

REFLEXIÓN SOBRE LOS SISTEMAS EMPRESARIALES Y SU CONTRIBUCION DESDE LA PERSPECTIVA DEL MANEJO DE LA INFORMACION: UNA APROXIMACION DESDE LA INDUSTRIA 4.0

Javier D. FERNÁNDEZ LEDESMA
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma Latinoamericana, Colombia

RESUMEN

El artículo recoge la perspectiva y estado actual de la industria 4.0; el cual se inserta en el ecosistema de innovación e investigación como una temática de frontera del conocimiento para la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, en específico las temáticas derivadas del internet de las cosas y los sistemas ciber-físicos en los procesos industriales, tal como lo plantea [1].

El artículo permite dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué se entiende por la industria 4.0, desde su conceptualización, desarrollo e implementación?; otras cuestiones que se abordan son: ¿Cuál es el ambiente de la industria 4.0 y cuales son las razones y motivaciones para su implementación?, ¿Cuáles son las teorías básicas acerca de la industria 4.0 y exactamente en qué consisten como marco conceptual para su implementación? Y finalmente ¿Cuáles son las diferencias entre las regiones estudiadas en términos de la demanda, fomento e implementación de la industria 4.0?.

PALABRAS CLAVES: INDUSTRIA 4.0, SISTEMAS, INDUSTRIA, INTERNET DE LAS COSAS, DIGITALIZACIÓN.

1. INTRODUCCION

El presente artículo recoge los desarrollos conceptuales y del estado del arte sobre la industria 4.0, para ellos se hace uso de metodologías de análisis de corte descriptivo [2] con el fin de caracterizar, identificar y describir los entornos de la Industria 4.0, las teorías básicas de la Industria 4.0 y los requerimientos y diferencias de la Industria 4.0 en diferentes regiones en el mundo; dicho análisis de corte descriptivo viene acompañado de una revisión exhaustiva de la literatura reciente con el ánimo de determinar el estado del arte de la temática en el contexto de la investigación; dicha revisión se realizó en bases de datos especializadas de las plataformas Science Direct y Web of Knowledge, como fuentes secundarias de búsqueda e indagación, en un horizonte de tiempo comprendido entre 2010-2016 y tomando como estrategia de búsqueda los desarrollos, conceptualizaciones y aplicaciones en la temática de la industria 4.0 y referenciando categorías como: industria 4.0, internet de las cosas, sistemas ciber-físicos, entre otras que aparecen en el proceso de indagación y búsqueda.

En la segunda sección se muestran los antecedentes teóricos más relevantes, en la tercera sección se muestra la revisión de la literatura sobre el tema y en la cuarta sección se hace una discusión sobre los hallazgos preliminares y conclusiones alcanzadas.

2. ANTECEDENTES CONCEPTUALES Y DE CONTEXTO

La cuarta revolución industrial o lo que se ha dado en llamar la Industria 4.0, viene precedida por un cambio no solo tecnológico, sino también en los modelos de desarrollo económico de los países, principalmente, en el caso de las economías emergentes, cuya participación en el mercado, en contraste con las economías tradicionales, ha crecido en el período comprendido entre 1991 a 2011 frente a una disminución en los modelos económicos tradicionales para el mismo período del -21%. En el caso de Asia por ejemplo, este continente logró cuadruplicar su participación, logrando una participación del 31% en el circuito económico mundial. De esta forma se pasó de una participación cuantificada de 3.45 billones de dólares a 6.58 billones de dólares, con inversiones en el desarrollo industrial, la diferenciación de productos y el logro de ventajas competitivas, tal como lo plantea [3].

Pero estos cambios en el panorama industrial y económico vienen matizados por fenómenos que según [4] obedecen a una alta complejidad en la producción, dado que “No es posible describir todos los productos y procesos de una manera exacta”, en tanto esta se manifiesta como menos predecible, altamente flexible y sensible a pequeñas externalidades.

En esta perspectiva, surge entonces la pregunta: ¿Porqué es importante investigar sobre la industria 4.0?, un estudio realizado por Bundesvereinigung Logistik, referenciado por [5], mostró que todos los tópicos importantes para 2015 como parte de la transición de los procesos pasaba por la industria 4.0. El 31 % de las industrias ven la importancia de la digitalización como un tópico importante de la industria 4.0 y en su futuro inmediato; de igual forma, en una economía como la Alemana, la industria 4.0, refiriendo todos los productos y servicios que necesitan tecnología y comunicación para 2020, tienen un potencial de mercado de 10.9 millones de Euros, con un valor agregado anual de 1.7 %, según lo plantea [6], en referencia a lo planteado en el interrogante inicial. Según [1] el término industria 4.0 fue creado por el gobierno Alemán en la segunda década del siglo 21 y forma parte del proyecto denominado: El futuro de la “Industria 4.0”. Este concepto hace parte de la denominada cuarta revolución industrial, en la cual el mundo físico-real y el mundo virtual se unen en un sistema llamado Cyber Physical-System (CPS), lo cual es posible a través de lo que se ha denominado el Internet of Things (IoT).

Así mismo, [1] define el Internet of Things (IoT), como un nuevo concepto complementario de la evolución de las comunicaciones y la informática, aplicadas a los objetos, lo cual permite una mejor interacción entre ellos. Se refiere a una red de cosas diariamente interconectadas a través de Internet. Y [7] definen los Cyber Physical-System (CPS) como la integración de la computación, las

redes y los procesos físicos, con computación embebida y monitoreo en redes para el control de los procesos físicos; con ciclos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los computacionales y viceversa. CPS integra los sistemas embebidos en dispositivos que permiten la interacción con las dinámicas de los procesos físicos, proveyendo abstracciones, modelos, diseños y técnicas de análisis para su integración.

Ahora bien, [8], enmarcado en lo anterior, plantean las características de la producción industrial futura, en términos de: una mayor individualización del producto (con una producción masiva altamente flexible), mayor y mejor integración de clientes y proveedores en procesos de negocios con productos y servicios de alta calidad resultado de productos híbridos, la optimización para la estandarización y las arquitecturas de referencia en el control de sistemas complejos, la infraestructura de internet y su cobertura en términos de seguridad para la industria, la organización y diseño de entrenamientos de nuevos puestos de trabajo y el desarrollo de aplicaciones que cumplan las condiciones de estudios legales, las eficiencias de los recursos, la integración vertical bajo valor añadido a la redes, la generalización digital de la cadena de suministros y una integración vertical con los sistemas de producción conectados.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Como se mencionó en la introducción se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura reciente con el ánimo de determinar el estado del arte de la temática en el contexto de la investigación; dicha revisión se realizó en bases de datos especializadas de las plataformas Science Direct y Web of Knowledge, como fuentes secundarias de búsqueda e indagación, en un horizonte de tiempo comprendido entre 2010-2016 y tomando como estrategia de búsqueda los desarrollos, conceptualizaciones y aplicaciones en la temática de la industria 4.0 y referenciando categorías como: industria 4.0, internet de las cosas, sistemas ciber-físicos, entre otras que aparecen en el proceso de indagación y búsqueda.

En este sentido se encontró lo siguiente:

[9], Habla de las tres primeras revoluciones industriales en términos de: La primera revolución industrial alrededor de 1750 con la máquina de vapor y los motores de combustión. La segunda revolución industrial caracterizada por la división del trabajo y la producción en serie con ayuda de la energía eléctrica (Taylor, Ford) y la tercera revolución industrial a inicios de los 60's con el desarrollo de la electrónica y las TIC'S. En esta perspectiva [9] y [10], plantean la importancia de la industria en la economía en términos de: productividad, innovación y exportación, adicional a lo propuesto por [9] y [11] sobre los cambios en los factores de producción (energía, materiales, conocimiento y capital); en esta misma perspectiva [9] y [12] abordan el problema de la complejidad en la producción. Según estos, por ejemplo, BMW ofrece 1020, 100.000.000.000.000.000.000 o 100 quintillones de maneras teóricamente posibles de configuraciones o combinaciones de nuevos carros. La complejidad definida a través del número de elementos de un sistema y sus interrelaciones. No es posible describir todos los productos y procesos exactamente. Dado que desde 1850 se asiste a una relación exponencial entre la variedad de los productos y el volumen de productos por variedad. Analizan factores como: la eficiencia, la diversidad, la demanda y la capacidad de entregas, el incremento de la disponibilidad, la

elasticidad del precio y la variabilidad en la producción. Y finalmente, [13] habla de la fase de transición a la cuarta revolución industrial con desarrollos en las redes de comunicaciones, la optimización de sistemas y bases de datos, el incremento de la productividad, la reducción de costos y la digitalización, el control descentralizado, el uso del internet de las cosas y los servicios.

Tabla 1. Principales aportes a la discusión sobre los antecedentes a la industria 4.0 desde su conceptualización

Autor	Aporte
[9]	Habla de las tres primeras revoluciones industriales en términos de: La primera revolución industrial alrededor de 1750 con la máquina de vapor y los motores de combustión. La segunda revolución industrial caracterizada por la división del trabajo y la producción en serie con ayuda de la energía eléctrica (Taylor, Ford). La tercera revolución industrial a inicios de los 60's con el desarrollo de la electrónica y las TIC'S.
[9] y [10]	Plantean la importancia de la industria en la economía en términos de: productividad, innovación y exportación.
[9] y [11]	Discuten sobre los cambios en los factores de producción (energía, materiales, conocimiento y capital).
[9] y [12]	Aborda el problema de la complejidad en la producción. Por ejemplo BMW ofrece 10^{20} , 100.000.000.000.000.000 o 100 quintillones de maneras teóricamente posibles de configuraciones o combinaciones de nuevos carros. La complejidad definida a través del número de elementos de un sistema y sus interrelaciones. No es posible describir todos los productos y procesos exactamente. Desde 1850 se asiste a una relación exponencial entre la variedad de los productos y el volumen de productos por variedad. Analizan factores como: la eficiencia, la diversidad, la demanda y la capacidad de entregas, el incremento de la disponibilidad, la elasticidad del precio y la variabilidad.
[13]	Habla de la fase de transición a la cuarta revolución industrial con desarrollos en las redes de comunicaciones, la optimización de sistemas y bases de datos, el incremento de la productividad, la reducción de costos y la digitalización, el control descentralizado, el uso del internet de las cosas y los servicios.

Por otro lado, [14] Plantean la discusión sobre tres principales grupos referidos a los estudios sobre la industria 4.0: la individualización de la producción (personalización masiva, modularización, sistemas de manufactura flexible y reconfigurable, el control distribuido, la optimización en sí misma, la manufactura rápida y la computación en la nube); las redes colaborativas y la integración horizontal (manufactura distribuida, flexibilidad en la cadena de suministro, visibilidad de la cadena de suministro, internet de las cosas y servicios) y la integración digital (virtualización de la cadena de procesos, trazabilidad de datos individualizados, sistemas operativos en tiempo real, simulación y modelamiento de productos y procesos, planeamiento simultaneo de productos y procesos productivos); mientras [15] hablan sobre los conductores de la industria 4.0 en términos del desarrollo industrial: el uso de los sistemas productivos embebidos inteligentes, los servicios móviles y la computación ubicua; el uso de internet como una Web de negocios y el uso de la semántica

Web y los métodos de la Web 2.0. A partir de los estudios adelantados por [16] quienes discuten sobre las leyes de Moore y Metcalfe, la primera basada en la observación empírica sobre la densidad de los componentes y los cambios en los circuitos integrados en los últimos 40 años y su impacto en la industria 4.0. Y la segunda la cual dice que los beneficios de sistemas de comunicación crecen exponencialmente con el crecimiento de sus participantes. Y finalmente, [17] quienes hablan sobre los avances en la implementación y la omisión de los riesgos en la industria 4.0, cambios en términos de seguridad en TI [18], altos costos de inversión [19] y [20], preservación de secretos de la compañía [21], esperas en las soluciones técnicas, quiebres en las estructuras estables y en los procesos, administración de la complejidad, la unificación semántica en la comunicación entre máquinas; los estándares [22], las inseguridades legales [23] y las habilidades inadecuadas de los empleados [24].

Tabla 2. Principales aportes a la discusión sobre los antecedentes a la industria 4.0 desde su fundamentación

Autor	Aporte
[14]	Plantean la discusión sobre tres principales grupos referidos a los estudios sobre la industria 4.0: la individualización de la producción (personalización masiva, modularización, sistemas de manufactura flexible y reconfigurable, el control distribuido, la optimización en sí misma, la manufactura rápida y la computación en la nube); las redes colaborativas y la integración horizontal (manufactura distribuida, flexibilidad en la cadena de suministro, visibilidad de la cadena de suministro, internet de las cosas y servicios) y la integración digital (virtualización de la cadena de procesos, trazabilidad de datos individualizados, sistemas operativos en tiempo real, simulación y modelamiento de productos y procesos, planeamiento simultáneo de productos y procesos productivos).
[15]	Hablan sobre los conductores de la industria 4.0 en términos del desarrollo industrial: el uso de los sistemas productivos embebidos inteligentes, los servicios móviles y la computación ubicua; el uso de internet como una Web de negocios y el uso de la semántica Web y los métodos de la Web 2.0.
[16]	Discuten sobre las leyes de Moore y Metcalfe. Ley de Moore basada en la observación empírica sobre la densidad de los componentes y los cambios en los circuitos integrados en los últimos 40 años y su impacto en la industria 4.0. La ley de Metcalfe la cual dice que los beneficios de sistemas de comunicación crecen exponencialmente con el crecimiento de sus participantes.
[17]	Hablan sobre los avances en la implementación y la omisión de los riesgos en la industria 4.0, cambios en términos de seguridad en TI [18], altos costos de inversión [19] y [20], preservación de secretos de la compañía [21], esperas en las soluciones técnicas, quiebres en las estructuras estables y en los procesos, administración de la complejidad, la unificación semántica en la comunicación entre máquinas; los estándares [22], las inseguridades legales [23] y las habilidades inadecuadas de los empleados [24].

También se encuentran los trabajos de [25] y [26] quienes plantean los desarrollos de la industria 4.0 a partir de los avances en la Manufactura Integrada por Computador; los trabajos de [27], [28] y

[29] quienes hablan sobre los desarrollos en términos de los sistemas Lean; los trabajos de [30] quienes discuten sobre los desarrollos en términos tecnológicos: Internet de las cosas [31] y [32], Auto-ID Sistemas de identificación automático [33], RFDI [34] y [35], Sistemas embebidos [36], redes inalámbricas ([37], [38] y [39]). Así como el desarrollo de la comunicación industrial [40], [41] y las técnicas de control como Ethernet, OPC UA [42] y Soft-PLC [43], [44]; los trabajos de [45] quienes hablan sobre los contenidos de la industria 4.0 en la producción: los productos inteligentes [46], la máquina inteligente –planeación, ensamblaje, lanzamiento, operación y reconfiguración [47] y los operadores asistentes ([45]). También están los trabajos de [48], quienes plantean la automatización de la producción definida como la tecnología referida a la aplicación de sistemas basados en computación, mecánicos y electrónicos para la operación y el control de la producción [49], [50], [51], [52], [53] y [54] y los sistemas ciber-físicos [55], [56], [7], [57], [58], [59] y [60]; los trabajos de [61] quienes hablan de la integración horizontal y vertical y su integración con la cadena de valor. Así como los trabajos de [62] quienes plantean la seguridad en la industria 4.0 y los trabajos de [63] quienes hablan de la interacción hombre-máquina [64].

Tabla 3. Principales aportes a la discusión sobre los antecedentes a la industria 4.0 desde sus desarrollos

Autor	Aporte
[25], [26]	Plantean los desarrollos de la industria 4.0 a partir de los avances en la Manufactura Integrada por Computador.
[27], [28], [29]	Hablan sobre los desarrollos en términos de los sistemas Lean.
[30]	Discuten sobre los desarrollos en términos tecnológicos: Internet de las cosas [31] y [32], Auto-ID Sistemas de identificación automático [33], RFDI [34] y [35], Sistemas embebidos [36], redes inalámbricas ([37], [38] y [39]). Así como el desarrollo de la comunicación industrial [40], [41] y las técnicas de control como Ethernet, OPC UA [42] y Soft-PLC [43], [44].
[45]	Hablan sobre los contenidos de la industria 4.0 en la producción: los productos inteligentes [46], la máquina inteligente –planeación, ensamblaje, lanzamiento, operación y reconfiguración [47] y los operadores asistentes ([45]).
[48]	Plantean la automatización de la producción definida como la tecnología referida a la aplicación de sistemas basados en computación, mecánicos y electrónicos para la operación y el control de la producción [49], [50], [51], [52], [53] y [54] y los sistemas ciber-físicos [55], [56], [7], [57], [58], [59] y [60].
[61]	Hablan de la integración horizontal y vertical y su integración con la cadena de valor.
[62]	Plantean la seguridad en la industria 4.0
[63]	Hablan de la interacción hombre-máquina [64].

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Industry 4.0 como tal, es un concepto de una gran complejidad, el cual no es muy conocido en el contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas; en este sentido, solo algunos tópicos relacionados con el Internet de las Cosas o los Sistemas de Manufactura CIM o CAD han sido reconocidos por expertos en el medio; lo cual no depende ni del tamaño de la compañía, ni del rango de operación, ni del tipo de producción. Se visualiza en el contexto que solo se tiene un conocimiento del tema a nivel de los mandos medios y directivos en departamentos administrativos y de Investigación y desarrollo que interáctuan con las nuevas tecnologías.

Si bien, la revisión de la literatura ha dado cuenta de múltiples desarrollos en la temática referida sobre la Industria 4.0 y su aporte para el desarrollo de la economía y para la industria en general; se evidencia una carencia en términos de propuestas metodológicas que aporten a la generación de estrategias de implementación de la Industria 4.0 en el contexto local, regional y nacional; reconociendo aportes como los de (Bildstein & Seidelmann, 2014) en términos de algunas recomendaciones o pasos para la implementación de la Industria 4.0.

Ahora bien, se reconoce como entre los obstáculos para la implementación de la Industria 4.0, se evidencian: la falta de conectividad de banda ancha, la formación del personal altamente cualificado, la cultura del cambio y el retorno de la inversión (ROI). Así mismo, dada la legislación actual, los riesgos de inversión son altos a nivel tecnológico, el nivel de cualificación del personal y la cultura organizacional limitan la incorporación de la Industria 4.0 en los contextos empresariales.

En este sentido, se requiere un programa Marco de Industria 4.0 en el país y la región que promueva la incorporación de la tecnología en procura de ventajas competitivas, de desarrollo e innovación, desde las Pymes hacia la gran industria, como un programa que inicie con la formación y la fundamentación, el estudio de pequeños ejercicios pilotos y la generación de estrategias macro que posibiliten el acceso al circuito internacional del desarrollo industrial del país.

5. TRABAJOS FUTUROS

Dentro de los futuros trabajos se tienen los siguientes:

- Implementación de tecnologías como *SyncBox App*, un grupo de soluciones enfocadas en diferentes áreas organizacionales, funciona como un analítica de datos complejos y procesos para ayudar en la toma de decisiones en tiempo real.
- Desarrollo de metodologías y modelos de analítica de datos en el marco de la implementación de soluciones desde la Industria 4.0 para empresas de producción, logística y servicios, con Big Data, Internet de las cosas, Computación en la nube, etc.
- Escalando desarrollos propios en las áreas de producción y logística como: MOCIFI-WEB.
- Metodología para trazabilidad de análisis e inteligencia de procesos orientados al desarrollo de sistemas de información.

- Optimización del diseño de componentes de manufactura en ambientes distribuidos.
- Implementar un sistema inteligente para la toma de decisiones soportado en un ambiente tipo workflow y en sistemas expertos que permitan optimizar la toma de decisiones a nivel de producción en la compañía.
- VPMP (Virtual Plant Monitoring Portal)

6. REFERENCIAS

1. Molano, A. (2014, October 1). Internet de las cosas: concepto y ecosistema. Colombia Digital. Retrieved from <http://colombiadigital.net/actualidad/articulosinformativos/item/7821internet-de-las-cosas-concepto-y-ecosistema.html>.
2. Shuttleworth, M. (2008, September 26). Diseño de Investigación Descriptiva. Explorable.com. Retrieved from <https://explorable.com/es/disenio-de-investigacion-descriptiva>.
3. Blanchet, M., Rinn, T., von Thaden, G., & de Thieulloy, G. (2014). Industry 4.0 - The new industrial revolution How Europe will succeed.
4. Bauernhansl, T. (2014). Die vierte industrielle Revolution - Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 5– 35). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
5. Statista GmbH. (2015). Wichtigste Themen der Logistik in 2015 | Umfrage. Retrieved September 27, 2015, from <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/381936/umfrage/logistikwichtige-themen/>
6. Pütter, C. (2014, September 27). Wachsende Bedeutung: Mehr Geld für Industrie 4.0. Handelsblatt. Retrieved from <http://www.handelsblatt.com/technik/vernetzt/wachsende-bedeutung-mehr-geld-fuer-industrie-4-0/10704372.html>
7. Asare, P., Broman, D., Lee, E. A., Torngren, M., & Sunder, S. S. (2012). Cyber-Physical Systems - a Concept Map. Retrieved May 1, 2015, from <http://cyberphysicalsystems.org/>
8. Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2014a). Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland.
9. Bauernhansl, T. (2014). Die vierte industrielle Revolution - Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 5–35). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
10. Manyika, J., Sinclair, J., Dobbs, R., Strube, G., Mischke, J., Remes, J., ... Ramaswamy, S. (2012). Manufacturing the future : The next era of global growth and innovation. McKinsey Global Institute.
11. Andelfinger, V. P., & Hänisch, T. (2015). Internet der Dinge. (V. P. Andelfinger & T. Hänisch, Eds.). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-06729-8>
12. Danne, C. (2012). Auswirkungen von Komplexität in Produktionssystemen insb. auf das Bestandsmanagement.

13. Venturelli, M. (2014). *Industria 4.0*. Retrieved from <https://mhventurelli.wordpress.com/2014/09/02/industria-4-0/>
14. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering*, 8(1), 37–44.
15. Geisberger, E., & Broy, M. (2012). agenda CPS - Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. *Acatech STUDIE*, 1–297. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-29099-2>
16. Thompson, S. E., & Parthasarathy, S. (2006). Moore's law: the future of Si microelectronics. *Materials Today*, 9(6), 20–25. [http://doi.org/10.1016/S1369-7021\(06\)71539-5](http://doi.org/10.1016/S1369-7021(06)71539-5)
17. Kelkar, O., Heger, R., & Dao, D.-K. (2014). Studie Industrie 4.0 – Eine Standortbestimmung der Automobil- und Fertigungsindustrie.
18. Wirnsperger, P. (2015, October 2). Abwarten ist keine Option - Cyber Security in der Industrie 4.0. Deloitte. Retrieved from <http://www2.deloitte.com/de/de/pages/risk/articles/industrie-4-0-cybersecurity.html?id=de%3A2sm%3A3fb%3A4sonstiges%3A5awa%3A6risk%3A20151005133500%3Aabiskeopcyseindeinq315&linkId=17666237>.
19. Koch, V., Geissbauer, R., Kuge, S., & Schrauf, S. (2014). Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. PwC, 19. Retrieved from <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>
20. Wischmann, S., Wangler, L., & Botthof, A. (2015). *Industry 4.0 - Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland - Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Retrieved from https://www.bmw.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/industrie-4-0-volksund_20betriebswirtschaftliche-faktorendeutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf.
21. Berwanger, J., Meckel, A., Wichert, J., & Bartsch, M. (2013). Stichwort: Betriebs- und Geschäftsgeheimnis. In *Gabler Wirtschaftslexikon* (18th ed.). Springer Gabler Verlag. Retrieved from <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/betriebs-Indgeschaeftsgeheimnis.html?referenceKeywordName=Gesch%C3%A4ftsgeheimnis>
22. Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE), & Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). (2016). *German Standardization Roadmap - Industry 4.0*, (2), 523.
23. Plöger, I., Sahl, J. C., Willems, H., Bräutigam, P., Hinerasky, C., & Klindt, T. (2015). *Industrie - 4.0 Rechtliche Herausforderungen der Digitalisierung*. Berlin. Retrieved from http://bdi.eu/media/presse/publikationen/information-undtelekommunikation/201511_Industrie-40_Rechtliche-Herausforderungen-der-Digitalisierung.pdf.
24. Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). *Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet*. PwC, 13, 1–51.
25. Soder, J. (2014). Use Case Production: Von CIM über Lean Production zu Industrie 4.0. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*, 85–102. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
26. Westkämper, E., Spath, D., Constantinescu, C., & Lentes, J. (2013). *Digitale Produktion*, 24(2), 336. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-20259-9>
27. Syska, A. (2006). *Produktionsmanagement - Das A — Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute*. <http://doi.org/10.1007/978-3-8349-9091-4>
28. Mählick, H., & Pankus, G. (1993). *Herausforderung Lean Production: Möglichkeiten zur wettbewerbsgerechten Erneuerung von Unternehmen*. VDI-Verlag.
29. Soder, J. (2014). Use Case Production: Von CIM über Lean Production zu Industrie 4.0. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*, 85–102. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
30. Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., & Lappe, D. (2014). *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung*. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 57–84). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>.
31. Andelfinger, V. P., & Hänisch, T. (2015). *Internet der Dinge*. (V. P. Andelfinger & T. Hänisch,Eds.). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-06729-8>
32. Paul, F. (2013). Cisco Says Its “Internet of Everything” Is Worth \$14.4 Trillion. Really? Retrieved February 28, 2015, from <http://readwrite.com/2013/03/13/cisco-says-its-internetof-everything-worth-144-trillion>
33. Sarma, S., Brock, D., & Ashton, K. (2000). *The networked physical world*. Retrieved from <http://222.autoidlabs.org/uploads/media/MIT-AUTOID-WH-001.pdf>
34. Sarma, S. (2001). *Towards the 5¢Tag*.
35. McFarlane, D., Sarma, S., Chirn, J. L., Wong, C. Y., & Ashton, K. (2003). Auto ID systems and intelligent manufacturing control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16(4), 365–376. [http://doi.org/10.1016/S0952-1976\(03\)00077-0](http://doi.org/10.1016/S0952-1976(03)00077-0)
36. Lange, W., Bogdan, M., & Schweizer, T. (2015). *Eingebettete Systeme: Entwurf, Modellierung und Synthese*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
37. Bach, T. (2008). *DSL versus Kabel: Informationsexternalitäten als Determinantes von Pfadabhängigkeit und Wechselkosten bei der Adoption von Breitband-Technologien*. GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. Retrieved from http://downloadv2.springer.com/static/pdf/340/bok:978-3-8349-8037-3.pdf?token2=exp=1430656936~acl=/static/pdf/340/bok%3A978-3-8349-8037-3.pdf*~hmac=6c28ff7f454ab6b1545d0586cf702fcf683b7f7080cbfe6d31c013bb36b7c7cd
39. International Telecommunication Union. (2003). *Birth of Broadband - Frequently Asked Questions*. Retrieved February 29, 2016, from

- <https://www.itu.int/osg/spu/publications/birthofbroadband/faq.html>
40. Elektronik-Kompodium.de. (2016). Grundlagen Mobilfunk (GSM UMTS 2G 3G 4G). Retrieved March 4, 2016, from <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0406221.htm>
 41. Kriesel, W., Gibas, P., Riedel, M., & Blanke, W. (1990). Feldbus als Mehrebenenkonzept. messen,steuern,regeln. Berlin33.
 42. Schnell, G., & Wiedemann, B. (2008). Bussysteme in der Automatisierungs- und Prozesstechnik - Grundlagen, Systeme und Trend der inrstriellen Kommunikation.<http://doi.org/10.1007/978-3-8348-9108-2>
 43. Schumacher, W., Form, T., Leonhard, W., & Varchmin, W. U. (2006). Industrielle Kommunikation mit Feldbussen. Technische Universität Braunschweig. Retrieved from http://haid.eit.h-da.de/FBS/Literatur/ikf_skript_duplex_SS06.pdf
 44. Bayer, M. (2009). Soft-SPS. Augsburg. Retrieved from http://www.hsaugsburg.de/~bayer/Vorlesungen/CIM_download/CIM-Vorlesung.pdf
 45. Kaftan, J. (2016). SPS-Grundkurs mit SIMATIC S7.
 46. Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., & Lappe, D. (2014). Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 57–84). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 47. Stephan, P., Meixner, G., Koessling, H., Floerchinger, F., & Ollinger, L. (2009). Productmediated communication through digital object memories in heterogeneous value chains. 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom 2010, 199–207. <http://doi.org/10.1109/PERCOM.2010.5466974>
 48. Ollinger, L., & Zühlke, D. (2013). An integrated engineering concept for the model-based development of service-oriented control procedures. *IFAC Proceedings Volumes (IFACPapersOnline)*, 1441–1446. <http://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00081>
 49. Schuh, G., Potente, T., Thomas, C., & Hauptvogel, A. (2014). Steigerung der Kollaborationsproduktivität durch cyber-physische Systeme. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*, 615–624. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>.
 50. O’Sullivan, D. (2009). Industrial Automation. Retrieved from <http://www.articlesbase.com/college-and-university-articles/industrial-automation-1569437.html>
 51. Büttner, K.-H., & Brück, U. (2014). Use Case Industrie 4.0-Fertigung im Siemens Elektronikwerk Amberg. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp.615–624). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 52. Hoppe, G. (2014). High-Performance Automation verbindet IT und Produktion. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung Und Logistik*, 615–624. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 53. Kusiak, A., & Smith, M. (2007). Data mining in design of products and production systems. *Annual Reviews in Control*, 31(1), 147–156. <http://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2007.03.003>
 54. Hori, S., Taki, H., Washio, T., & Motoda, H. (2002). Applying data mining to a field quality watchdog task. *Electrical Engineering in Japan*, 140(2), 18–25. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 55. Verl, A., & Lechler, A. (2014). Steuerung aus der Cloud. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 615–624). Stuttgart. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 56. Wiener, N. (1948). *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine* (1st ed.).
 57. Lee, E. A., & Seshia, S. A. (2015). *Introduction to Embedded Systems -- A Cyber-Physical Systems Approach*. Retrieved from <http://leeseshia.org/>
 58. European Commission. (2015b). *System-of-Systems*. Retrieved March 22, 2016, from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/system-systems>
 59. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0- based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
 60. Laka, J. (2010). *Sistemas Ciber-Fisicos*. Retrieved from <http://www.spri.eus/es/actualidadspri/contenidos-de-jornadas/basque-industry-4-0-lantegi-adimendua-la-fabrica-inteligente>
 61. Laudon, K. C., Laudon, J. P., & Schoder, D. (2010). *Wirtschaftsinformatik - Eine Einführung* (2nd ed.). München: Pearson Studium. <http://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
 62. Kempermann, H., & Lichtblau, K. (2014). Dienstleistungspotenziale im Rahmen von Industrie 4.0. *Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft e.V.* Retrieved from http://vbwagenda.de/downloads/positionen/04-140313-i-dienstleistungspotenziale_industrie-4.0_final.pdf
 63. Fallenbeck, N., & Eckert, C. (2014). IT-Sicherheit und Cloud Computing. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 397–431). München.
 64. Pantförder, D., Vogel-Heuser, B., & Schweizer, K. (2009). Benefit and Evaluation of Interactive 3D Process Data Visualization for the Presentation of Complex Problems. In *Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction. Part II: Novel Interaction Methods and Techniques* (pp. 869–878).
 65. Mayer, F., & Pantförder, D. (2014). Unterstützung des Menschen in Cyber-Physical-Production- Systems. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 481–491). München. <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
 66. Bildstein, A., & Seidelmann, J. (2014). Industrie 4.0-Readiness: Migration zur Industrie 4.0- Fertigung. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 581–597). <http://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>.