumentiert werden.

In einem **dritten Schritt** wird der Soll-Prozess modelliert, der die Ergebnisse der Ist-Analyse (Schwachstellen und Verbesserungspotenziale) sowie die Soll-Anforderungen berücksichtigt, wobei insbesondere beschrieben werden muss, wie durch den Einsatz des zu bewertenden MES und bei Berücksichtigung der Ausgangssituation eine Integration des bestehenden Fertigungssystems erreicht werden kann. Es wird festgelegt

- welche Arbeitsabläufe automatisiert oder durch Entscheidungsunterstützungssysteme ergänzt werden,
- welche Funktionalitäten der Industrie 4.0-Technologie diese Automatisierung bzw. Unterstützung gewährleisten und
- welche systemtechnischen Voraussetzungen hierfür bereits vorhanden sind (z. B. notwendige Ablagestrukturen

oder ausreichende Datenqualität) oder

- wo an der vorhandenen Hard- und Softwareausstattung z. B. Änderungen oder Aktualisierungen notwendig sind, Daten gepflegt oder Strukturen angepasst werden müssen.

Im Ergebnis wird pro Akteur (vgl. Abb. 1), d. h. Programmierung, Meister/Schichtführer, Lagerist, Werkzeuglager, Werkzeuginstaller, Maschinenpark, Qualitätssicherung, Produktionscontrolling, Instandhaltung, etc., jeweils ein Ist-Prozess (vgl. Abb. 3 oben) und der entsprechende Soll-Prozess (vgl. Abb. 3 unten) erzeugt.

Die Soll-Ist-Vergleiche bilden im **vierten Schritt** die ex ante zu erwartenden Struktur- und Prozessveränderungen bei Einsatz eines MES im Fertigungssystem ab. Daraus lassen sich unmittelbar Schlussfolgerungen über Prozessvereinfachungen oder -automatisierungen ziehen. Zwar liefert bereits die Ist-Prozessmodellierung i. d. R. erste Anhaltspunkte für Maßnahmen zur Prozessverbesserung, erlaubt allerdings erst die Gegenüberstellung mit dem Soll-Prozess eine Identifikation der Wirtschaftlichkeitspotenziale durch das MES. Insbesondere können die modellierten Teilprozesse danach unterschieden werden, inwieweit sie ex post noch von (a) manuellen, (b) geistigen oder schon (c) (teil-)automatisierten bzw. IT-gestützten Aktivitäten geprägt sein werden.

Darauf aufbauend können im Rahmen der Potenzialanalyse unmittelbar durch das MES realisierbare Rationalisierungspotenziale in den Teilprozessen identifiziert werden. Neben dieser hier weiterverfolgten Variante (bottom-up) können auch (top-down) solche Performancekennzahlen der Fertigung bestimmt werden, von denen erwartet wird, dass sie durch das MES beeinflusst werden. Dazu gehören regelmäßig

- Maschinenproduktivität,
- Overall Equipment Efficiency (OEE),
- Auslastung,
- Effektivität,
- Qualitätsrate,
- Durchlaufzeit,
- Termintreue,
- Bestände.

Diese Top-down-Sicht hilft insbesondere, die Gesamtschau über die Wirkungspo-

tenziale des einzuführenden MES zu erhalten und so eine ganzheitliche Steuerung der Fertigungsprozesse zu ermöglichen.

Schließlich kann ein Investitionscontrolling für die laufende Planung und Kontrolle der angestrebten Performancewirkungen im Rahmen der Implementierung und danach zur Wirkungskontrolle etabliert werden. Während in der hier interessierenden Entscheidungsphase eine Prozess- und Potenzialanalyse über die Wirkungspotenziale eines MES Auskunft geben soll, kann im Rahmen eines laufenden Investitionscontrollings (einschließlich Abweichungsanalysen mit entsprechender Rückkopplung) sowohl in der Phase der Implementierung und Realisierung der angestrebten Performancepotenziale als auch einer abschließenden Erfolgskontrolle der angestrebten Wirkungen (ggf. mit weiteren Empfehlungen) weiterer Nutzen gestiftet werden (vgl. Obermaier/Kirsch, 2015).

Potenzialanalyse

■ Rollenlogik

In der Potenzialanalyse (**Schritt fünf**) sollen die erwarteten Wirkungsfaktoren jeweils inhaltlich beschrieben sowie Messgrößen für deren Quantifizierung, monetäre Bewertung und für deren qualitative Bewertung festgelegt werden. Dabei werden die auszuweisenden Wirkungspotenziale nach den am Fertigungsprozess beteiligten Akteuren („Rollen“) geordnet (vgl. Abb. 1).

Je Akteur werden zunächst Ist-Daten des jeweiligen Teilbereiches der Fertigung dokumentiert. Dies erfolgt auf Grundlage eines strukturierten Fragebogens, in welchem relevante betriebswirtschaftliche (z. B. Anzahl der Mitarbeiter je Schicht, Arbeitstage pro Jahr, durchschnittlicher Stundensatz je Mitarbeiter) und technologische Rahmendaten (z. B. Art des Werkzeuglagersystems, Lagerentnahmeprozess etc.) erhoben werden, sofern sie nicht ohnehin schon Gegenstand der vorangegangenen Prozessanalyse waren.

■ Rollenspezifische Potenzialanalyse und Bewertungslogik

Daran schließt sich die eigentliche **rollen- bzw. akteurspezifische Potenzialanalyse** an, die einem praktisch bewährten Berichtsformat folgt. Je Akteur sind in tabellarischer Form alle Wirkungspotenziale zu benennen, welche aus dem

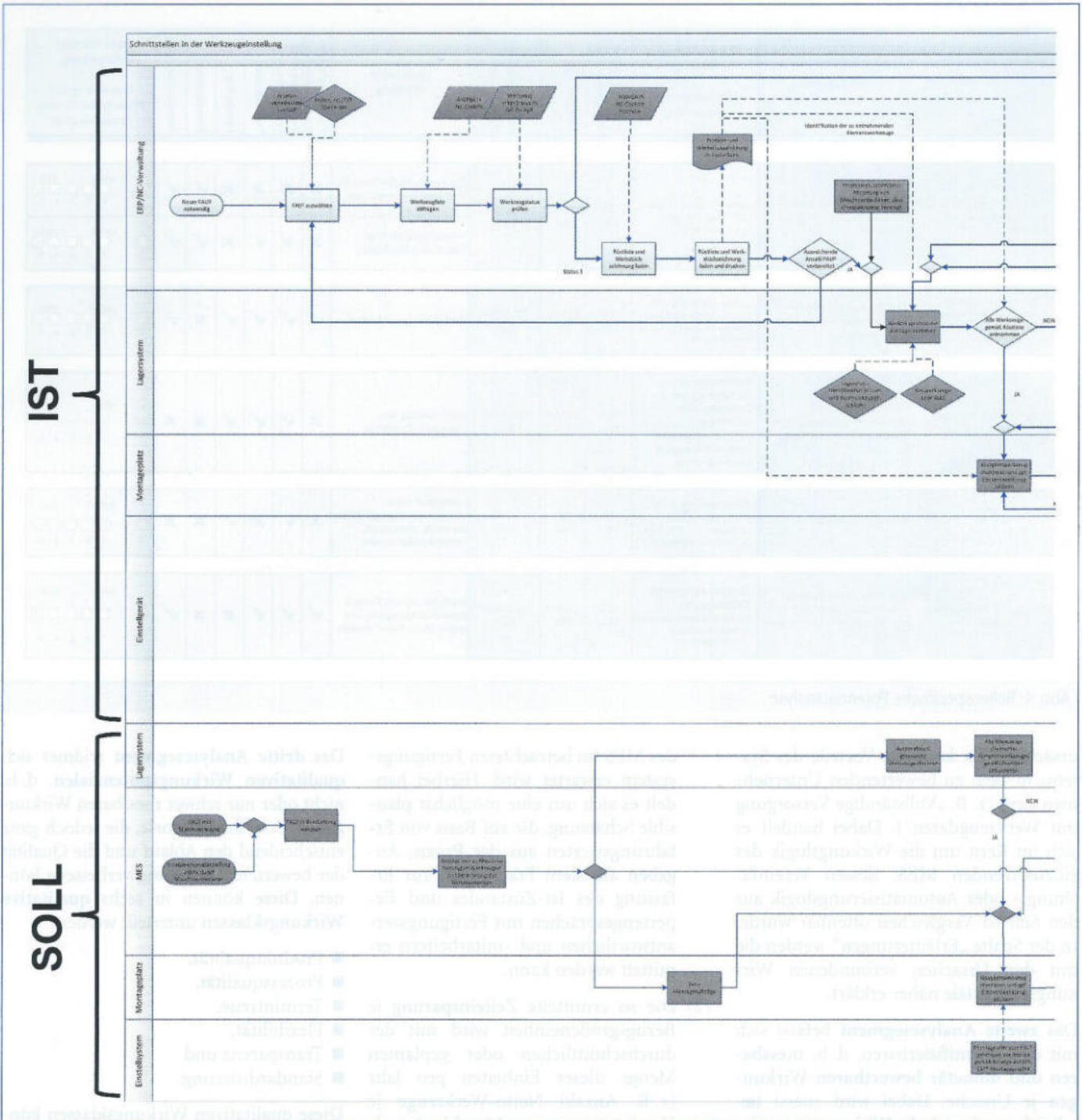


Abb. 3: Auszugsweise Prozessdarstellung eines Akteurs im Ist und im Soll (in BPMN-Notation)*

Einsatz des MES in der jeweiligen Rolle zum Tragen kommen können. Die Wirkungspotenziale sind dabei jeweils in Ursache- und Wirkungszusammenhängen abzubilden, was für nachvollziehbare Argumentationsketten und Transparenz bei der Ableitung

* Die gesamte Prozessdarstellung steht als PDF auf www.beck-shop.de/controllers/productview.aspx?product=1381 zum Download bereit

quantitativer und qualitativer Bewertungen sorgt. Die hierbei anzusetzenden Ursachenklassen entspringen der Funktionalität des jeweiligen MES und sind, unter Rückgriff auf die Soll-Prozessmodellierung und den Soll-Ist-Vergleich, rollen- und kontextspezifisch zu entwickeln.

Die Darstellung jedes Ursache-Wirkungspaars wird dabei in der Potenzial-

analyse (sowie in dem dazugehörigen Berichtsformat) konsequent in drei Analysesegmente aufgeteilt (vgl. Abb. 4):

- „Ursache“ und inhaltliche „Erläuterung“,
- „Quantitative Wirkung“ und
- „Qualitative Wirkung“.

Im **ersten Analysesegment** werden jene Funktionalitäten des MES aufgeführt, die

Ursache	Erläuterung	quantitative Wirkung (Produktivitätssteigerung)	Einsparung pro Vorgang in Min.	Einsparung pro Jahr in Std.	Einsparung pro Jahr in Euro ¹	qualitative Wirkung	Produktqualität (weniger Ausschuss)	Prozessqualität (weniger Fehler)	Termintreue	Flexibilität	Transparenz	Standardisierung	Ihre Nutzen-Bewertung Bewertung der Wichtigkeit für Ihre Prozesse (0-5)
Papierlose Anzeige des ERP-Arbeitsvorrates an der Steuerung	Fertigungsaufträge werden in der benötigten Reihenfolge angezeigt	Zeiteinsparung durch klare Reihenfolge (je Umrüstvorgang)	0,0 Min.	0,0 Std.	0,00 Euro	Die Fertigung des falschen Auftrages wird verhindert	x	x	x	x	✓	✓	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
						Fertigungstafeln bzw. Papier wird überflüssig	x	x	✓	x	✓	✓	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Werkzeugmontage und -einstellung entfällt aus dem Aufgabenbereich des Maschinenbedieners	Der Werkzeug-Einsteller übernimmt als Dienstleister diese Aufgabe	Zeiteinsparung durch Entfall dieser Tätigkeit je Netto-Werkzeug je Umrüstvorgang	1,0 Min.	5.162,7 Std.	71.121,13 Euro	Reduzierung von Fehlern	✓	✓	✓	✓	x	✓	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Berechnung der Netto-Werkzeugmengen durch Direktzugriff auf die NC-Maschine	Es müssen nur die Werkzeuge beladen werden, die nicht im Magazin sind	Zeiteinsparung durch Reduzierung der zu beladenden Werkzeuge (je 10% der aktuellen Netto-Werkzeuge je Umrüstvorgang)	5,0 Min.	2.581,4 Std.	35.560,57 Euro	Verhinderung von Werkzeug-Tourismus	x	✓	✓	✓	x	x	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Werkzeug-Reihenfolge beim Beladen	Von groß nach klein	Zeiteinsparung durch nicht notwendiges Umräumen (je 10 Umrüstvorgänge)	0,0 Min.	0,0 Std.	0,00 Euro	Verhindert, dass zusammenhängende Plätze an kleine Werkzeuge verschwendet werden	x	✓	x	✓	x	x	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
Vollständige Versorgung mit Werkzeugdaten	Alle Daten wie z.B. Gewicht, Übergröße, Grenzdrehzahl, etc. werden berechnet und übertragen	Zeiteinsparung durch Entlastung des Bedieners beim Beladen (je Netto-Werkzeug je Umrüstvorgang)	0,5 Min.	2.581,4 Std.	35.560,57 Euro	Reduzierung von Fehlern beim Beladevorgang wird durch "Poka Yoke" erreicht	✓	✓	✓	x	x	✓	☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Abb. 4: Rollenspezifische Potenzialanalyse

ursächlich für konkrete Vorteile des Systems in dem zu bewertenden Unternehmen sind (z. B. „Vollständige Versorgung mit Werkzeugdaten“). Dabei handelt es sich im Kern um die Wirkungslogik des einzusetzenden MES, dessen Vereinfachungs- oder Automatisierungslogik aus den Soll-Ist-Vergleichen offenbar wurde. In der Spalte „Erläuterungen“ werden die mit den Ursachen verbundenen Wirkungspotenziale näher erklärt.

Das **zweite Analysesegment** befasst sich mit den quantifizierbaren, d. h. **messbaren und monetär bewertbaren Wirkungen** je Ursache. Dabei wird zuerst beschrieben, wie sich die Wirkungspotenziale erklären („produktive Logik“) und mit welcher Bezugsgröße diese gemessen werden können (z. B. „Zeiteinsparung durch Entlastung des Bedieners beim Beladen (je Netto-Werkzeug je Umrüstvorgang)“). Daran schließt sich jeweils der eigentliche Bewertungsvorgang an, der exemplarisch in drei Stufen dargestellt wird:

- (1) Es wird eine Zeiteinsparung pro Bezugsgrößeneinheit (z. B. „je Netto-Werkzeug und Umrüstvorgang“ 0,5 Min) ermittelt, die nach Einführung

des MES im betrachteten Fertigungssystem erwartet wird. Hierbei handelt es sich um eine möglichst plausible Schätzung, die auf Basis von Erfahrungswerten aus der Praxis, Angaben aus dem Fragebogen zur Erfassung des Ist-Zustandes und Expertengesprächen mit Fertigungsverantwortlichen und -mitarbeitern ermittelt werden kann.

- (2) Die so ermittelte Zeiteinsparung je Bezugsgrößeneinheit wird mit der durchschnittlichen oder geplanten Menge dieser Einheiten pro Jahr (z. B. Anzahl Netto-Werkzeuge je Umrüstvorgang pro Maschine) multipliziert. Somit ergeben sich je Ursachenkategorie erwartete Zeiteinsparungen pro Jahr durch den Einsatz des MES (im Beispiel 2.581,4 Std.).
- (3) Durch Multiplikation der „Zeiteinsparung pro Jahr“ mit den vorgegebenen Kostensätzen (z. B. Stundensatz Maschinenbediener, Stundensatz Maschine) ergibt sich ein monetär bewertetes Einsparpotenzial pro Wirkungspotenzial durch den Einsatz des MES (im Beispiel 35.560,57 Euro).

Das **dritte Analysesegment** widmet sich **qualitativen Wirkungspotenzialen**, d. h. nicht oder nur schwer messbaren Wirkungen je Ursachenkategorie, die jedoch ganz entscheidend den Ablauf und die Qualität der bewerteten Fertigung verbessern können. Diese können in sechs **qualitative Wirkungsklassen** unterteilt werden:

- Produktqualität,
- Prozessqualität,
- Termintreue,
- Flexibilität,
- Transparenz und
- Standardisierung.

Diese qualitativen Wirkungsklassen können als ebenso bedeutsam angesehen werden wie die quantitativ messbaren Wirkungspotenziale, da sie nach allgemeiner Erfahrung als wesentliche Erfolgstreiber für die Wettbewerbsfähigkeit und Kostensituation von Fertigungsunternehmen angesehen werden. Sie aufgrund ihrer schwierigen Quantifizierbarkeit nicht zu berücksichtigen, hieße demgegenüber, ihnen per se einen Wirkungswert von Null zuzuweisen, was im Grunde problematischer erscheint, als sich der Erfassungsproblematik zu stellen.

In Interviews mit Fertigungsverantwortlichen und -mitarbeitern wird daher eine Beurteilung der Wichtigkeit einzelner qualitativer Wirkungen eingeholt und diese zu einer Nutzenbewertung pro Wirkungsklasse und Rolle verdichtet. Für den Fall, dass von keiner qualitativen Wirkung ausgegangen wird, wird ein Punktwert von 0 gesetzt. Andernfalls erfolgt die Bewertung anhand einer 5-stufigen Skala (1 steht für „geringe Bedeutung“; 5 steht für „hohe Bedeutung“), die zum Ausdruck bringt, wie wichtig die qualitativen Effekte einzelner Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sind. Aus diesen Einzelurteilen kann pro Ursache-Wirkungspaar ein Punktwert pro Wir-

kungsklasse (gekennzeichnet durch einen Haken) ermittelt werden (vgl. Abb. 4).

■ Aggregation der rollenspezifischen Potenzialanalyse und Diskussion

Je untersuchter Rolle werden die Bewertungen über die einzelnen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge pro Wirkungsklasse (quantitativ, monetär, qualitativ) zusammengefasst. Dadurch wird erkennbar, (a) für welche qualitativen Wirkungspotenziale in den einzelnen Rollen im analysierten Fertigungssystem die bedeutendsten Effekte erwartet werden können. Ebenso werden die quantitativen Teilergebnisse aus den analysierten Ursache-Wirkungs-Beziehungen pro Rolle (b) als Zeitkapazitäten und

(c) als monetär bewertetes Wirtschaftlichkeitspotenzial (Einsparungen pro Jahr in Zeit- und Geldeinheiten) ausgewiesen. Schließlich können die Analysen je Rolle zu einer Gesamtbewertung je Wirkungsklasse (quantitativ, monetär, qualitativ) zusammengefasst werden (vgl. Abb. 5).

Dabei ist zu erläutern, wie insbesondere die quantitativ gemessenen Wirtschaftlichkeitspotenziale interpretiert werden können. Einerseits kann die berechnete Zeiteinsparung grundsätzlich als zusätzlich gewonnene Kapazität (z. B. für zusätzliche Aufträge) genutzt werden. Dann würde der Einsatz der neuen Technologie zu einer Ergebnisverbesserung durch Ka-

Kapitel/Rolle	Qualitativ						Quantitativ	
	Nutzen-Bewertung						Einsparungen pro Jahr in Std.	Einsparungen pro Jahr in Euro
	Produktqualität (weniger Ausschuss)	Prozessqualität (weniger Fehler)	Termintreue	Flexibilität	Transparenz	Standardisierung		
1 CAD/CAM NC-Programmierung	50	70	60	25	55	60	2.866,71 Std.	47.300,71 €
2 Werkstattorientierte NC-Programmierung	22	28	21	15	26	23	4.304,45 Std.	58.869,94 €
3 Schichtführer	0	10	15	15	20	10	1.210,85 Std.	21.795,32 €
4 Lagerist	5	10	10	0	5	10	1.032,55 Std.	13.216,62 €
5 Werkzeuglager	0	0	0	0	4	0	-	232.000,00 €
6 Werkzeuge-Einsteller	5	14	24	19	19	14	2.793,03 Std.	35.664,94 €
7 Maschinenpark	51	81	82	43	62	88	59.604,93 Std.	891.834,55 €
8 Qualitätssicherung	3	8	8	8	13	8	440,00 Std.	6.600,00 €
9 Produktionscontrolling	0	0	0	0	15	15	-	191.304,52 €
10 Service-Abteilung	0	3	5	5	8	3	36,67 Std.	550,00 €
Summe	136	224	225	130	227	231	72.289,19 Std.	1.499.136,59 €

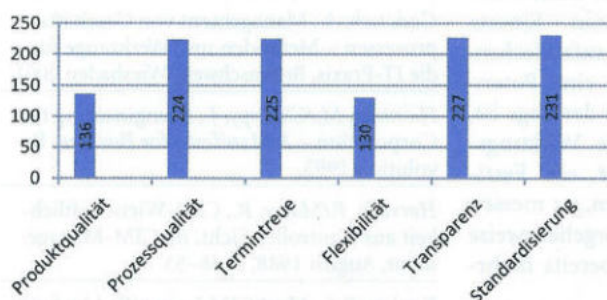


Abb. 5: Zusammenfassung der qualitativen und quantitativen Effekte

pazitätsausweitung beitragen. Andererseits könnte das ermittelte Einsparpotenzial auch einen entsprechenden Kapazitätsabbau nach sich ziehen. Zwischen diesen beiden Polen liegt eine Vielzahl weiterer möglicher Handlungsoptionen. Dabei ist freilich zu beachten, dass bei der Quantifizierung der einzelnen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge unter Umständen nur die Summe einer Vielzahl kleinteiliger Effekte betrachtet wird und das zeitliche und räumliche Auftreten einzelner Potenziale ohne zusätzliche Prozessveränderungen nicht ergebniswirksam genutzt werden kann. Zudem beruhen die ermittelten Einsparpotenziale auf einer Reihe mehr oder weniger subjektiver Annahmen über bestimmte Parameter der Fertigung. Diese könnten jedoch explizit zum Gegenstand einer Szenarioanalyse gemacht werden, wodurch explizit der in den Parametern enthaltenen Unsicherheit Rechnung getragen werden könnte. Denkbar wäre auch die Durchführung entsprechender Simulationsanalysen.

Eine Zusammenfassung der qualitativen Effekte bringt zum Ausdruck, für welche Wirkungsklasse im analysierten Fertigungssystem die stärksten Potenziale erwartet werden. Allerdings ist die Aussagekraft der absoluten Werte eingeschränkt. Eine Verbesserung kann erreicht werden, falls die absoluten Werte im Rahmen eines Benchmarking in Relation z. B. zu anderen Systemen gesetzt werden können.

4. Fazit

Mit dem vorgelegten Instrument einer Prozess- und Potenzialanalyse ist es Controllern möglich, Wirtschaftlichkeitspotenziale von Industrie 4.0-Investitionen qualitativ und quantitativ zu bewerten. Ausgehend von der genauen Analyse der Wirkungslogik eines MES wurde gezeigt, wie eine Prozessanalyse dabei hilft, Wirtschaftlichkeitspotenziale beim Einsatz derartiger Technologien aufzudecken. Daran anschließend wurde eine Potenzialanalyse entwickelt, die in der Lage ist, quantitative und qualitative Wirkungsklassen rollenspezifisch für ein Fertigungssystem zu identifizieren, zu messen und zu bewerten. Diese Vorgehensweise wurde in der Praxis auch bereits mehrfach erfolgreich erprobt.

Aus der Zusammenfassung der monetär bewerteten Wirtschaftlichkeitspotenziale

lassen sich durch Vergleich mit den Investitionskosten entsprechender Technologien statische Kostenvergleichsrechnungen anstellen. Eine Weiterentwicklung zu dynamischen Vergleichsrechnungen ist möglich. Ebenso sind durch Einbezug von Szenario- oder Simulationsanalysen weitere Verfeinerungen denkbar.

Der wesentliche Beitrag des vorgestellten Instrumentariums liegt in der Analyse der „produktiven Logik“ von Industrie 4.0-Investitionen, die sich nur durch eine tiefgehende Auseinandersetzung mit der Komplexität von Fertigungssystemen erschließen lässt. Dies wird für Controller auch die größte Herausforderung darstellen, wobei angesichts der wachsenden Bedeutung des Themas Industrie 4.0 Controllern eine „Wiederentdeckung“ der Produktion in Industriebetrieben zu empfehlen ist.

Keywords

- Cyber-Physical Systems
- economic potential
- ex ante evaluation
- industry 4.0
- potential analysis

Summary

The key question of this article is: How can the economic effects of investments into so called „Industrie 4.0“ technologies be systematically estimated? The answer is given via process analysis and economic potentials analysis. This can be helpful to align the function of management accounting and control better with the function of operations within firms in order to achieve its role as a business partner for the management.

Literatur

Acatech, agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, Hrsg. Geisberger, E./Broy, M., Heidelberg 2012.

Gadatsch, A., Management von Geschäftsprozessen – Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis, Braunschweig/Wiesbaden 2001.

Hammer, M./Champy, J., Reengineering the Corporation – A Manifesto for Business Revolution 1993.

Horváth, P./Mayer, R., CIM-Wirtschaftlichkeit aus Controller-Sicht, in: CIM-Management, August 1988, S. 48–53.

Kaplan, R.S., Must CIM be justified by faith alone?, in: Harvard Business Review, 64. Jg. (1986), H. 2, S. 87–95.

Kiener, S./Maier-Scheubeck, N./Obermaier, R./Weiß, M., Produktions-Management, 10. Aufl., München 2012.

Lindenbach, H./Göpfert, J., Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN 2.0: Business Process Model And Notation, München 2012.

Mertens, P./Schuhmann M., Versuche zur Abschätzung der Vorteilhaftigkeit von CIM-Realisierungen – eine Bestandsaufnahme, in: Warnecke, H. (Hrsg.), Nutzen, Wirkungen, Kosten von CIM-Realisierungen, Stuttgart 1989, S. 233–268.

Obermaier, R./Hofmann, J./Kellner, F., Web-basierte Fertigungssteuerung in der Praxis: Produktivitätssteigerungen mit dem Manufacturing Execution System MR-CM®, in: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 47. Jg. (2010), H. 272, S. 49–59.

Obermaier, R./Kirsch, V., Wirtschaftlichkeitseffekte von Industrie 4.0-Investitionen – Ex-post-Analysen bei der Einführung eines Manufacturing Execution Systems, in: Zeitschrift Controlling, 27. Jg. (2015), H. 8/9, S. 493–503.

Plattform Industrie 4.0, Industrie 4.0 – Whitepaper FuE-Themen, 2014, URL: http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung2014_0.pdf, Stand: 01.04.2015.

Scheer, A.-W., CIM – Der computergesteuerte Industriebetrieb, Berlin 1987.

Staud, J., Geschäftsprozessanalyse – Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für betriebswirtschaftliche Standardsoftware, 2. Aufl., Berlin/Heidelberg 2001.

Wildemann, H., Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 56. Jg. (1986), Ergänzungsheft 1, S. 1–48.

Zäpfel, G., Wirtschaftliche Rechtfertigung einer computerintegrierten Produktion, (CIM), in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 59. Jg. (1989), Nr. 10, S. 40–55.

Literaturtipps aus dem Online-Archiv der CONTROLLING:

- Herwig Winkler, Einsatz des Investitions-Controllings im Supply Chain Management, Ausgabe 11/2007, S. 607–613.
- Eric Zayer und Bernhard Hirsch, Fehlentscheidungen bei Investitionsprojekten – Fehlerquellen und Gegenmaßnahmen, Ausgabe 12/2006, S. 647–657.
- Matthias Meyer, Holger Birl und Ramon Knollmann, Investitionskontrolle in deutschen Großunternehmen – Tätigkeitsfeld und Verbesserungspotenziale des zentralen Investitionscontrollings, Ausgabe 11/2007, S. 633–640.