



Walter Huber

Industrie 4.0 in der Automobilproduktion

Ein Praxisbuch

 Springer Vieweg

Industrie 4.0 in der Automobilproduktion



4 INDUSTRY 4.0
READY

WIR BRINGEN INDUSTRIE 4.0 AUF DEN WEG.
THIS IS SICK

Sensor Intelligence.

Das Informationszeitalter hat für die Industrie erst begonnen. Intelligente, robuste und zuverlässige Sensorik ist unverzichtbar für Herausforderungen wie sichere Mensch-Maschine-Interaktion, immer individuellere Kundenwünsche, hohe Varianz und die Beherrschung kurzfristiger Nachfrageschwankungen. Wir zeigen Ihnen, was heute schon möglich ist. Gehen Sie mit uns gemeinsam den Weg in eine effizientere Zukunft. www.sick.de/i40

Walter Huber

Industrie 4.0 in der Automobilproduktion

Ein Praxisbuch

 Springer Vieweg

Walter Huber
Haar, Deutschland

ISBN 978-3-658-12731-2 ISBN 978-3-658-12732-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-12732-9

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Vorwort

Seit der Präsentation der ersten Ideen rund um Industrie 4.0 anlässlich der CeBIT 2011 und der Vorstellung einer Umsetzungsempfehlung im Oktober 2012 hat sich in Deutschland und vor allem in China viel getan. In beiden Ländern ist eine Aufbruchsstimmung zu erkennen. Darüber hinaus hat das Thema auch an inhaltlicher Reife gewonnen. Dies manifestiert sich in einer ganzheitlichen Betrachtung und weniger einer Fokussierung auf Produktionsthemen. Eine ähnliche Entwicklung hat auch Lean Management durchgemacht. Mittlerweile sind Lean-Themen aus keinem Bereich in den Unternehmen mehr wegzudenken. Eine ähnliche Entwicklung wird auch Industrie 4.0 erleben. Erste Anzeichen und Schritte in diese Richtung sind bereits getan.

Kaum eine Branche ist von dem Thema mehr betroffen als die Automobilindustrie. Sie sieht sich etwa mit Globalisierungs-, Demografie- und Umweltthemen konfrontiert. Es gilt, Innovationen bis an die Grenze des Machbaren voranzubringen. Die deutschen Hersteller haben eine weltweite Führungsposition im Premiumbereich erreicht und werden diese zukünftig verteidigen. Auch die gesamte Zuliefererbranche muss sich den aufziehenden Veränderungen stellen und Lösungskonzepte entwickeln. Es gilt, den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken und damit unser aller Wohlstand zu sichern.

Die Brennpunkte von Industrie 4.0 liegen in den drei Bereichen Produktion (Smart Factory), Produktentwicklung (Smart Products) und neue Geschäftsmodelle und -strategien (Smart Services). Es wird immer mehr ein Management-Thema, da sich Entscheidungsprozesse und Unternehmensorganisationen gravierend verändern müssen und werden.

In allen Bereichen müssen neue Konzepte entwickelt und gewinnbringend umgesetzt werden. Ein Kernelement hierbei wird die Kombination zwischen Lean-Ansätzen und Industrie 4.0 sein. Die alleinige Technisierung der Produktion wird keine gravierenden und vor allem nachhaltigen Verbesserungen mit sich bringen. Diese Erfahrung hat die deutsche Industrie aus der CIM-Ära (Computer Integrated Manufacturing) gezogen.

Diese neuen Konzepte sind auch erforderlich, um im globalen Wettstreit zu bestehen und die Innovationsführerschaft zu behalten. Speziell im Premiumbereich werden seitens der Kunden sehr hohe Qualitätsanforderungen gestellt (Null-Fehler). Eine immer stärkere Modellvielfalt mit verschiedenen Antriebskonzepten werden die nächsten zehn Jahre den Markt beherrschen. Hierauf müssen die Automobilhersteller Antworten finden. Produktionsinseln, eine gesteigerte Automatisierung in der Endmontage mittels sensitiven Robotern,

autonom agierende Transporteinheiten und 3D-Drucker sind hier nur einige der Beispiele für entsprechende Ansätze. Darüber hinaus wird die IT einen deutlich höheren Stellenwert als aktuell in den Unternehmen einnehmen. Predictive Maintenance und Quality auf Basis von Big Data-Systemen stellen hier nur die Spitze des Eisberges dar. Diese neuen Technologien und Softwarelösungen bedingen aber auch eine entsprechende Weiterentwicklung der zugrunde gelegten Produktionssysteme. Speziell die Möglichkeiten und Auswirkungen von 3D-Druckern wird aktuell stark unterschätzt. Sie werden sowohl die Produktentwicklung als auch die Produktion gravierend verändern – nicht in fünf, aber in zehn bis 15 Jahren werden Automobilfabriken und die Zulieferernetzwerke eine deutlich andere Ausprägung ausweisen als dies bisher der Fall ist.

Köngen, im Dezember 2015

Martin Haas
Gründer und Vorstandsvorsitzender Staufen AG

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation für Industrie 4.0	1
1.2	Historie	4
	Literatur	5
2	Standortbestimmung	7
2.1	Definition	7
2.1.1	Elemente von Industrie 4.0	11
2.1.2	Lean Management	12
2.1.3	Digitale Fabrik	14
2.2	Technologiebereiche und Zukunftsfelder	14
2.3	Abgrenzung	16
2.4	Chancen und Risiken	16
2.5	Aktuelle Hindernisse	18
	Literatur	20
3	Fachliche Grundlagen	23
3.1	Definition und Abgrenzung	23
3.2	Produktionsplanung	25
3.3	Kundenauftragsprozess	28
3.4	Sales und Aftersales	31
3.5	Supportprozesse und strategische Prozesse	32
	Literatur	32
4	Technologien	33
4.1	3D-Drucker	33
4.1.1	Beschreibung	34
4.1.2	Einsatzgebiete und Beispiele	37
4.2	Cyber-Physical System	38
4.2.1	Beschreibung	39
4.2.2	Machine-to-Machine	41
4.2.3	Selbststeuernde Transporteinheiten	41
4.2.4	Cyber Physical Production Systems	43
4.2.5	Einsatzgebiete und Beispiele	45

4.3	Sensitive Roboter	50
4.3.1	Beschreibung	50
4.3.2	Einsatzgebiete und Beispiele	52
4.4	Big Data- und In-Memory-Technologie	54
4.4.1	Beschreibung	55
4.4.2	Einsatzgebiete und Beispiele	58
4.5	Cloud Computing	60
4.5.1	Beschreibung	60
4.5.2	Einsatzgebiete und Beispiele	63
4.6	IT-Security	65
4.6.1	Beschreibung	66
4.6.2	Einsatzgebiete und Beispiele	68
4.7	Real Time Enterprise und mobile Lösungen	70
4.7.1	Beschreibung	70
4.7.2	Einsatzgebiete und Beispiele	71
4.8	Vertikale Integration	72
4.8.1	Beschreibung	73
4.8.2	Einsatzgebiete und Beispiele	76
4.9	Horizontale Integration	76
4.9.1	Beschreibung	76
4.9.2	Einsatzgebiete und Beispiele	77
4.10	Assistenzsysteme in der Produktion und Logistik	78
4.10.1	Beschreibung	78
4.10.2	Einsatzgebiete und Beispiele	80
4.11	Embedded Software	83
4.11.1	Beschreibung	83
4.11.2	Einsatzgebiete und Beispiele	83
4.12	Digitale Fabrik	84
4.12.1	Beschreibung	85
4.12.2	Einsatzgebiete und Beispiele	87
	Literatur	89
5	Standards	95
5.1	Gremien und Verbände	96
5.2	Unternehmens- und Produktionssteuerungsebene	97
5.2.1	Logistik-Optimierung mittels RFID	97
5.2.2	Referenzarchitektur	98
5.2.3	Datenaustausch mittel eCl@ss	101
5.2.4	Adaptive Steuerung	103
5.3	Automatisierungsebene	103
5.3.1	OPC UA	104
5.3.2	M2M	105
5.3.3	Proprietäre Standards	107

5.4	Engineering	107
5.4.1	AutomationML	108
5.4.2	CAD 3D-Darstellungsformate	110
5.5	3D Druck	112
5.6	IT-Security	112
5.7	Cloud Computing	113
	Literatur	115
6	Umsetzungen der Automobilhersteller und Zulieferer	117
6.1	Automobilhersteller	118
6.1.1	Audi	118
6.1.2	BMW	130
6.1.3	Daimler	142
6.1.4	John Deere	157
6.1.5	MAN	160
6.1.6	VW	162
6.2	Zulieferer	167
6.2.1	Bosch	168
6.2.2	Continental	170
6.2.3	SEW EURODRIVE	171
6.2.4	WITTENSTEIN	175
	Literatur	177
7	Lösungsanbieter	183
7.1	Lösungen von Industrieunternehmen	183
7.1.1	Bosch	184
7.1.2	Siemens	190
7.1.3	WITTENSTEIN	202
7.1.4	KUKA	206
7.1.5	Festo	210
7.1.6	SEW EURODRIVE	214
7.1.7	Weitere Hersteller	217
7.2	Lösungen von Softwareherstellern	217
7.2.1	Microsoft	218
7.2.2	HP	222
7.2.3	IBM	228
7.2.4	SAP	233
7.3	Weitere Softwarehersteller	240
	Literatur	240
8	Digitale Geschäftsprozesse	245
8.1	Definition und Abgrenzung	246
8.2	Managementprozesse	247

8.3	Geschäftsmodelle	248
8.3.1	Automobilhersteller	252
8.3.2	Zulieferer	254
8.4	Entwicklung	254
8.5	Kundenauftragsprozess	256
	Literatur	257
9	Produktion der Zukunft	259
9.1	Überblick	259
9.2	Produktionssystem	261
9.3	Presswerk	265
9.4	Rohbau	265
9.5	Lackiererei	266
9.6	Fahrzeugendmontage	267
9.7	Managementprozesse	268
	Literatur	269
10	Reifegrad und Migrationsmodell	271
10.1	Voraussetzungen	272
10.2	Ausgangssituation	272
10.3	Reifegradmodell	273
10.3.1	PEP und Produktionsplanung	275
10.3.2	Kundenauftragsprozess	277
10.3.3	Management 4.0	278
10.3.4	Reifegradermittlung	279
10.3.5	Roadmap aufstellen	280
10.4	Migrationsmodell	281
10.4.1	Konkrete Use Cases	281
10.4.2	Konkretes Vorgehen und Umsetzungsstrategie	282
	Literatur	282
11	Der Faktor Mensch	285
11.1	Veränderung in der Arbeitswelt	286
11.2	Mensch-Maschinen-Interaktion	289
11.3	Handlungsfelder	291
	Literatur	292
12	Fazit und Ausblick	293
12.1	Zusammenfassung	293
12.2	Blick in die Zukunft	294
	Literatur	296

Bevor in die fachlichen und vor allem technischen Details von Industrie 4.0 eingegangen wird, erfolgt zuerst eine Erläuterung, warum das Thema speziell für die deutsche Wirtschaft und vor allem die Automobilindustrie von so großer Bedeutung ist. Darüber hinaus wird noch ein kurzer Abriss bzgl. der Namensgebung und der historischen Entwicklung von der ersten industriellen Revolution bis hin zur Gegenwart gegeben. Somit lässt sich das Thema in Summe besser einordnen.

Die Intention dieses Buches ist es, Anwender die Scheu vor Industrie 4.0-Projekten zu nehmen. Vielfach herrscht die Meinung vor, dass es zu wenige Lösungen von Anbietern verfügbar sind, Standards nicht vorhanden sind resp. Industrie 4.0 einfach ein nicht greifbarer Begriff resp. Hype-Thema ist, dass das eigene Unternehmen nicht betrifft. Das Buch soll einen Beitrag liefern, dass Thema an Hand von Beispielen greifbarer zu machen und gleichzeitig Ideen für eigene Umsetzungen liefern. Darüber hinaus soll es vor allem aufzeigen, dass Industrie 4.0 keine Vision mehr ist, sondern mehr und mehr zur Realität wird.

1.1 Motivation für Industrie 4.0

Industrie 4.0 entwickelt sich zum Buzz-Word in der IT-Branche und bei Anwendern. Auf der anderen Seite fehlt eine klare Definition. Somit entsteht für einen Außenstehenden der Eindruck, dass „Alles oder Nichts“ Bestandteil dieser vermeintlichen Revolution ist, die sich auch noch sehr unrevolutionär gibt.

Ihren Anfang nahm diese Revolution mit dessen Präsentation auf der Hannover Messe 2011. Im Laufe des Jahres 2012 wurden Umsetzungsempfehlungen erarbeitet und anlässlich der Hannover Messe 2013 erfolgte die Präsentation des Abschlussberichtes vom

Arbeitskreis Industrie 4.0 [4]. Initiatoren und Treiber waren hierbei die Branchenverbände BITKOM, VDMA und ZWEI. Diese Verbände organisierten auch eine entsprechende Plattform mit der Aufgabe alle entsprechenden Arbeiten zu koordinieren. Industrie 4.0 ist Bestandteil der Hightech-Strategie der Bundesregierung mit dem Ziel den Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig zu sichern.

Deutschland ist eine Industrienation, mit einem sehr starken Produktionsanteil. Das produzierende Gewerbe ohne Baugewerbe hatte im Jahre 2014 mit knapp über 25% Anteil am Brutto Inlandsprodukt (BIP). Somit ist dieser Bereich nach dem Dienstleistungsbereich der wichtigste in Deutschland [7]. Gegenüber anderen EU-Ländern aber auch gegenüber der USA ist dieser Anteil ungewöhnlich hoch. Dies wird auch als einer der Gründe angeführt, warum Deutschland im Gegensatz zu anderen Ländern die Wirtschaftskrise von 2009 sehr schnell überwunden hat [6]. Laut statistischem Bundesamt [7] waren im Jahre 2013 von mehr als 26 Mio. Arbeitnehmern, mehr als 7 Mio. im produzierenden Gewerbe tätig. Der Anteil der Automobilindustrie am BIP beträgt hierbei rund 20% [2]. Im Jahre 2013 waren über 750.000 Arbeitnehmerinnen und -nehmer in der Automobilbranche beschäftigt [10]. Somit ist ersichtlich, dass die Automobilindustrie für den Wirtschaftsstandort Deutschland von erheblicher Bedeutung ist.

Die Arbeitskosten in der Automobilindustrie belaufen sich auf ca. 20% an den Gesamtkosten, kumuliert über die gesamte Wertschöpfung ergibt sich allerdings ein Wert von ca. 60–70% [1]. Konkret kostet die Arbeitsstunde in Deutschland ca. 30–50€, in Osteuropa ca. 11€, in China rund 10€ und eine Roboterstunde verursacht Kosten in Höhe von etwa 3–6€ [7]. Dieser Punkt stellt eine erhebliche wirtschaftliche Herausforderung dar. Weitere Herausforderungen sind die stetig steigende Komplexität der Fahrzeuge in Kombination mit einem erheblichen Anstieg der Modellanläufe und einem damit verkürzten Produktentwicklungsprozess und einer reduzierten Produktlebenszyklus. Diese Herausforderungen und weitere sogenannte Mega-Trends, denen die Branche gegenüber steht, sind in Abb. 1.1 zusammengefasst.



Abb. 1.1 Mega-Trends in der Automobilindustrie

In Summe verdeutlicht dies, dass ein großer Bedarf an produktivitätsfördernden, aber auch flexibilitätsfördernden Maßnahmen und Ansätzen in der Automobilindustrie besteht. Industrie 4.0 wird als eine der Antworten auf diese Megatrends und die damit verbundenen Herausforderungen gesehen. Daher ist es kaum verwunderlich, dass laut einer Studie [5] folgende Kernaussagen getroffen werden:

- Industrie 4.0 führt zu einer höheren Produktions- und Ressourceneffizienz von +18%.
- Industrie 4.0 ermöglicht neue, oftmals disruptive digitale Geschäftsmodelle.
- Digitalisierte Produktion und Services erwirtschaften zusätzlich 30 Mrd. € pro Jahr für die deutsche Wirtschaft.
- Digitalisierung des Produkt- und Serviceportfolios ist der Schlüssel zum nachhaltigen Unternehmenserfolg.
- Horizontale Kooperationen ermöglichen eine bessere Erfüllung von Kundenanforderungen.
- Industrie 4.0 transformiert das gesamte Unternehmen.
- Die integrierte Analyse und Nutzung von Daten ist die Kernfähigkeit im Rahmen von Industrie 4.0.

Eine weitere Studie der BITKOM gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut [3] belegt, dass der Automobilbau ein zusätzliches Wertschöpfungspotential von ca. 15 Mrd. € durch Industrie 4.0 bis zum Jahre 2025 erwartet. Derartige Zahlen variieren von Studie zu Studie nicht unerheblich, da teilweise unterschiedliche Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind Langzeitprognosen (also über 5 Jahre) naturgemäß mit einer gewissen „Streuung“ in den Prognosen verbunden. Alleine die Berücksichtigung von Zinseffekten kann bei derartigen Zeiträumen einen sichtbaren Effekt liefern.

Die Motivationsfaktoren variieren etwas, wenn man eine Differenzierung zwischen Großunternehmen und KMUs (Klein- und Mittelständische Unternehmen) vornimmt. Bei Großbetrieben ist das Thema Qualitätssteigerung wesentlich ausgeprägter, wohingegen die Entwicklung neuer Dienstleistungen und die Kundenbindung bei den KMUs stärker ausgeprägt sind [11].

Ungeachtet der unterschiedlichen Motivationsgründe ist festzustellen, dass Industrie 4.0 in der deutschen Industrie „angekommen“ ist. So nutzen bereits im Mittel ca. 44% der Unternehmen aus den Bereichen Maschinenbau, Chemie, Elektrotechnik und Automobilindustrie Industrie 4.0-Anwendungen. Reduziert sich der Fokus auf die Automobilindustrie, so erhöht sich der Wert auf über 53% [8].

Diese bisher sehr allgemeinen Bemerkungen werden in den folgenden Kapiteln detaillierter betrachtet. Um dies zu gewährleisten, erfolgt eine Fokussierung auf die Automobilindustrie im Allgemeinen und deren Produktion im Speziellen (da hier die Wertschöpfung erfolgt).

1.2 Historie

Die Motivation für den Begriff „Industrie 4.0“ wurde schon in vielfältigen Publikationen sehr ausführlich dargelegt, siehe hierzu unter anderem [3, 4]. Daher wird dieses Thema hier nur sehr kurz dargestellt. Auffällig an der Entwicklung (siehe Abb. 1.2) sind der immer kürzer werdende Zeitraum zwischen zwei massiven Innovationsschüben („Sprünge“ in Form einer neuen Revolution). Somit könnte eine „Industrie 5.0“ in nicht so weiter Zukunft liegen.

Ein weiterer beachtenswerter Punkt ist, dass mit jeder Revolution ein Wohlstandsschub von einigen Bevölkerungsschichten beziehungsweise Ländern aber auch Verelendung in anderen Bereichen oder Ländern einhergegangen ist. Erkennt man Veränderungen und nutzt diese, kann dies zu einem erheblichen Anstieg des Wohlstandes eines ganzen Landes oder einer Region beziehungsweise Branche bedeuten. „Verschläft“ man aber genau eine derartige Entwicklung, so kann auch das Gegenteil eintreten. Dies ist besonders für die sehr exportorientierte und auf die Produktion von Wirtschaftsgütern fokussierte deutsche Wirtschaft ein vitaler Punkt.

Generell ist anzumerken, dass die deutsche Industrie im Allgemeinen und die Automobilindustrie im Speziellen für das Thema Industrie 4.0 gut „aufgestellt“ sind. Vor allem die Automobilindustrie hat in den vergangenen zwei Jahren erhebliche Fortschritte in diesem Umfeld getätigt. Hier könnten sicherlich einige Faktoren besonders positiv gewirkt haben. So ist der Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der Automobilindustrie als sehr hoch anzusehen. Generell hat die deutsche Industrie durch das duale Ausbildungssystem und dem damit verbundenen qualitativ hohen Ausbildungsstand und der Anpassungsfähigkeit eine entsprechend hohe Flexibilität und Qualität in der Produktion zu verzeichnen, vor allem im Vergleich zu anderen Ländern wie den USA oder den asiatischen Ländern. Dieses hohe Niveau sorgt auch für ein gutes Fundament in Bezug auf die schnelle und nachhaltige Digitalisierung der Arbeitsplätze und den damit verbundenen Veränderungswillen.



Abb. 1.2 Die vier Industriellen Revolutionen