

# **Entwicklung eines Industrie 4.0 Referenzmodells zur Analyse der kritischen Erfolgsfaktoren**

## **Bachelorarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im  
Studiengang Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der  
Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Asanoski



Vorname: Marc



Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Hannover, den 10.08.2015

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
1. Einleitung .....	1
2. Theoretische Grundlagen .....	3
2.1 Die erste industrielle Revolution .....	3
2.2 Die zweite industrielle Revolution .....	4
2.3 Die dritte industrielle Revolution .....	4
2.4 Industrie 4.0 – Die vierte industrielle Revolution .....	5
2.4.1 Das Internet der Dinge – Internet of Things .....	5
2.4.2 Cyber Physical Systems.....	7
2.4.3 Planung der Industrie 4.0 .....	8
2.5 Standort Deutschland in Bezug auf die Industrialisierung 4.0 .....	11
3. Konzepte für die Industrie 4.0.....	13
3.1 Computer Integrated Manufacturing – Die Rechnergeführte Fabrik.....	13
3.2 Lean Production – Die Lean Fraktale Fabrik .....	14
3.3 Smart Factory .....	15
4. Empirische Untersuchung zum aktuellen Stand und kritischen Erfolgsfaktoren der Industrialisierung 4.0 .....	17
4.1 Qualitative Inhaltsanalyse .....	17
4.2 Auswahl der Interviewpartner .....	17
4.3 Fragenkatalog .....	18
5. Konzeptualisierung eines Referenzmodells zur Industrie 4.0.....	21
5.1 Grundlage: Referenzmodell .....	21
5.2 Analytische Auswertung der empirischen Studie .....	21

6. Datenschutz in der Industrie 4.0 .....	26
7. Kritische Würdigung und Fazit.....	27
Literaturverzeichnis .....	29
Anhang: Experteninterviews.....	A
Interview mit Joachim Mohs (Senior Manager, PricewaterhouseCoopers) .....	A
Interview mit Dr. Benedikt Lebek (IT-Anforderungs- und IT- Projektmanagement, Lenze SE) .....	D

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Word Cloud – Internet der Dinge.....	S.6
Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen dem Internet der Dinge und CPS.....	S.8
Abbildung 3: Die vier Stufen industrieller Revolution.....	S.10
Abbildung 4: Flexible Fertigungssysteme.....	S.12
Abbildung 5: Referenzmodell zur Analyse kritischer Erfolgsfaktoren.....	S.21

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definitionen der Industrie 4.0.....	S.8
--	-----

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AG	Aktiengesellschaft
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
BSI	Bundesministerium für Sicherheit in der Informationstechnologie
Bzw	Beziehungsweise
B2C	Business to Customer
Ca.	Zirka
CAD	Computer Aided Drafting
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CPS	Cyber Physical Systems
DNA	Desoxyribonukleinsäure
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
IT	Informationstechnologie
MRP	Material Requirement Planning
M2M	Machine to Machine
PC	Personal Computer
PPS	Production Planning System
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TPS	Toyota Production System
z.B.	Zum Beispiel

## 1. Einleitung

*„Es wird in wenigen Jahrzehnten kaum mehr Industrieprodukte geben, in welche die Computer nicht hineingewoben sind.“ – Karl Steinbruch, 1966*

In unserem täglichen Leben werden wir immer abhängiger von der neuesten Technologie die sich hinter der Elektronik und Kommunikation verbirgt. Unsere Mobiltelefone sind mittlerweile kraftvolle Multimedia Systeme, die ältere Desktopcomputer in den Schatten stellen. Autos werden immer mehr zu Computern auf vier Rädern und Häuser werden „smart“.

Produkte müssen schlau und individuell sein um den Alltag so gut wie möglich zu erleichtern. Das implementieren dieser Technik, gerade in Bezug auf einen immer preis-sensibleren Weltmarkt, stellt die Industrie jedoch vor eine große Herausforderung. Für den Erfolg eines Unternehmens kann es daher entscheidend sein, wie die eigene Produktion aufgebaut ist und wie diese operiert. Die Vergangenheit zeigt, dass eine Erhöhung der Komplexität der Produktion schlichtweg zu unflexiblen Produktionssystemen geführt hat.

Die Zukunft sieht allerdings anders aus. Durch eine „Lean Production“ innerhalb einer „smarten Fabrik“ und der dahinter steckenden IT-Infrastruktur soll es möglich werden, trotz hoher Individualität der Produkte, eine nahezu autonome Produktion zu gewährleisten. Die Technologie muss es ermöglichen die Geschwindigkeit und den Aufbau der Produktion zu beschleunigen, und gleichzeitig den Planungsaufwand der dahinter steckt zu verringern. Rüstkosten stellen für viele Unternehmen einen fixen Faktor da und werden nicht weiter beachtet (Hoffman, 1996, p. 5).

Das genaue Gegenteil ist allerdings der Fall. In dem gleichen Maße wie smarte Technologien genutzt werden um Menschen den Alltag zu erleichtern, können sie genutzt werden um eine Produktion zu unterstützen. So können Smartphones z.B. als Control Panel fungieren und durch drahtlose Technologie Kabel vermieden werden, wodurch Maschinen können mobiler gemacht werden können.

Hinter all dem steckt der Begriff Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution, ein Konzept welches aus akademischer und industrieller Zusammenarbeit hervorgegangen ist und für eine massive Effizienzsteigerung in der industriellen Produktion sorgen soll.

Das Leitbild stellt hierbei eine intelligente Fabrik dar, in der der Produktionsprozess nicht nur untereinander, sondern weltweit vernetzt ist, es keine Rüstzeiten gibt und eine Vollautomation des gesamten Prozesses herrscht.

Im Zuge der vorliegenden Arbeit soll erforscht werden, wie Unternehmen das Konzept Industrie 4.0 am besten umsetzen können, welche Chancen Industrie 4.0 bietet aber auch welche Gefahren sich ergeben können. Dabei steht die Entwicklung eines Referenzmodells zur Analyse der kritischen Erfolgsfaktoren im Mittelpunkt.

Um dieses Modell entwickeln zu können, werden im Kapitel 2 dieser Arbeit zunächst die theoretische Grundlagen der Themen: „Industrielle Revolution“, „Das Internet der Dinge“ und „Cyber Physical Systems“ erläutert. Außerdem wird der Wirtschaftsstandort Deutschland betrachtet.

In Kapitel 3 werden danach Konzepte erklärt, die maßgeblich für die Umsetzung der Industrie 4.0 sind. Das bereits genannte Leitbild der „Smart Factory“ stellt dabei nur einen kleinen Teil dar.

Mithilfe einer empirischen Untersuchung, in Form einer Qualitativen Inhaltsanalyse in Kapitel 4, soll nach der Analyse der Testergebnisse in Kapitel 5, die Entwicklung des Referenzmodells stattfinden. Im Anschluss folgt eine Beschränkung des Themas und weiteren Trendansichten sowie einem abschließenden Fazit.

## 7. Kritische Würdigung und Fazit

Die Industrie 4.0 stellt sowohl Wirtschaft, Politik und die Gesellschaft gleichermaßen vor eine große Herausforderung, offenbart im Umkehrschluss aber auch enorme Chancen. Das Thema zu boykottieren ist dabei weder für kleine und mittelständische Unternehmen noch bei Großkonzernen eine Alternative. Durch das in dieser Arbeit entwickelte Referenzmodell, werden kritische Erfolgsfaktoren analysiert welche eine erfolgreiche Übertragung des Konzepts 4.0 auf das eigene Unternehmen ermöglichen soll. Neben Unternehmensinternen Faktoren im Bereich Management und Organisation, sowie Personal und Technik spielen auch Politik und Märkte eine entscheidende Rolle.

*„Wenn die Automatisierung anhält, wird der Mensch all seine Gliedmaßen verkümmern lassen - bis auf den Finger zum Knopfdrücken.“ – Frank Lloyd Wright (1869-1959)*

Die Änderungen durch die Industrie 4.0 werden gravierend sein und bringen neben positiven Auswirkungen wie einer Effizienzsteigerung auch Problematiken hervor wie z.B. den Abbau von Stellen in der Produktion.

Wer sich allerdings von den Bedenken gegenüber den Änderungen abschrecken lässt sollte bedenken, dass alle bisherigen Revolutionen die Wirtschaft und auch die Gesellschaft weitergebracht haben und es schließlich zu einer Optimierung der Lebensqualität aller Menschen geführt hat.

Dennoch spielen auch psychologische Aspekte wie eine weitere Entfremdung der Arbeit eine Rolle um die Mitarbeiter gegenüber der Industrie 4.0 positiv einzustellen. . Insgesamt stellt die Industrie 4.0 ein äußerst komplexes Konstrukt dar. Das entwickelte Vorgehens-Referenzmodell soll für allgemein gelten und ist daher für jedes einzelne Unternehmen individuell anzupassen. Um Netzeffekte zu gewährleisten bedarf es einer ausgefeilten Standardisierungsstrategie. Dabei unterscheiden sich die Unternehmen nicht nach ihrer Größe sondern vielmehr nach dem Aufbau der Produktion sowie der Funktion des Produkts. Kleine und mittelständische Firmen haben allerdings wenig Entscheidungsspielraum, wenn sie als Zulieferer für Großkonzerne agieren, die eine Industrie 4.0 implementieren wollen. Auch international wird eine Zusammenarbeit der verschiedenen Länder erforderlich sein um eine einheitliche und klar definierte Gesetzgebung zu ermöglichen, welche sowohl



für Unternehmen als auch für Kunden Sicherheitsmaßnahmen festlegt und so einen optimalen Schutz durch alle Art von Angriffen gewährleistet. Auch der zunehmende Bedarf an IT-Fachkräften ist deutlich. Besonders Deutschland muss in der Lage sein, diese Fachkräfte neben der inländischen Ausbildung auch aus dem Ausland akquirieren zu können.

Die Industrie 4.0 bringt Chancen gleichermaßen wie Risiken mit sich. Nur durch nationale und internationale Abstimmungen von Wirtschaft, Gesellschaft, Technologie und Politik kann ein entsprechender Erfolg daraus resultieren.

## Literaturverzeichnis

Alavudeen, A. & Venkateshwaran, N., 2008. *Computer Integrated Manufacturing*. New Delhi: Asoke K. Gosh.

Aust, R., 2012. *zdf.de*. [Online]

Available at: <http://www.zdf.de/terra-x/die-industrielle-revolution-in-deutschland-24324984.html>

[Zugriff am 9 July 2015].

Bauer, K. & Diegner, D. B., 2013. *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, s.l.: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Bauernhansl, T., ten Hompel, M. & Vogel-Heuser, B., 2014. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik - Anwendungen, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer.

bbc.de, 2014. *BBC*. [Online]

Available at: [http://www.bbc.co.uk/history/historic\\_figures/arkwright\\_richard.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/arkwright_richard.shtml)

[Zugriff am 09 07 2015].

bitkom, 2014. *bitkom.org*. [Online]

Available at: <https://www.bitkom.org/Themen/Branchen/Industrie-4.0/Vision-Industrie-4.0-3.html>

[Zugriff am 20 July 2015].

bmbf.de, 2014. *bmbf.de*. [Online]

Available at: <http://www.bmbf.de/de/9072.php>

[Zugriff am 17 July 2015].

Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2014. *Zukunftsbild "Industrie 4.0"*, Bonn: s.n.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015. *bmwi.de*. [Online]  
Available at: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/industrie-4-0.html>  
[Zugriff am 20 July 2015].

Dickmann, P., 2009. *Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. 2 Hrsg. Heidelberg: Springer.

Dorst, W. & Heyer, T., 2015. Politische Handlungsempfehlungen. *Industrie 4.0 – Deutschland als Vorreiter der digitalisierten Vernetzung von Produkten und Produktionsprozessen*, pp. 2-3.

Dumitrescu, D.-I., 2014. *Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe*. [Online]  
Available at: <http://www.its-owl.de/industrie-40/evolution-statt-revolution/>  
[Zugriff am 8 August 2015].

Fleisch, E., 2005. *Das Internet der Dinge*. Berlin: Springer.

Gajewski, T., 2004. *Referenzmodell zur Beschreibung der Geschäftsprozesse von After-Sales-Dienstleistungen unter besonderer Berücksichtigung des Mobile Business*, Paderborn: Universität Paderborn.

Gerginov, D., 2013. *gevestor.de*. [Online]  
Available at: <http://www.gevestor.de/details/die-entdeckung-der-elektrizitat-waehrend-der-zweiten-industriellen-revolution-674384.html>  
[Zugriff am 10 July 2015].

globalisierung-fakten.de, 2012. *globalisierung-fakten.de*. [Online]  
Available at: <http://www.globalisierung-fakten.de/industrialisierung/zweite-industrielle-revolution/>  
[Zugriff am 9 July 2015].

Hagelauer, R., Bode, A. & Hellwagner, H., 1999. *Informatik-Handbuch*. 2 Hrsg. München: Pomberger.

Hahn, H.-W., 2005. *Die industrielle Revolution in Deutschland*. 49 Hrsg. Oldenburg: Oldenburg Verlag.

Hars, A., 1994. *Referenzdatenmodelle - Grundlagen effizienter Datenmodellierung*. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Hilbert, M. & López, P., 2011. The World's Technological Capacity to Store, Communicate and Compute Information. *Science*, 332(6025), pp. 60-65.

Hoffman, E. G., 1996. *Setup Reduction Through Effective Workholding*. 1 Hrsg. New York: Industrial Press Inc..

Hubaux, J.-P. & Srivastava, M., 2004. Mobisys 2004 Workshop on Applications. *WAMES*, pp. 18-19.

Hübsch, M., 2014. *Jaxenter*. [Online]  
Available at: [https://jaxenter.de/wp-content/uploads/2014/08/internet\\_der\\_dinge\\_internet\\_of\\_things\\_energieversorgung\\_internetzugang\\_standards.jpg](https://jaxenter.de/wp-content/uploads/2014/08/internet_der_dinge_internet_of_things_energieversorgung_internetzugang_standards.jpg)  
[Zugriff am 16 Juli 2015].

Karnouskos, S., 2012. *Cyber-Physical Systems in the SmartGrid*. s.l., s.n.

Mattern, F. & Flörkemeier, C., 2014. *Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge*, Zürich: ETH Zürich.

Mayring, P., 2010. Qualitative Inhaltsanalyse. In: *Handbuch: Qualitative Forschung in der Psychologie*. s.l.:Verlag für Sozialwissenschaften, pp. 601-613.

Mc Graw, H., 2005. *The Toyota Way*. s.l.:Liker.

Meuser, M. & Nagel, U., 1991. *Experteninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht*. s.l.:s.n.

Müller-Tauber, E., 2015. *Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern*. [Online]

Available at: <https://www.muenchen.ihk.de/de/WirUeberUns/Publikationen/Magazin-wirtschaft-/Aktuelle-Ausgabe-und-Archiv2/magazin-05-2015/Betriebliche-Praxis/industrie-4.0-und-recht-rechtlich-smart-in-die-zukunft>

[Zugriff am 8 August 2015].

Paeger, J., 2014. *oekosystem-erde.de*. [Online]

Available at: [http://www.oekosystem-erde.de/html/industrielle\\_revolution.html](http://www.oekosystem-erde.de/html/industrielle_revolution.html)

[Zugriff am 09 07 2015].

Scheer, A. W., 2013. *CIM Computer Integrated Manufacturing: Der computer gesteuerte Industriebetrieb*. Saarbrücken: Springer Verlag.

Schipper, L., 2015. *Was ist eigentlich das Internet der Dinge?*. [Online]

Available at: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/cebit/cebit-was-eigentlich-ist-das-internet-der-dinge-13483592.html>

[Zugriff am 16 July 2015].

Sender, U., Baum, G., Borcharding, H. & Broy, M., 2013. *Industrie 4.0 - Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM*. München: Springer.

Sohns, K., Breitner, M. H. & Papathanassis, A., 2011. Online Content Mining Technologies for the Cruise Industry: State-of-the-art. *European Journal of Tourism, Hospitality & Recreation*, 2(3), pp. 55-77.

Stetter, R., 2013. *software-kompetenz.de*. [Online]

Available at: <http://www.software-kompetenz.de/servlet/is>

[Zugriff am 22 July 2015].

Toyota Motor Corporation, 1998. *The Toyota Production System - Leaner manufacturing for a greener planet*. Tokyo, TMC.

vom Brocke, P. D. J. & Fettke, D. P., 2013. *Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik - Online Lexikon*. [Online]

Available at: <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Informationsmanagement/referenzmodellierung>  
[Zugriff am 4 August 2015].

Westkämpfer, E., Spath, D., Constantinescu, C. & Lentes, J., 2013. *Digitale Prduktion*. Stuttgart: Fraunhofer IPA.

Wieland, M. et al., 2006. *Task-orientierte Anwendungen in einer Smart Factory*. Stuttgart, Institut für Architektur von Anwendungssystemen - Uni Stuttgart.

Winzenfried, O., 2014. *Ideenklau in der Industrie 4.0* [Interview] (11 November 2014).

Ziegler, D., 2005. *Die industrielle Revolution*. Darmstadt: s.n.

Zühlke, D., 2008. *SmartFactory – from Vision to Reality in Factory Technologies*. Seoul, The International Federation of Automatic Control.