

**bwp@** Spezial 8 | Februar 2015

**BAG ElektroMetall – 24. Fachtagung:  
Arbeitsprozesse, Lernwege und berufliche Neuordnung**

Hrsg. v. **Ulrich Schwenger, Reinhard Geffert, Thomas Vollmer &  
Uli Neustock**

**Daniela AHRENS & Christian GORLDT**

(Universität Bremen)

**Die vierte industrielle Revolution – die Implementierung  
hat begonnen**

Online unter:

[www.bwpat.de/spezial8/ahrens\\_gorltd\\_bag-elektro-metall-2015.pdf](http://www.bwpat.de/spezial8/ahrens_gorltd_bag-elektro-metall-2015.pdf)

www.bwpat.de | ISSN 1618-8543 | **bwp@** 2001–2015

**bwp@**

[www.bwpat.de](http://www.bwpat.de)

Herausgeber von **bwp@** : Karin Büchter, Martin Fischer, Franz Gramlinger, H.-Hugo Kremer und Tade Tramm

**Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online**

## Die vierte industrielle Revolution – die Implementierung hat begonnen

---

### Abstract

Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) werden im wirtschaftlichen Handeln als der wesentliche Innovationsmotor angesehen. Bereits heute arbeiten 98 % aller Mikroprozessoren eingebettet, d. h., sie sind über Sensoren und Aktuatoren mit der Außenwelt verbunden (BIBB 2013, 389). Die zukünftige Industrieproduktion ist durch eine hohe Individualisierung der Produkte sowie eine starke Flexibilisierung der Produktion geprägt. In Fachkreisen wird dieser Paradigmenwechsel als Industrie 4.0 bezeichnet und als die vierte industrielle Revolution verstanden. Dieser Beitrag gibt einen Überblick zum Themenfeld Industrie 4.0 und skizziert Herausforderungen für die Arbeitswelt und Anforderungen an die berufliche Facharbeit.

### 1 Einleitung

„Industrie 4.0“ ist zu einem neuen Leitbegriff im Kontext „Zukunft der Arbeitswelt“ geworden. Auf Bundesebene sind für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 bis zu 200 Millionen Euro vorgesehen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung gründete 2011 den Arbeitskreis Industrie 4.0. Zentrale Akteure hier sind die Verbände BITKOM, VDMA und der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) ([www.plattform-i40.de](http://www.plattform-i40.de)). Im Vergleich zu den vorangegangenen industriellen Revolutionen wird die vierte industrielle Revolution von Wirtschafts- und Technikverbänden bereits vorab postuliert, obgleich die technologische Entwicklung und Durchdringung in die Arbeitswelt sich noch in den Anfängen befindet: „Für das verarbeitende Gewerbe bedeutet die Einführung cyber-physischer Systeme einen Epochenumbuch, der nur mit den drei großen industriellen Revolutionen vergleichbar ist, die den Weg in die moderne Industriegesellschaft geebnet haben: der Einführung der Dampfmaschine Ende des 18. Jahrhunderts, der Erfindung des Fließbands als Voraussetzung für die industrielle Massenfertigung Ende des 19. Jahrhunderts und schließlich der Entwicklung der elektronischen Steuerung als Treiber der Industrieautomatisierung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Aus der nun anstehenden vierten Industrierevolution wird schon in einigen Jahren die „Industrie 4.0“ hervorgehen“ (BMBF 2013, 10).

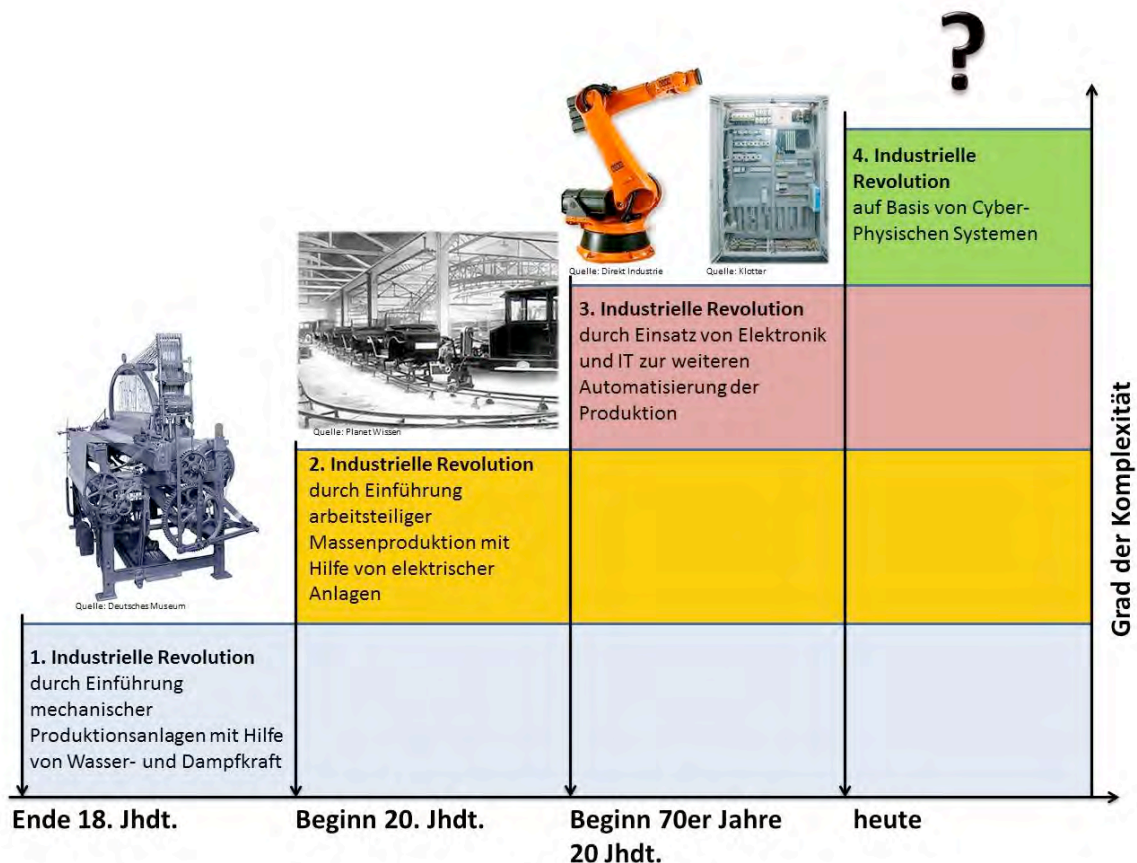


Abbildung 1: Vier Stufen der Industrialisierung (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2012)

Mit welchen „revolutionären“ Umbrüchen und Zäsuren zu rechnen ist, lässt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur vermuten. Eine Befragung bei rund 660 Unternehmen des produzierenden Gewerbes ergab, dass der Begriff „Industrie 4.0“ noch nicht bei den Unternehmen „angekommen“ ist, dass lediglich 16 % der befragten Unternehmen die Bedeutung Cyber-Physischer-Systeme bekannt ist (Ganschar et al. 2013, 113). Unstrittig ist, dass sich im Zuge fortschreitender Automatisierung und echtzeitorientierter Steuerung Arbeitsorganisationen und Arbeitsprozesse ebenso wandeln wie die Arbeitsinhalte und die Interaktion und Kommunikation zwischen Mensch und Technik. Eine rein technologische Sichtweise auf die Veränderungen im Kontext von Industrie 4.0 reicht nicht aus. Der Beitrag greift daher gleichermaßen die technologischen sowie organisatorischen Potenzialitäten auf, die unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ subsumiert werden als auch die Frage nach den sich wandelnden Aufgabeninhalten und Kompetenzprofilen. Henning Kagermann, Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (ACATECH 2011), betont drei Trends im Zusammenhang mit Industrie 4.0: Erstens einen Bedeutungszuwachs von Wissenschaft und Technologie für wirtschaftliches Wachstum, zweitens die stärkere Rolle von branchenübergreifenden Partnerschaften für Wertschöpfung und drittens die Informatisierung der Wirtschaft (Kagermann 2012). Angesprochen sind damit also weit mehr als nur technologische Innovationen.

## 2 CPS in der Logistik – ein Beispiel

Die vierte industrielle Revolution ist vor allem durch Cyber-Physische Systeme (CPS) gekennzeichnet. CPS können über Sensorik unmittelbar physikalische Daten erfassen und durch Aktuatorik auf physikalische Vorgänge wirken. Die erfassten Daten können ausgewertet sowie gespeichert werden und aktiv bzw. reaktiv mit der realen sowie digitalen Welt interagieren. Die Verständigung der CPS untereinander sowie in verteilten Netzen erfolgt über digitale Kommunikationseinrichtungen, deren verfügbare Daten bzw. Dienste weltweit nutzbar sind. Die Interaktion mit dem Menschen erfolgt über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen. Cyber-Physische Systeme ermöglichen neue Dienste, Funktionen und Eigenschaften, die über heutige Fähigkeiten eingebetteter Systeme hinausgehen. CPS erfassen die verteilte Anwendungs- und Umgebungssituation in Echtzeit, ermöglichen eine interaktive Gestaltung und eine situationsabhängige Verhaltenssteuerung.

Im globalen wirtschaftlichen Handeln hat in den letzten Jahren die Logistik immer mehr an Bedeutung gewonnen und ist für die Versorgung mit Waren sowie Dienstleistungen aus dem heutigen unternehmerischen Gestalten nicht mehr wegzudenken. Die Grundfunktionen der Logistik finden sich in den Bereichen Beschaffungs-, Produktions-, Distributions-, Entsorgungs- sowie Informationslogistik wieder. Die Untersuchung der Möglichkeiten der Synchronisation von Material- und Informationsflüssen lag in den letzten Jahren vor allem in der wissenschaftlichen Betrachtung logistischer Systeme. Wegweisend für die Umsetzung des Synchronisationsgedankens ist die Radio Frequenz Identifikation (RFID). Diese Technologie erfüllt primär die Identifikationsfunktion und ermöglicht somit das zuverlässige funkbasierte Identifizieren von Objekten. Die Kommunikation von Objekten untereinander ist damit nur bedingt möglich. Es gilt zukünftig zu klären, welche Einsatzmöglichkeiten und Potenziale die Nutzung der CPS-Technologie in der Logistik erschließen. Ein wesentliches Kriterium CPS-basierter Logistiksysteme ist die Kommunikation von Objekten untereinander mit Hilfe intelligenter Sensorik. Diese Objekte können z. B. logistische Ladungsträger (Container), Güter sowie Logistikimmobilien sein. Nach Veigt et al. (2013) kann unter einem Cyber-Physischen Logistiksystem Folgendes verstanden werden: Ansammlung von Logistiksystemen (z. B. Ladungsträger, Förderhilfsmittel, Logistikleitsysteme etc.), die die Kriterien von CPS Systemen erfüllen, wenn dieses in Kommunikation mit Menschen und Produktionselementen (z. B. Maschinen, Werkzeugen etc.) stehen und autonom auf ökonomische, ökologische und soziale Zielerreichung (re)agieren. Beispielhaft können hier Ergebnisse des Forschungsprojekts „Der Intelligente Container: Vernetzte intelligente Objekte in der Logistik“ (<http://www.intelligentcontainer.com>) genannt werden. Das Projekt untersuchte die Einsatzmöglichkeiten sowie Potenziale moderner IuK Technologie in der Lebensmittelbranche anhand von zwei Anwendungsszenarien. Zum einen wurde der Seetransport von Bananen aus Costa Rica nach Europa untersucht, zum anderen der Straßentransport von Fleischprodukten durch Europa. Angesichts der Tatsache, dass aufgrund von unterschiedlichen Erntebedingungen, des Zeitpunkts bis zum Beginn der Kühlung und lokaler Abweichungen im Kühlcontainer oder Fahrzeug Abweichungen der Qualität bei frischen Lebensmitteln unvermeidbar sind, zielte das Verbundprojekt darauf ab, durch zusätzliche Überwachung der Warenqualität neue

Möglichkeiten im Transportmanagement und der Lagerhaltung zu entwickeln. Durch die Ausstattung mit Sensoren zur Überwachung und Steuerung des Reifegrades fungiert der Container im Transportprozess als ein Kommunikations- und Entscheidungssystem. Anstelle der sonst üblichen manuellen bzw. visuellen Inspektion durch einen „Reifemeister“ wird es möglich, anhand einer Analyse der Temperaturkurven auf die Geschwindigkeit des Reifeprozesses zu schließen. Die Waren werden in dem Sinne „intelligent“, dass sie signalisieren, welcher Transportweg einzuschlagen ist und welcher Kühlungszeitpunkt und –grad optimal sind. Durch den „intelligenten Container“ wurde das bislang in der Logistik vorherrschende Prinzip des „*first in – first out*“ (FIFO) zugunsten des Prinzips „*first expire – first out*“ (FEFO) verbessert. Das heißt, Waren mit der kürzesten Resthaltbarkeit können jetzt als erstes aus dem Lager entnommen werden. Auf diese Weise gelingt eine bessere Zuordnung von Lagerbeständen und Transportaufträgen. Die Umwelterkennung setzt smarte Sensoren voraus, die netzwerkfähig und mit einfachen Webservern ausgestattet sind. Die Abfrage von Sensordaten erfordert dann weder spezielle, proprietäre Schnittstellen noch elektrotechnische Verbindungen. Zusammen mit einer dezentralen Erfassung und Speicherung der Sensordaten, zum Beispiel in Produkten oder Bauteilen, gelingen neue Auswertungen und eine höhere Datenqualität und damit eine flexiblere Steuerung von Logistik- und Produktionsprozessen (Peissner et al. 2013; Künzel/Botthof 2012).

Die durch die Sensorik gestiegene Flexibilität, Vernetzung und dezentrale Steuerung lässt sich als ein Aspekt von Industrie 4.0 begreifen, denn ein Schlüsselwort im Kontext von Industrie 4.0 ist „Autonomie“. Danach erfolgt die Steuerung komplexer Produktionsprozesse dezentral in dem Sinne, dass die einzelnen Elemente und Teilprozesse über eine eigene „Intelligenz“ verfügen bei der Auftragsbearbeitung (Künzel/Botthof 2012). Wenn Aufträge sich selbständig durch die komplette Wertschöpfungskette steuern, dann ist sowohl mit grundlegenden Veränderungen in der Arbeitsorganisation als auch in den Arbeitsprozessen zu rechnen. Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ wird die Produktion in dem Sinne intelligent, als Objekte mit Sensoren ausgestattet sind und während des gesamten Produktionsprozesses Daten austauschen können.

### **3 Herausforderungen für die Arbeitswelt**

In den Produktionswelten von morgen tauschen Produkte, Maschinen und Betriebsmittel eigenständig Informationen aus und können sich gegenseitig selbständig in Echtzeit steuern. Folgt man dieser Vorstellung entsteht schnell der Eindruck einer *machine-to-machine-communication*. Visionen gehen dahin, dass es zukünftig möglich sei, dass die Objekte miteinander „verhandeln“, um den effizientesten Ablauf sicherzustellen (Bauernhansl 2013, 30). Annahmen über umfassende autonome Produktionssysteme sind in diesem Zusammenhang jedoch wenig realistisch (Hirsch-Kreinsen 2013). Auch ein hohes Automatisierungsniveau geht nicht mit der Vision einer menschenleeren Fabrik einher. Im Gegenteil: Zum einen sind unterschiedliche Automatisierungsgrade je nach betriebsstrukturellen Gegebenheiten und Flexibilitätsnotwendigkeiten wahrscheinlich. Zum anderen hat sich bereits bei vorangegangenen Automatisierungsprozessen gezeigt, dass die Beschäftigten mit sich wandelnden Aufga-

beninhalten konfrontiert werden, wobei anzumerken ist, dass ein weiterer Abbau manueller einfacher Tätigkeiten wahrscheinlich ist (Kurz 2013). Experten gehen von neuen „sozialen Infrastrukturen der Arbeit in Industrie 4.0“ (ACATECH 2013, 27). Flexible und dezentrale Steuerungsmöglichkeiten der Produktionsprozesse setzen nicht nur voraus, dass Maschinen weitgehend anwendungsoffen konzipiert werden und erst durch spezifische Software-Applikationen ihre Spezialisierung erfahren, sondern lassen auch höhere „Komplexitäts-, Abstraktions-, Problemlösungs- und Lernanforderungen für die Beschäftigten“ (Kurz 2013, 26) erwarten. Im Zuge der „individualisierten Produktion“ (BMBF 2013, 13) werden die Arbeitsaufgaben gleichermaßen in technologischer, organisatorischer und kommunikativer Hinsicht anspruchsvoller:

„Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Arbeit in Industrie 4.0 an alle Beschäftigten deutlich erhöhte Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen. Darüber hinaus wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt. Kurzum: Die subjektiven Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten werden noch stärker gefordert sein. Das bietet Chancen auf qualitative Anreicherung, interessante Arbeitszusammenhänge, zunehmende Eigenverantwortung und Selbstentfaltung“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2012, 57).

Angesprochen sind hier insbesondere die Weiterentwicklung der prozessorientierten Qualifikation, steigende Anforderungen an das Knowhow in Softwarearchitekturen sowie der Steuerung von technischen Systemen in Echtzeit. Neben fachlichen Kompetenzen sowie der Wissensintensivierung von Facharbeit gewinnen soziale Kompetenzen im Kontext von Industrie 4.0 an Aktualität, da Domänen- und Disziplingrenzen zwischen Maschinenbau und Informatik, zwischen Produktionstechnik, Automatisierungstechnik und Informationstechnik in den zukünftigen Produktionswelten verschwimmen. Kennzeichnend für moderne Facharbeit werden die kollaborative Wissensgenerierung, -dokumentation und -aktualisierung, der Wissensaustausch und die gemeinsame Wissensnutzung in Experten- bzw. Fach-Communities. Diese neuen Anforderungen gehen mit innovativen Lernkonzepten und -methoden einher, in denen digitale Technologien weiterhin eine zentrale Rolle einnehmen. Für die berufliche Aus- und Weiterbildung werden Lernumgebungen erforderlich, in denen komplexe, dezentrale und selbstorganisierte Produktionsprozesse simuliert werden können.

## **4 Fazit**

Gegenwärtig ist Industrie 4.0 noch in vielen Bereichen ein Zukunftsprojekt, das insbesondere die informationstechnischen Potenzialitäten hervorhebt. Gleichwohl vollzieht sich der „Übergang von automatisierter zu autonomer Technik“ (Weyer/Grote 2012, 198) in technischen Expertensystemen – beispielsweise in Industrieanlagen, Flugzeugen oder Nahverkehrssystemen – bereits über einen längeren Zeitraum. Dabei zeigt sich schon jetzt, dass eine rein technologische Sichtweise nicht ausreicht. Komplexe Technologien werfen Fragen der Beherrschbarkeit ebenso auf wie Fragen der Bedienung, Steuerung und der Fehlerbehebung. In der

gegenwärtigen Debatte um Industrie 4.0 tauchen Fragen der Nichtbeherrschbarkeit nicht auf, im Gegenteil: Die Delegation von Steuerung an sich selbstorganisierende technische Systeme steht an prominenter Stelle. Bisherige Erfahrungen zeigen jedoch die Notwendigkeit, bereits bei der Gestaltung des Zusammenwirkens von Mensch und autonomer Technik den Menschen als (Störfall-)Manager komplexer Systeme und nicht als Risikofaktor zu verstehen.

## Literatur

ACATECH (Hrsg.) (2011): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (ACATECH POSITION). Heidelberg.

Bauernhansl, T. (2013): Forschen für agile IT-Infrastrukturen. In: VDMA Nachrichten März 2013, 30-31. Online: [http://www.vdma.org/documents/105628/1169735/03-2013+VDMA-Nachrichten\\_BP.pdf/7bd7949e-de7e-412d-afc3-ba011eba6af1](http://www.vdma.org/documents/105628/1169735/03-2013+VDMA-Nachrichten_BP.pdf/7bd7949e-de7e-412d-afc3-ba011eba6af1) (21.03.2014).

Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hrsg.) (2013): Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2013 - Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2013): Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Berlin. Online: [http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild\\_Industrie\\_40.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf) (21.03.2014).

Hirsch-Kreinsen, H. (2013): Industrie 4.0. Die menschenleere Fabrik bleibt eine Illusion. In: VDI-Nachrichten vom 20.09.2013.

Kagermann, H. (2012): Die vierte industrielle Revolution. Online: [https://www.faz-institut.de/sites/default/files/Innovationsprojekte/Dokumente/INNOVATIONSMANAGER/Zukunftsmanger\\_03-2012\\_Vierte-industrielle-Revolution.pdf](https://www.faz-institut.de/sites/default/files/Innovationsprojekte/Dokumente/INNOVATIONSMANAGER/Zukunftsmanger_03-2012_Vierte-industrielle-Revolution.pdf) (21.03.2014).

Künzel, M./Botthof, A. (2012): Sensorik der Dinge. Working Paper des Instituts für Innovation und Technik Nr. 11. Berlin.

Kurz, C. (2013): Qualität der Arbeit wird sich ändern. In: VDMA Nachrichten, März 2013, 26.

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (Hrsg.) (2012): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin. Online: [http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Umsetzungsempfehlungen%20Industrie4.0\\_0.pdf](http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Umsetzungsempfehlungen%20Industrie4.0_0.pdf) (21.03.2014).

Peissner, M./Hipp, C./Spath, D./Weisbecker, A. (Hrsg.) (2013): Potenziale der Mensch-Technik-Interaktion für die effiziente und vernetzte Produktion von morgen. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Produktion. Stuttgart.

Ganschar, O./Gerlach, S./Hämmerle, M./Krause, T./Schlund, S./Spath, D. (Hrsg.) (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Produktion. Stuttgart.

Veigt, M./Lappe, D./Hribernik, K. A./Scholz-Reiter, B. (2013): Entwicklung eines Cyber-Physischen Logistiksystems. In: Industrie Management, 29, 15-18.

Weyer, J./Grote, G. (2012): Grenzen technischer Sicherheit. Governance durch Technik, Organisation und Mensch. In: Böhle, F./Busch, S. (Hrsg.): Management von Ungewissheit. Neue Ansätze jenseits von Kontrolle und Ohnmacht. Bielefeld, 189-213.

## Zitieren dieses Beitrages

---

Ahrens, D./Gorltd, C. (2015): Die vierte industrielle Revolution – die Implementierung hat begonnen. In: *bwp@* Spezial 8 – Arbeitsprozesse, Lernwege und berufliche Neuordnung, hrsg. v. Schwenger, U./Geffert, R./Vollmer, T./Neustock, U., 1-7. Online: [http://www.bwpat.de/spezial8/ahrens\\_gorltd\\_bag-elektro-metall-2015.pdf](http://www.bwpat.de/spezial8/ahrens_gorltd_bag-elektro-metall-2015.pdf) (19.02.2015).

## Die AutorInnen

---



### **Dr. DANIELA AHRENS**

Institut Technik und Bildung, Universität Bremen

Am Fallturm 1, 28359 Bremen

[dahrens@uni-bremen.de](mailto:dahrens@uni-bremen.de)

[www.itb.uni-bremen.de](http://www.itb.uni-bremen.de)



### **CHRISTIAN GORLDT**

Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH  
BIBA, Universität Bremen

Hochschulring 20, 28359 Bremen

[gor@biba.uni-bremen.de](mailto:gor@biba.uni-bremen.de)

[www.biba.uni-bremen.de](http://www.biba.uni-bremen.de)