

Produktionsassessment 4.0

Entwicklung eines Reifegradmodells zur Bewertung der Lean Management und Industrie-4.0-Reife von produzierenden Unternehmen

*Bastian Pokorni,
Sebastian Schlund, Stuttgart
Stefanie Findeisen, Arthur Tomm,
Dennis Euper, Diana Mehl,
Nadine Brehm, Daban Ahmad,
Peter Ohlhausen und
Daniel Palm, Reutlingen*

Angesichts des breiten Angebotsspektrums neuer Technologien und der Vielzahl verschieden verwendeter Begriffe rund um Industrie 4.0, stehen Unternehmen nicht selten orientierungslos vor der Herausforderung, individuelle Umsetzungsstrategien abzuleiten. Das vorliegende Reifegradmodell ermöglicht die Erfassung bereits im Produktionssystem implementierter Lean Management-Prinzipien und gibt praktikable Antworten auf die evolutionären Visionen, indem es realisierbare und individuelle Migrationspfade in Richtung Industrie 4.0 für Unternehmen aufzeigt.

Einleitung

Mittlerweile existieren erste Erfahrungen in der Umsetzung von Industrie 4.0 innerhalb der Unternehmen. Dennoch ist es für Unternehmen nach wie vor schwierig, systematisch – für das Unternehmen passende – Anwendungsfälle zu identifizieren, zu bewerten und umzusetzen [4]. Bestehende Vorgehen basieren auf dem unternehmerischen Bedarf der Prozessverbesserung und lassen die technologischen Möglichkeiten der digitalen Vernetzung meist außen vor. Industrie 4.0 erweitert den Lösungsraum von Lean Management und setzt besonderen Fokus auf die Optimierung der Informationsflüsse entlang der Wertschöpfung. Eine daraus resultierende und als notwendig zu erachtende integrative Untersuchung von schlanken Produktionssystemen in Verbindung mit den neuen Möglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung als erweiterter Lösungsraum von Lean Management wird bisher nur rudimentär durchgeführt.

Im Folgenden wird mit dem „Produktionsassessment 4.0“ ein Analyseinstrumentarium vorgestellt, in dem Gestaltungsregeln aus dem Lean Management mit den Ansätzen intelligenter Vernetzung (Industrie 4.0) kombiniert werden, um die Prozessfähigkeit produzierender Unternehmen zu bewerten.

Industrie 4.0 und Lean Management

Industrie 4.0 setzt besonderen Fokus auf die Optimierung der Informationsflüsse entlang der Wertschöpfung. Die vierte industrielle Revolution zielt auf die intelligente Vernetzung von Mitarbeitern, Maschinen, Systemen, Betriebsmitteln ab und ermöglicht eine dezentral ereignisbasierte Produktionsplanung und -steuerung. Effizient gestaltete Informationsflüsse mittels Industrie 4.0 wirken sich de facto auch positiv auf die Wertstromleistung aus. Die Mitarbeiterproduktivität kann direkt durch die Reduzierung von Such- und Wartezeiten hinsichtlich feh-

lender, langsamer oder falscher Informationen optimiert werden, indem dem Mitarbeiter alle relevanten Informationen in strukturierter und digitaler Form am Arbeitsplatz zur Verfügung stehen. Eine digitale Leitstandsvisualisierung ermöglicht beispielsweise ein schnelleres Eingreifen bei auftretenden Störungen und Änderungen im Produktionssystem [2].

Informationen werden in der klassischen Wertstromsichtweise zwar als Prozessinput erfasst, finden bei der Optimierung jedoch später oft keine systematische Berücksichtigung.

Das vorliegende Reifegradmodell dient dem Zweck, aufbauend auf den etablierten ganzheitlichen Produktionssystemen, individuelle Anwendungsfälle für Industrie 4.0 abzuleiten. Dieses Werkzeug verbindet somit die zur Komplexitätsreduzierung notwendigen Lean Management-Methoden und die Möglichkeiten zur Komplexitätsbeherrschung mittels Industrie 4.0, indem ausgewählte Betrachtungspunkte anhand von Fertigungsgraden im Einzelnen bewertet werden und

somit Unternehmen ein individueller Weg in eine digitale und vernetzte Zukunft aufgezeigt wird.

Aus dieser Problemstellung heraus wird nachfolgend die Vorgehensweise nach Knackstedt et al. zur Entwicklung des Reifegradmodells für das Produktionsassessment 4.0 genutzt (Bild 1).

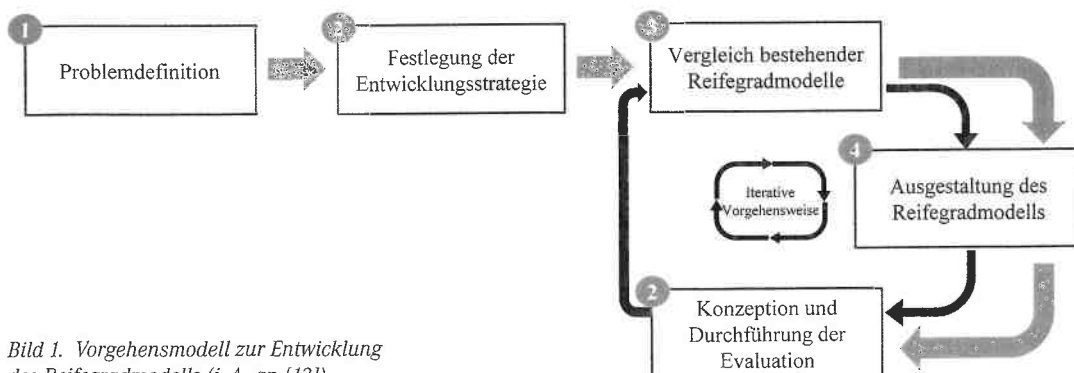


Bild 1. Vorgehensmodell zur Entwicklung des Reifegradmodells (i. A. an [13])

Themenfelder	Impuls: Industrie 4.0 Readiness Check [3]	VDMA: Leitfaden Industrie 4.0 [1]	PWC: Industrie 4.0 Self Assessment	Roland Berger: Industry 4.0 [5]	Tschöpe, S. (et al.) [6]	Summe	Integriert
Integration von Sensoren / Aktoren	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	5	Ja
MaschinezuMaschineKommunikation (M2M)	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	4	Ja
Unternehmensweite Vernetzung von anderen UN-Bereichen mit der Produktion (Vertikale Vernetzung)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	5	Ja
Monitoring durch das Produkt (Betriebsdatenerfassung)	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	3	Nein
Produktbezogene IT-Services (IoS)	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	4	Ja
Geschäftsmodelle um das Produkt / Datenbasierte Dienstleistungen(IoS)	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	4	Ja
Echtzeitdaten / Echtzeitnahes Produktionsleitsystem (z. B. Systeme mit zentraler Maschinen-/Prozessdatenerfassung, MES)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	5	Ja

Bild 2. Ausschnitt der quantitativen Analyse zur Ermittlung der Teilbereiche

Festlegung der Entwicklungsstrategie

Das Reifegradmodell dient innerhalb des Produktionsassessments der bedarfsorientierten Implementierung und der Weiterentwicklung von Lean Management und Industrie-4.0-Teilbereichen. Das Lean Management gestaltet schlanke, durchlaufzeitreduzierte Prozesse, die Basis für die Implementierung einer automatisierten Lösung sind. Industrie 4.0 schafft in diesem Zusammenhang eine „Veredelung“ eines durch Lean Best Practices geschaffenen Systems [1].

Zielgruppe des Assessments sind Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe des industriellen Mittelstands, mit Nutzung der variantenreichen Serienfertigung sowie Einzelfertigung. In diesem Zusammenhang werden die internen Fertigungs- und Montageverfahren sowie angrenzende indirekte Bereiche im Rahmen des Assessments betrachtet. Es handelt sich um die Bereiche Strategie, Personal, Organisation, Methoden & Tools sowie Prozesse & Wertstrom.

Vergleich bestehender Reifegradmodelle

Die Identifikation der betrachteten Lean Management und Industrie-4.0-Themenfelder erfolgte anhand einer quantitativ-statistischen Auswertung bestehender Reifegradmodelle und Assessments, die für den Bereich Industrie 4.0 in Bild 2 ausschnittsweise dargestellt werden. In das Reifegradmodell übernommen wurden jene Teilbereiche, die in der statistischen Auswertung

bei mindestens 50 Prozent der betrachteten Assessments ermittelt wurden und gleichzeitig mit dem Anwendungsbereich korrespondieren. Darüber hinaus wurde das Themenportfolio des Reifegradmodells durch fachnahe Industrie-4.0-Studienresultate sinnvoll ergänzt [3, 4].

In der quantitativ-statistischen Auswertung bestehender Reifegradmodelle aus dem Lean Management-Bereich wurden die Arbeiten von Hölz [10], Nightingale und Mize [8] sowie die Konferenzergebnisse der International Conference on Industrial Engineering and Operations Management aus dem Jahr 2011 [9] und der 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics aus dem Jahr 2013 [11] berücksichtigt.

Bei der Gegenüberstellung der Lean Management-Themen bestand die Herausforderung besonders in der Normung der verschiedenen Detaillierungsgrade, da sich die Reifegradmodelle oft auf verschiedenen Betrachtungsebenen befinden. Besonders das Lean Logistics Maturity Model nach Hölz weist einen hohen Detaillierungsgrad auf. Betroffene Themen innerhalb der Modelle wie die Steigerung der Flächenproduktivität und Werkerdreieck konnten innerhalb eines Themenfeldes (hier: Gestaltung des Arbeitsplatzes) zusammengefasst werden [11].

Ausgestaltung des Reifegradmodells

Thematisch umfasst das Reifegradmodell folgende fünf Bereiche, welche die ausgewählten Lean Management und Industrie-4.0-Themen beinhalten:

- Der Bereich *Strategie* umfasst die Teilbereiche zur schrittweisen Implementierung von Industrie 4.0 als Element der gesamten Unternehmensstrategie: Industrie-4.0-Zielplanung, Strategische Umsetzungsplanung, Technologie- und Innovationsmanagement, Wissensaustausch & Kooperationsnetzwerke.
- Der Bereich *Prozesse und Wertstrom* umfasst Teilbereiche mit einer direkten Beteiligung an der Wertschöpfung: Gestaltung des Wertstroms, Materialablauf und -bereitstellung, Intelligente Anlagen und Maschinen, Monitoring und Betriebsdatenerfassung, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, Echtzeitnahes Produktionsleitsystem, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Informationsbereitstellung am Arbeitsplatz.
- Der Bereich *Organisation* umfasst Teilbereiche, die organisationale Rahmenbedingungen schaffen: Fokussierung auf KVP, Arbeitsplatzgestaltung, Rechtliche Anforderungen und Rahmenbedingungen für neue Technologien.
- Der Bereich *Methoden und Tools* umfasst die den Wertstrom unterstützenden Methoden und Werkzeuge: Produktionsnivellierung, Prozessdefinition und -dokumentation, Standardisierung, Design for Manufacturing and Assembly, Digitales Abbild der Produktion, Unternehmensweite Vernetzung der Produktion, IT-gestützte Produktionsplanung, IT-gestützte Steuerung der internen Logistik, Cloud-Nutzung, IT-Sicherheit, Anwendung von Simulationsmodellen, Smart Data, Einsatz von Kennzahlen.

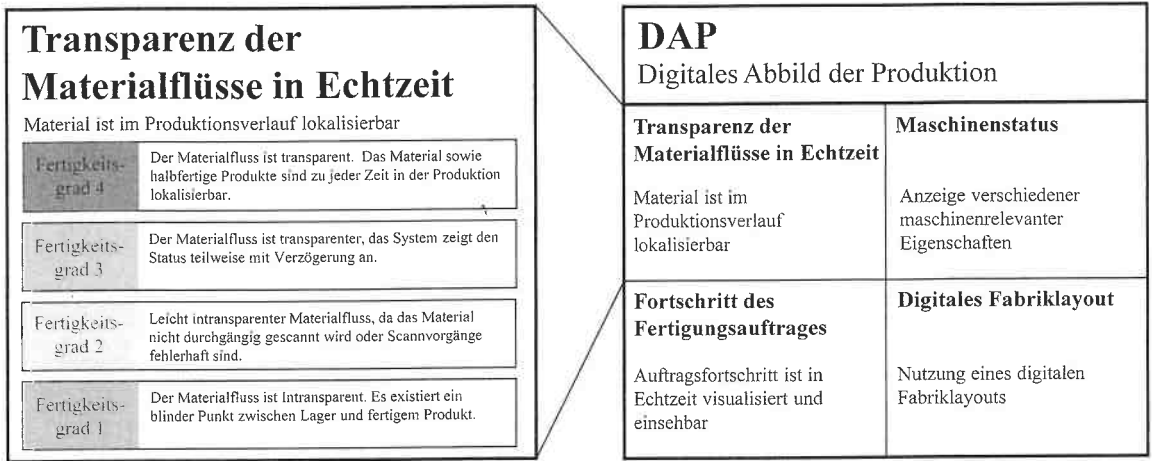


Bild 3. Beispielhafter Aufbau eines Teilbereichs mit Betrachtungspunkten

Der Bereich *Personal* umfasst personalrelevante Teilbereiche, wie z. B. Betriebskultur, Mitarbeiterqualifikation, Mitarbeitermotivation, Mitarbeiterflexibilität, Qualitätsbewusstsein der Mitarbeiter.

Für das Reifegradmodell innerhalb des Produktionsassessment 4.0 wird ein zweistufiger Aufbau gewählt. Innerhalb der ersten Stufe werden die identifizierten Teilbereiche mit Fertigungsgraden von 1 bis 4 bewertet. Die zweite Stufe zeigt den Migrationspfad hin zu Industrie 4.0, in dem die Teilbereiche ihrer Zuordnung nach zu den Bereichen „Lean Management“, „Industrie 4.0 Fundamentals“ und „Industrie 4.0 Excellence“ systematisiert werden.

In der ersten Stufe setzt sich jeder Teilbereich aus sogenannten Betrachtungspunkten zusammen, die anhand einer Fertigkeitsskala bewertet werden. Jeder Betrachtungspunkt eines Teilbereichs hat dabei vier eigene Fertigungsgrade, die jeweils aufeinander aufbauen und im Allgemeinen wie folgt definiert werden [12, 13]:

- **Fertigungsgrad 1 (FG1)**
Fehlende oder rudimentäre Erfüllung der Charakteristika,
- **Fertigungsgrad 2 (FG2)**
Geringe Erfüllung der Charakteristika,
- **Fertigungsgrad 3 (FG3)**
Gute Erfüllung der Charakteristika,
- **Fertigungsgrad 4 (FG4)**
Vollständige Erfüllung der Charakteristika auf Best Practice Niveau.

Aus dem Bereich Methoden und Tools ist in Bild 3 beispielhaft der Teilbereich „Digitales Abbild der Produktion“ abgebildet. Dieser beinhaltet sieben Betrachtungspunkte, von denen exemplarisch folgende vier Betrachtungspunkte dargestellt sind:

- **Transparenz der Materialflüsse in Echtzeit,**
- **Maschinenstatus,**
- **Fortschritt des Fertigungsauftrages und**
- **Digitales Fabriklayout.**

Die Ebene der Betrachtungspunkte repräsentiert die unterste Ebene des Modells. Die Einstufung der Betrachtungspunkte erfolgt auf Basis der Analyseresultate des

Unternehmens. So erhält etwa der Betrachtungspunkt „Transparenz der Materialflüsse in Echtzeit“ aus Bild 3 den Fertigungsgrad 2, wenn während des Produktionsverlaufs das Material nicht lückenlos lokalisierbar ist. Alle Betrachtungspunkte des Teilbereichs „Digitales Abbild der Produktion“ erhalten eine Bewertung anhand ihrer spezifischen Fertigkeitsskala, die wiederum eine durchschnittliche Fertigungsstufe für den Teilbereich errechnen lassen. Darauf basierend können durch die nicht erreichten Fertigungsgrade Entwicklungspotenziale erkannt und konkrete Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der einzelnen Teilbereiche erteilt werden.

Die zweite Stufe ermöglicht die notwendige Differenzierung der Fertigkeitseinstufung und die Ableitung eines Migrationspfades (Bild 4), welcher die evolutionäre Einführung von Industrie 4.0 in das Unternehmen unterstützt. Teilbereiche des Lean Managements sind dabei die Ausgangsbasis. Die Industrie-4.0-Fundamentals umfassen jene Teil-

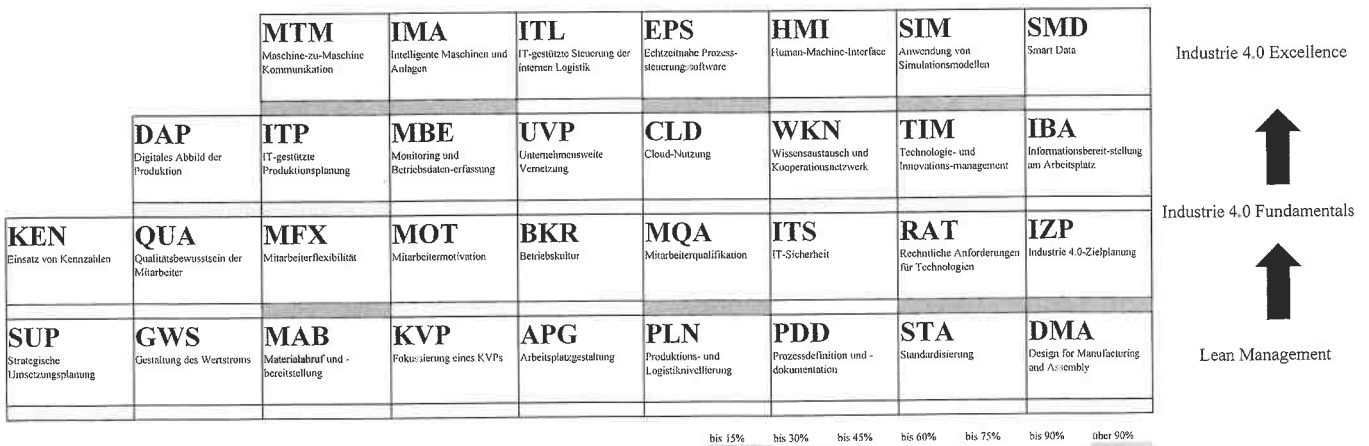


Bild 4. Darstellung der Teilbereiche des Reifegradmodells

bereiche, die Basisstrukturen und Methoden etablieren. Auf höchster Ebene sind Teilbereiche angesetzt, die Methoden und Werkzeuge zur Interaktion von Menschen, Objekten und Systemen im Produktionssystem beschreiben.

Die Unternehmensbewertung durch das Reifegradmodell erfolgt auf erster Stufe anhand der Betrachtungspunkte, deren Einstufungen im Durchschnitt die Bewertung des Teilbereichs ergibt. Darauf folgt in der zweiten Stufe die Ableitung des Entwicklungspfades. Unter Anwendung des Bottom-up-Ansatzes werden anhand der nicht erreichten Fertigungsgrade innerhalb eines Betrachtungspunkts die Handlungsempfehlungen abgeleitet, die in sich für den entsprechenden Betrachtungspunkt einen Migrationspfad hin zu Industrie 4.0 auf Best Practice Niveau darstellen.

Konzeption und Durchführung der Evaluation

Am Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in Stuttgart wird das Produktionsassessment bereits in Unternehmen angewendet. Dabei werden zu Beginn in einer Analysephase alle Prozesse beginnend vom Kunden, endend beim Kunden in einer erweiterten Wertstromdarstellung erfasst. Die Erweiterung umfasst die Aufnahme der indirekten Prozesse des Vertriebs und der Auftragsabwicklung sowie die detaillierte Analyse der Produktionsplanung und -steuerung. Die jeweiligen Informationsflüsse werden mit den genutzten IT-Systemen ergänzt. Die erweiterte Wertstromdarstellung bietet die Grundlage für Verbesserungen im Gesamtsystem anstelle von Teilverbesserungen. Nachfolgend sind auszugsweise die Bewertungen der Fertigungsgrade eines Unternehmens aufgeführt.

Auszug aus „Digitales Abbild der Produktion (DAP)“

■ Maschinenstatus

Das Unternehmen erreichte hierbei einen Fertigungsgrad von 2: Die Materialbereitstellung erfolgt durch zentral/teilweise dezentral gesteuertes Push Prinzip. Einzelne Pull Elemente werden eingesetzt.

■ Transparenz der Materialflüsse in Echtzeit

Das Unternehmen erreichte hierbei einen Fertigungsgrad von 1: Der Materialfluss ist systemseitig intranspa-

rent. Bewegungen zwischen Lager und Linie werden nicht verfolgt.

Auszug aus „Informationsbereitstellung am Arbeitsplatz (IBA)“

■ Arbeitsanweisungen

Das Unternehmen erreichte hierbei einen Fertigungsgrad von 1: Arbeitsanweisungen und Sicherheitshinweise liegen in Papierform vor, die Informationsqualität ist teilweise mangelhaft und chaotisch, z. T. fehlen benötigte Informationen.

■ Bereichsübergreifende Informationsflüsse

Das Unternehmen erreichte hierbei einen Fertigungsgrad von 2: Notwendige Informationen über Abarbeitungsfortschritt oder Änderungen, Störungen, werden auf Nachfrage per Zuruf bereitgestellt. Es existieren keine bereichsübergreifenden systemtechnisch unterstützten Kommunikationswege.

Auf Basis der Analyseergebnisse können gezielt passende Anwendungsfälle für das Unternehmen entwickelt und evaluiert werden. Für jedes Unternehmen entstehen somit individuelle Migrationspfade ausgehend von der heutigen Lean-Reife hin zu einem Produktionssystem 4.0.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Reifegradmodell des Produktionsassessment 4.0 kombiniert ausgewählte Ansätze aus Lean Management und Industrie 4.0, um produzierende Unternehmen evolutionäre Ansätze zu liefern, steigende Komplexitäten in der Produktion und produktionsnahen Bereichen zu beherrschen. Es ist das Produkt aus der langjährigen Erfahrung im Bereich Wertstrom Engineering und Ganzheitliche Produktionssysteme in Kombination mit aktuellen Industrie-4.0-Forschungs- und Industrieprojekten des Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.

Literatur

1. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Krause, T.; Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2013, S. 42
2. Ramsauer, C.: Industrie 4.0 - Die Produktion der Zukunft. WINGbusiness 13 (2013) 3, S. 6-12
3. Tschöpe, S.; Aronska, K.; Nyhuis, P.: Was ist eigentlich Industrie 4.0? Eine quantitative Datenbankanalyse liefert einen Einblick. ZWF 110 (2015) 3, S. 145-149

4. VDMA (Hrsg.): Leitfaden Industrie 4.0 - Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. VDMA Verlag, Frankfurt a. M. 2015
5. Blanchet, M.; Rinn, T.; Von Thaden, G.; De Thieulloy, G.: Industry 4.0 - The New Industrial Revolution. Roland Berger Strategy Consultants GmbH, München 2014
6. Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaftswissenschaft, Frankfurt a. M. 2013
7. Nightingale, D.; Mize, J.: Development of a Lean Enterprise Transformation Maturity Model. Information Knowledge Systems Management 3 (2002) 1, S. 15-30
8. Rose, A. M. N.; Deros, B. Md.; Rahman, M. N. Ab.; Nordin, N.: Lean Manufacturing Best Practices in SMEs. University of Kebangsaan, Malaysia 2011
9. Höltz, N.: Lean Logistics Maturity Model - Ein Reifegradmodell zur Bewertung schlanker intralogistischer Unternehmensstrukturen. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2012
10. Wahaba, A. N. A.; Mukhtara, M.; Sulaiman, R.: A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. Elsevier Ltd., Kebangsaan 2013
11. Rohrbeck, R.: Corporate Foresight. Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 2011, S. 35
12. Kahn KB, Barczak G, Moss R: Perspective: establishing an NPD best practices framework. Journal of Product Innovation Management 23 (2006) 2, S. 106-116
13. Knackstedt, R.; Pöppelbuß, J.; Becker, J.: Vorgehensmodell zur Entwicklung von Reifegradmodellen. Wirtschaftsinformatik Proceedings (2009) 44, S. 536-544

Die Autoren dieses Beitrags

Dr.-Ing. Sebastian Schlund ist akademischer Rat am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität Stuttgart. Seit 2012 leitet er zusätzlich das Competence Center „Produktionsmanagement“ am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO).

M. Sc. Bastian Pokorni ist seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Competence Centers „Produktionsmanagement“ am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) Stuttgart. Zuvor arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität Stuttgart.

Prof. Dr.-Ing. Peter Ohlhausen leitet am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in Stuttgart den Bereich Forschungskoordination. Parallel ist er seit November 2013 Professor für „Technologie- und Innovationsmanagement“ an der Hochschule Reutlingen. Für das IAO ist er seit 1993 in verschiedenen Funktionen tätig, u. a. Leiter des Be-

reichs Innovationsmanagement. Vor seiner Tätigkeit am IAO hat er bei der damaligen Daimler AG im Bereich Fahrzeugaerodynamik gearbeitet.

Prof. Dr. techn. Daniel Palm ist seit 2016 Leiter Reutlinger Zentrum Industrie 4.0, seit 2013 Professor für Logistikmanagement an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen. Er war von 2004 bis 2013 Geschäftsbereichsleiter Produktions- und Logistikmanagement Fraunhofer Austria in Wien sowie von 1997 bis 2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung in Stuttgart.

B.Sc. Stefanie Findeisen, B.Eng. Arthur Tomm, B.Sc. Dennis Euper, B.Sc. Diana Mehl, BA Nadine Brehm und B.Sc. Daban Ahmad sind Masterstudenten des Studiengangs Operations Management der ESB Business School und forschen im Rahmen einer Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation unter dem Arbeitstitel „LeanAssessment meets Industrie 4.0“.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
Dokumentnummer: ZW 111662

Summary

Production Assessment 4.0 – Development of a maturity model to assess the Lean Management and Industrie 4.0 maturity of manufacturing companies. Facing the huge range of new technologies and the variety of different terms used around Industrie 4.0 companies are often disoriented towards the challenge of developing a customized implementation strategy. The maturity model enables the evaluation of implemented lean management principles in the production system and accesses the evolutionary visions by creating feasible as well as individual migration paths for companies.