

# ADAPTION

Reifegradbasierte Migration zum CPPS

Klaus Herrmann, Dieter Kreimeier (Hrsg.)



# ADAPTION

**Klaus Herrmann**  
**Dieter Kreimeier (Hrsg.)**

# **ADAPTION**

Reifegradbasierte Migration zum CPPS

**Herausgeber:**

*Klaus Herrmann, Festo Lernzentrum Saar GmbH*

*Prof. Dr. Dieter Kreimeier, Lehrstuhl für Produktionssysteme, Ruhr-Universität  
Bochum*

**Redaktion:**

*Eva Minnig, Festo Lernzentrum Saar GmbH*

*Dr. Thorsten Rodner, Festo Lernzentrum Saar GmbH*

**Klaus Herrmann,  
Dieter Kreimeier (Hrsg.)**

# **ADAPTION**

Reifegradbasierte Migration zum CPPS

Shaker Verlag  
Düren 2019

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6555-8

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren  
Telefon: 02421 / 99011 - 0 • Telefax: 02421 / 99011 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

### **Förderhinweis:**

Dieses Verbundprojekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# Grußwort

*Dr.-Ing. Matthias Gebauer u. Martina Kühnapfel, M.A., Projektträger Karlsruhe (PTKA)*

Mittelständische Unternehmen als Anwender der Industrie-4.0-Technologie werden durch den mit der Digitalisierung verbundenen grundlegenden Wandel von Produktionsabläufen und Arbeitsprozessen in besonderem Maße vor hohe Anforderungen gestellt. Es geht um Planungssicherheit, klare Strategien und die Begrenzung wirtschaftlicher Risiken. Industrie 4.0 in Deutschland kann nur mit dem Mittelstand gelingen. Dabei muss jedes Unternehmen auf der Basis seiner Ausgangssituation, seiner Bedarfe und Ressourcen einen spezifischen Weg finden und seine eigenen Migrationschritte hin zur Industrie 4.0 ableiten. Es gibt keine Lösung „von der Stange“. Dabei müssen Lösungen auch in bereits laufende Produktionssysteme integriert werden können.

Die exportorientierte deutsche Industrie hat jetzt die Chance sich erneut als Vorreiter neuer innovativer Lösungen weltweit zu positionieren. Positive Effekte auf die Wertschöpfung werden sich vor allem einstellen, wenn Industrie 4.0 dann auch insgesamt breit in der deutschen Produktion umgesetzt und anerkannt wird.

Um die Anwender mit Einführungsstrategien, Werkzeugen, Methoden und Umsetzungsempfehlungen für eine Migration zur Industrie 4.0 zu unterstützen, fördert das BMBF in seiner Förderrichtlinie „Industrie 4.0 – Forschung auf den betrieblichen Hallenboden“ im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ von 2016 bis 2019 insgesamt zwölf Verbundprojekte, die sich mit der Entwicklung, schrittweisen Einführung und kontinuierlichen Optimierung anwendungsorientierter und beispielhafter Lösungen für die Planung, Gestaltung und Steuerung kompletter Wertschöpfungsnetze im Unternehmen beschäftigen. Wichtige Aufgabe ist dabei auch, die erzielten Forschungsergebnisse in die breite wirtschaftliche Anwendung zu transferieren. Praktikable Handlungshilfen und Instrumente stehen nun zur Verfügung.

Mit Industrie 4.0, der digitalen Transformation des produzierenden Gewerbes, verbindet sich eine Vision völlig neuer Fabrik- und Wertschöpfungsstrukturen auf der Basis einer umfassenden Nutzung „intelligenter“ Lösungen der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie der Robotik. Technische Innovationen sind aber nicht die alleinigen Elemente von Industrie 4.0. Hochgradig vernetzte, flexible und individualisierbare Fertigungsprozesse verändern Arbeitsprozesse und Arbeitsinhalte. Daraus folgen neue Qualifikationsbedarfe für Facharbeiter und praxiserfahrene Ingenieure sowie neue Ausbildungsprofile. Es müssen Arbeitsgestaltung, Kompetenzentwicklung und Präventionskonzepte mitgedacht werden. Ein sogenanntes Cyber-Physisches Produktionssystem (CPPS) als soziotechnisches Gesamtsystem mit der steuernden Rolle des Menschen als Entscheider in der Produktion benötigt besondere Aufmerksamkeit bei der Gestaltung künftiger Arbeitswelten.

Im Verbundprojekt „ADAPTATION: Reifegradbasierte Migration zum Cyber-Physischen Produktionssystem“ wurden in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Wissenschaftlern, Qualifizierungsspezialisten, IT-Entwicklern sowie überwiegend mittelständischen Anwendern des produzierenden Gewerbes betriebliche Szenarien in der Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung erforscht, gleichzeitig aber auch die Weiterentwicklung der Kompetenzen betroffener Berufsgruppen in den Mittelpunkt gestellt. Unter Einbeziehung der Mitarbeiter und unter Berücksichtigung des Gesamtunternehmens wurden ganzheitliche Migrationskonzepte für Technik, Organisation und Personal erarbeitet. Da sich die Anwenderunternehmen in vielfältigen Lieferbeziehungen zueinander befinden, stehen die individuellen Lösungswege nicht nur mit den ermittelten unterschiedlichen Reifegraden der Unternehmen im Einklang, sondern sind wertschöpfungskettenübergreifend passfähig.

Das große Engagement aller Projektpartner und das gute Zusammenwirken unterschiedlichster Fachkompetenzen im Verbund ermöglichte die erfolgreiche Entwicklung eines Selbstbewertungswerkzeugs und eines Modells zum schrittweisen Vorgehen bei der Migration zum CPPS. Damit können Unternehmen gezielt ihre Industrie-4.0-Reife steigern und ihren unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimalen Reifegrad festlegen. Zur Verfügung stehen zudem erprobte Handlungsempfehlungen, Schulungsprogramme sowie Beratungsleistungen, welche die Akteure in Industrieunternehmen des Mittelstands befähigen, spezifische Industrie-4.0-Lösungen erfolgreich einzuführen und quantifizierbaren Mehrwert zu erzeugen.

Wir bedanken uns bei allen Partnern des Verbundprojekts und wünschen einen anhaltenden Erfolg beim Einsatz der entwickelten Konzepte und Lösungen.

Karlsruhe, im Oktober 2018

Dr.-Ing. Matthias Gebauer  
Leiter Bereich Produktentstehung, Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Martina Kühnapfel, M.A.  
Projektträger Karlsruhe (PTKA)



# Vorwort der Herausgeber

*Klaus Herrmann, Festo Lernzentrum Saar GmbH*

*Prof. Dr. Dieter Kreimeier, Lehrstuhl für Produktionssysteme, Ruhr-Universität Bochum*

Die Idee zum Forschungsverbundprojekt ADAPTATION nahm in dem Umfang immer mehr Form an, indem sich die Diskussion um Industrie 4.0 auch immer mehr zu einem Hype entwickelte. Immer offensichtlicher wurden die zu erwartenden technischen Möglichkeiten, auch wenn deren Vernetzung und Umsetzung noch in weiter Ferne zu sein schienen. Der Treiber der Innovation war und ist offensichtlich die Technologie, mit ihren zu erwartenden vielfältigen Möglichkeiten, von der vierten Industriellen Revolution ist und war die Rede. Die Diskussion, ob Ei oder Henne zuerst da waren, Technologie oder gewünschter Nutzen, ist müßig. Wichtig und entscheidend ist es zu erkennen, dass jede Technologie einen entsprechenden organisationalen Rahmen braucht sowie Mitarbeiter, die diese beherrschen.

An dieser Stelle liegt jedoch die Schwierigkeit, nämlich die Frage, wo und womit man beim Thema Industrie 4.0 in Unternehmen beginnen sollte. Ist es nur ein Hype-Thema oder für das eigene Unternehmen relevant, bereits jetzt oder erst in der Zukunft? Wie vermeidet man blinden Aktivismus und ermöglicht zielgerichtetes Handeln?

In der jüngeren Vergangenheit hat es schon einige Versuche geben, Unternehmen hinsichtlich ihrer Industrie 4.0 Ausrichtung zu bewerten und einzuschätzen. Auffällig ist, dass solche Bewertungen, sollten sie in Vergleiche münden, nur bestenfalls begrenzt brauchbar scheinen. In einem direkten Branchen- und Segmentbereich mag das noch einen gewissen Nutzen mit sich bringen, jedoch sollte aus unserer Sicht der konkrete, individuelle Blick auf das eigene Unternehmen und dessen Besonderheiten im Mittelpunkt stehen. Vermeintlich objektive Vergleiche bringen hier aus Handlungssicht nur sehr wenig.

Das Forschungsverbundprojekt ADAPTATION ist bewusst einen anderen Weg gegangen. Für uns stellte sich im Umgang mit den Unternehmen folgende entscheidende Frage: Wo kann Industrie 4.0 konkret der Zielerreichung des jeweiligen Unternehmens dienen? Wobei immer Technologie, Organisation und Personal gemeinsam betrachtet werden.

Aus ihrer betrieblichen Praxis bringen die Herausgeber folgende Wahrnehmung mit ein:

Es werden Maschinen, Anlagen oder auch Softwarelösungen gekauft, neueste Technologie mit „Industrie 4.0–Aufkleber“, welche dann aber über Wochen oder auch Monate ungenutzt bleibt. Dies ist interessanterweise kein Phänomen allein bei KMU; hiervon sind offensichtlich Unternehmen aller Größen betroffen. Auf Nachfrage lautet dann die Erklärung, man habe in neuste Technologie investieren wollen und stelle jetzt fest, dass die organisationale Implementierung ähnlich schwierig ist, wie die passenden Mitarbeiter zur Verfügung zu haben, die die Maschinen, Anlagen oder Software so beherrschen, dass ein betrieblicher Mehrwert entsteht.

Genau das ist der Ausgangspunkt von ADAPTATION. Industrie 4.0 ist kein Selbstzweck; es geht darum, einen betrieblichen Mehrwert zu erzeugen. Das bedeutet, jedes betriebliche Tun muss zielgerichtet sein, also der Zielerreichung des Unternehmens dienen. Somit ist dies erst einmal kein spezifisches Vorgehen für Industrie 4.0. Insbesondere technikgetriebene Unternehmen scheinen jedoch besonders anfällig dafür zu sein, technischen Neuerungen und deren Faszination zu erliegen. Aufgrund vermeintlicher Möglichkeiten, die mit den neuen Technologien verbunden zu sein scheinen, werden Investitionsentscheidungen ausgelöst, die dann bei genauerer Betrachtung so nicht eingelöst werden können.

ADAPTATION hat daher den Anspruch, insbesondere im Umfeld von KMU (aber nicht nur darauf beschränkt) einen Weg zu beschreiben, auf dem zunächst die Ausrichtung des Unternehmens (beziehungsweise eines Teilbereichs) über Vision, Mission sowie Ziele definiert wird. Anschließend wird dann mittels eines Reifegradmodells systematisch erfasst, welche Industrie-4.0-Felder hilfreich sein können, um die Unternehmensziele schneller und besser als bisher zu erreichen. Die adressierten Industrie-4.0-Lösungen sollen dem Unternehmen also konkreten Mehrwert bringen.

In der folgenden Ausarbeitung soll dieses Vorgehensmodell, dessen Kern das eigens neu entwickelte Reifegradmodell ist, und seine konkrete Anwendung beschrieben werden. Dabei unterstützt das Reifegradmodell einerseits bei der Erfassung des Ist-Zustands in einem definierten (Pilot-)Bereich, andererseits bei der Festlegung und Beschreibung des angestrebten Soll-Zustandes. Dies erfolgt immer vor dem Hintergrund der konkreten Unternehmensziele sowie unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen der Dimensionen Technik, Organisation und Personal.

Das Reifegradmodell berücksichtigt dort zurzeit rund 50 Bereiche in allen drei Dimensionen mit unterschiedlichster Ausprägung. Wir haben bewusst keine Stufen, sondern Ausprägungen angelegt, da der Begriff Stufe allzu oft mit besser oder weniger gut assoziiert wurde. Uns geht es aber nun gerade nicht darum hier einen Benchmark zu installieren, sondern jeweils diejenige Lösung zu finden, die in der Situation des Unternehmens am dienlichsten ist. Dies ist oftmals nicht das Mehr. Das Erreichen einer möglichst hohen Stufe ist also keineswegs immer erstrebenswert. Im Projektverlauf ist es durchaus vorgekommen, dass die Anwendungsunternehmen z.B. bei der Dimension Technik gemerkt haben, dass eine Ausprägung tiefer als die bereits gewählte technische Lösung völlig gereicht hätte. Im Gegenteil kann sogar ein „Rückbau“ sinnvoll sein, da die implementierte Lösung „über das Ziel hinausgeschossen“ war und erheblichen, nicht notwendigen Anpassungsbedarf an anderen Stellen zur Folge gehabt hätte.

Das vorliegende Abschlussbuch zum Forschungsverbundprojekt ADAPTION soll einerseits die Ergebnisse des Projektes darstellen und andererseits sowohl Forschern, als auch Praktikern, also den Verantwortlichen in Unternehmen, Anregung und Motivation sein, die anstehenden Veränderungen im Kontext der Digitalisierung zügig und gezielt anzugehen.

Im Buch werden immer wieder Beispiele aus den Projektanwendungen aufgegriffen, die sich insbesondere an den schnellen Leser richten und mit sehr vielen Praxiserfahrungen versehen sind. Deutlich fundierter sind dann die Artikel in ihrer Gänze. Sie sollen einen möglichst umfangreichen, tiefgehenden und differenzierteren Einblick geben.



# 1. Inhalt

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Vorgehensmodell</b> .....	<b>3</b>
2.1 Struktur und Phasen im Vorgehensmodell .....	3
2.2 Iterationsschleifen .....	12
<b>3. Unternehmensausrichtung</b> .....	<b>15</b>
3.1 Mission, Vision, Ziele und Strategie.....	16
3.1.1 Mission .....	16
3.1.2 Vision .....	17
3.1.3 Strategie und Ziele .....	18
3.2 Perspektiven der strategischen Ausrichtung.....	18
<b>4. Audit</b> .....	<b>23</b>
4.1 Methoden der Ist-Analyse.....	24
4.1.1 Ingenieurwissenschaftliche Methoden.....	25
4.1.2 Sozialwissenschaftliche Methoden .....	31
4.2 Erfahrungen im Projekt ADAPTION.....	33
<b>5. Pilotbereich</b> .....	<b>35</b>
<b>6. Reifegradmodell</b> .....	<b>39</b>
6.1 Einleitung und Einordnung.....	39
6.2 Aufbau des Modells.....	42
6.3 Ist-Bewertung.....	47
6.4 Ziel-Bestimmung.....	50
<b>7. Exemplarische Umsetzungen</b> .....	<b>53</b>
7.1 Bernhard & Reiner GmbH.....	53
7.2 Festo AG & Co. KG.....	55
7.3 Georg Zwetsch GmbH .....	60
7.4 Jacobi Eloxal GmbH .....	63
7.5 Einführung eines MES bei KMU.....	65
7.5.1 Einleitung .....	65
7.5.2 Einführung einer MES-Lösung am Beispiel Bernhard & Reiner .....	68
<b>8. Partizipation und Kommunikation in betrieblichen Veränderungsprozessen</b> .....	<b>77</b>

<b>9. IT-gestützte Begleitung des Transformationsprozesses zu Industrie 4.0 .....</b>	<b>83</b>
9.1 Einleitung.....	83
9.2 Theoretischer Hintergrund.....	85
9.3 Anforderungen .....	86
9.4 System .....	88
9.5 Kompetenzentwicklungskonzept .....	91
9.6 Fazit.....	93
<b>10. Firmenportraits .....</b>	<b>95</b>
10.1 Bernhard & Reiner GmbH.....	95
10.2 Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH.....	96
10.3 Festo AG & Co.KG.....	98
10.4 Festo Lernzentrum Saar GmbH.....	101
10.5 Georg Zwetsch GmbH .....	102
10.6 Jacobi Eloxal GmbH .....	104
10.7 Proxia Software AG .....	106
10.8 Ruhr-Universität Bochum – Lehrstuhl für Produktionssysteme .....	108
10.9 Ruhr-Universität Bochum – Gemeinsame Arbeitsstelle RUB IGM .....	110
10.10 TU Dortmund – Forschungsgebiet Industrie- und Arbeitsforschung .....	113
<b>11. Autorenverzeichnis .....</b>	<b>115</b>
<b>12. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>117</b>