

 AUTONOMIK  
INDUSTRIE 4.0

Alfons Botthof  
Ernst Andreas Hartmann *Hrsg.*

# Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0

OPEN

 Springer Vieweg

---

# Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0

---

Alfons Botthof · Ernst Andreas Hartmann  
Herausgeber

# Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0

*Herausgeber*

Alfons Botthof  
Institut für Innovation und Technik (iit)  
der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
Berlin, Deutschland

Ernst Andreas Hartmann  
Institut für Innovation und Technik (iit)  
der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH  
Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-662-45914-0

ISBN 978-3-662-45915-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-45915-7

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en) 2015. Dieses Buch ist eine Open-Access-Publikation.

**Open Access** Dieses Buch wird unter der Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche für nicht kommerzielle Zwecke die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, ein Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Etwaige Abbildungen oder sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende oder der Quellreferenz nichts anderes ergibt. Sofern solches Drittmaterial nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht, ist eine Vervielfältigung, Bearbeitung oder öffentliche Wiedergabe nur mit vorheriger Zustimmung des betreffenden Rechteinhabers oder auf der Grundlage einschlägiger gesetzlicher Erlaubnisvorschriften zulässig.

Jede kommerzielle 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 Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
([www.springer.com](http://www.springer.com))

---

## Vorwort

Deutschland ist in mehrfacher Hinsicht von technologieinduzierten Transformationsprozessen gekennzeichnet. Die klassische Energiewirtschaft vollzieht gegenwärtig einen nicht leichten Wandel hin zu einer Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien. Dabei werden die deutschen Akteure aus dem Ausland höchst interessiert beobachtet. Auch in einem anderen Feld traditioneller Stärke der deutschen Volkswirtschaft erfährt Deutschland gegenwärtig eine hohe Aufmerksamkeit: Der industrielle Sektor, das produzierende Gewerbe, der Maschinen und Anlagenbau vollzieht einen weiteren dramatischen Wandel aufgrund einer beschleunigt zunehmenden Digitalisierung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen und der Vernetzung der physikalischen Welt mit der Welt des Internet; seit Jahren mit „Internet der Dinge“ überschrieben.

Innovationspolitisch thematisiert und aufgegriffen wird diese Entwicklung in Deutschland mit dem „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“, das in dem Technologieprogramm „Autonomik für Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) seine konkrete Ausprägung und Förderung erfahren hat.

Die Begrifflichkeit Industrie 4.0 bringt zweierlei zum Ausdruck: Zunächst kennzeichnet sie eine vierte Stufe der Entwicklung in der produzierenden Wirtschaft: Nach der Einführung mechanischer Produktionstechnik im späten 18. Jahrhundert folgte die mithilfe elektrischer Energie ermöglichte arbeitsteilige Massenproduktion am Beginn des 20. Jahrhunderts und Mitte des letzten Jahrhunderts durch den zunehmenden Einsatz von Elektronik und Informationstechnik eine weitere Automatisierung der Produktion. Die vierte Stufe der sog. industriellen Revolutionen wird bestimmt durch das Internet als Infrastruktur und der Verbindung physikalischer Objekte mit dem Internet durch Cyber-physikalische Systeme. Damit werden Unternehmen künftig in die Lage versetzt, Maschinen, Lagereysteme und Betriebsmittel so zu vernetzen, dass diese eigenständig Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich wechselseitig selbständig steuern können.

Gleichzeitig verdeutlicht die „Versionsbezeichnung“ 4.0, dass diese Entwicklung nicht nur vom klassischen Maschinen- und Anlagenbau sondern in hohem Maße von der IT-Industrie getrieben werden wird.

Diese Entwicklungen hatten in der Vergangenheit und werden auch heute großen Einfluss nehmen auf Beschäftigung an sich und die Arbeit von Beschäftigten in den Unternehmen. Wenn früher „Die Weber“ ohnmächtig kämpften und später in England noch die „Maschinenstürmer“ drastisch Entwicklungen zu verhindern suchten, so prägen heute konstruktive Debatten um die Zukunft von Arbeit im digitalen Zeitalter die Auseinandersetzung zwischen den Sozialpartnern. Es geht um Arbeitsqualität, wie Konzepte für Tätigkeitsstrukturen, die an Akzeptanz, Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit arbeitender Menschen ausgerichtet sind. Es geht um Fragen der Lernförderlichkeit von Arbeitsumgebungen in der Industrie 4.0 und dem Zusammenwirken von Automaten/Robotern und Menschen sowie um neue Chancen verbunden mit arbeitsorganisatorischen Lösungen. Die Sozialpartner tun dies zum rechten Zeitpunkt und innovationspolitische Initiativen wie das Programm „Autonomik für Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) flankieren diese Entwicklungen durch Analysen und Diskurse zu sozio-technischen Fragestellungen unter Einbezug der Betroffenen resp. deren Vertreter. Damit tragen alle zu einem zugegeben leicht emotionalisierbaren Thema mit hoher Sachlichkeit bei.

Die hier vorgelegte Publikation folgt einem grundlegenden Verständnis von Industrie 4.0 als einem sozio-technischen System, in dem technologische Entwicklungen, gesellschaftliche Bedürfnisse und ökonomische Herausforderungen in ihren Wechselwirkungen betrachtet werden und fokussiert auf die zentrale Frage einer Gesellschaft: *Wie steht es um die Zukunft der industriellen Arbeit und welche Bedeutung hat diese für Beschäftigte und Beschäftigung in Deutschland?* Diese Frage kann heute sicherlich nicht abschließend beantwortet werden. Allerdings wird mit dieser ersten Publikation begonnen, das Spektrum der Herausforderungen – Chancen und Risiken – umfassend zu verdeutlichen und den aktuellen Diskurs unter den Beteiligten zu skizzieren. Herausgeber und Autoren erhoffen sich damit einen Impuls für die weitere konstruktive Auseinandersetzung um die Ausgestaltung der digitalen Arbeitswelten.

Das Format dieser Publikation als „E-Book“ gestattet und erhofft sich eine lebendige Debatte, die dann in folgenden Aktualisierungen diesen Diskurs angereichert um zwischenzeitlich gewonnene praktische Erfahrungen, arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und Ergebnisse sozio-technischer Analysen wiedergeben wird. In diesem Sinne wünschen wir allen Leserinnen und Lesern dieser Erstausgabe nützliche Anregungen und Erkenntnisse und freuen uns auf Ihre Kommentare und Einflussnahmen auf die weitere Debatte.

Berlin, Deutschland  
November 2014

Alfons Botthof  
Ernst Andreas Hartmann

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einordnung und Hintergründe</b>	
<b>Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0</b> . . . . .	3
Alfons Botthof	
<b>Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen</b>	9
Ernst Hartmann	
<b>Positionen der Sozialpartner</b>	
<b>Arbeit in der Industrie 4.0 – Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e.V.</b> . . . . .	23
Klaus-Detlev Becker	
<b>Gewerkschaftliche Positionen in Bezug auf „Industrie 4.0“</b> . . . . .	31
Ulrich Bochum	
<b>Erfahrungen und Herausforderungen in der Industrie</b>	
<b>Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen</b> . . . . .	47
Bernd Kärcher	
<b>Kollaboratives Arbeiten mit Robotern – Vision und realistische Perspektive</b> .	59
Michael Haag	
<b>Gute Arbeit in der Industrie 4.0 – aus Sicht der Landtechnik</b> . . . . .	65
Max Reinecke	
<b>Steigerung des Autonomiegrades von autonomen Transportrobotern im Bereich der Intralogistik – technische Entwicklungen und Implikationen für die Arbeitswelt 4.0</b> . . . . .	69
Joachim Tödter, Volker Viereck, Tino Krüger-Basjmeleh und Thomas Wittmann	

<b>Die Rolle von lernenden Fabriken für Industrie 4.0 . . . . .</b>	<b>77</b>
A. Kampker, C. Deutskens und A. Marks	
<b>Forschungsfragen und Entwicklungsstrategien</b>	
<b>Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit . . . . .</b>	<b>89</b>
Hartmut Hirsch-Kreinsen	
<b>Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0 . . . . .</b>	<b>99</b>
Jochen Deuse, Kirsten Weisner, André Hengstebeck und Felix Busch	
<b>Innovation braucht Resourceful Humans Aufbruch in eine neue Arbeitskultur durch Virtual Engineering . . . . .</b>	<b>111</b>
Jivka Ovtcharova, Polina Häfner, Victor Häfner, Jurica Katicic und Christina Vinke	
<b>Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung . . . . .</b>	<b>125</b>
Andreas Lüdtke	
<b>Ausblick</b>	
<b>Arbeitssystemgestaltung im Spannungsfeld zwischen Organisation und Mensch–Technik-Interaktion – das Beispiel Robotik . . . . .</b>	<b>149</b>
Steffen Wischmann	
<b>Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 – Neue Perspektiven und offene Fragen .</b>	<b>161</b>
Alfons Botthof und Ernst Hartmann	
<b>Korrekturverzeichnis . . . . .</b>	<b>E1</b>
Alfons Botthof und Ernst Andreas Hartmann	
<b>Korrekturverzeichnis . . . . .</b>	<b>E3</b>
Alfons Botthof und Ernst Andreas Hartmann	



---

## Einordnung und Hintergründe

---

# Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0

Alfons Botthof

Mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“, das ein zentrales Element der Hightech-/Innovations-Strategie der Bundesregierung darstellt, soll die Informatisierung der klassischen Industrien, wie z. B. der Produktionstechnik, vorangetrieben werden (Abb. 1). „Auf dem Weg zum Internet der Dinge soll durch die Verschmelzung der virtuellen mit der physikalischen Welt zu Cyber-Physical Systems und dem dadurch möglichen Zusammenwachsen der technischen Prozesse mit den Geschäftsprozessen der Produktionsstandort Deutschland in ein neues Zeitalter geführt werden.“<sup>1</sup>

## ***Handlungsfelder Industrie 4.0***

- **Sicherheit** als erfolgskritischer Faktor
- **Rechtliche Rahmenbedingungen**
- **Arbeitsorganisation und Arbeitsgestaltung** im digitalen Industriezeitalter
- **Normung, Standardisierung und offene Standards** für eine Referenzarchitektur
- Beherrschung **komplexer Systeme**
- Flächendeckende **Breitbandinfrastruktur** für die Industrie
- **Aus- und Weiterbildung**
- **Ressourceneffizienz**
- **Neue Geschäftsmodelle**

Quelle: Arbeitskreis Industrie 4.0 (Forschungsunion, acatech):

Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, April 2013

---

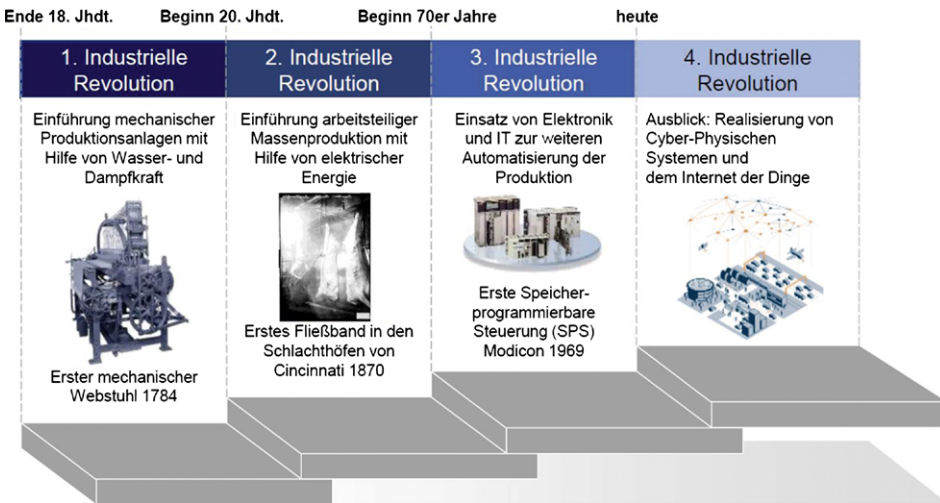
<sup>1</sup>Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (Hg.): Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Handlungsempfehlungen zur Umsetzung, März 2012, S. 8.

Der Originaltext dieses Beitrags wurde überarbeitet. Das vollständige Korrekturverzeichnis finden Sie am Ende des Buchs und online unter [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7\\_16](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_16).

A. Botthof (✉)

Institut für Innovation und Technik (iit), Berlin, Germany

e-mail: [botthof@iit-berlin.de](mailto:botthof@iit-berlin.de)



**Abb. 1** Industrie 4.0; *Quelle:* Picot/Münchner Kreis, in Anlehnung an Forschungsunion (2012)

Verfolgte man den Prozess der Diskussion rund um das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, zunächst im Kreis der Promotorengruppe Kommunikation innerhalb der Forschungsunion und dann in Vertiefung im gleichnamigen Arbeitskreis unter dem Vorsitz von Henning Kagermann (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften – acatech) und Siegfried Dais (Robert Bosch Industrietreuhand KG), so konnte man feststellen, dass sehr intensiv auch über die Wirkungen von Industrie 4.0 auf die Qualität der Arbeit, die Qualifikationserfordernisse, neue Formen der Arbeitsorganisation und Veränderungen im Zusammenspiel zwischen Mensch und Technik nachgedacht wurde. Zunächst unter der nicht ganz glücklich gewählten Überschrift „Faktor Mensch“,<sup>2</sup> dann „Mensch und Arbeit“ befasste man sich mit dem absehbaren Paradigmenwechsel in der Mensch–Technik- und Mensch–Umgebungs-Interaktion und den damit verbundenen neuartigen Formen der kollaborativen Fabrikarbeit. In der Überzeugung, dass auch die Smart Factory im Rahmen von Industrie 4.0 keineswegs menschenleer sein wird, wurden zudem die Anforderungen an die Fähigkeiten und das Wissen von Beschäftigten in einem sich verändernden Arbeitsumfeld, bestimmt von komplexen Prozessen, technologisch anspruchsvollen Anlagen und Werkzeugen, ausführlich thematisiert. Neben kurz- und mittelfristigen Handlungsfeldern (bspw. Assistenzsysteme als „Fähigkeitsverstärker“ physischer und kognitiver Leistungen, kollaborative industrielle Serviceroboter, Apps für eine software-basierte Konfiguration von Anlagen oder auch AR-Technologien zur schnellen Einweisung in Fertigungsprozesse oder zur Lernunterstützung) wurde eine Qualifizierungsinitiative vorgeschlagen, die sowohl die gewerbliche als auch hochschulische Aus- und Weiterbildung adressiert.

<sup>2</sup>Ebenda S. 33 ff.

Dieser Themenkomplex ruft traditionell auch die Sozialpartner auf den Plan, die jeder für sich erkannt haben, dass Industrie 4.0 oder – etwas allgemeiner formuliert – der Trend zur zunehmenden Informatisierung der Arbeitswelt potenziell starke Auswirkungen auf die Beschäftigten und deren Situation in den Betrieben generell und spezifisch auf Formen der Arbeitsorganisation haben wird. Dies betrifft insbesondere die Qualität der Arbeit – einschließlich Faktoren wie Arbeitszufriedenheit und Gesundheit – sowie das allgemeine Qualifikationsniveau wie auch die spezifisch notwendigen Qualifikationen und Kompetenzentwicklungsprozesse.

Bereits vom Juli 2009 liegt ein Arbeitspapier der Gewerkschaften zum Internet der Dinge und der Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags vor.<sup>3</sup> Sehr ausgewogen wurden hier im Anwendungsfeld „Produktion – Fertigungsplanung“ negative wie positive Wirkungen diskutiert. So werden hier beispielsweise durch die Automatisierung und Dezentralisierung von Steuerungsprozessen („Halbzeuge“ und Komponenten tragen die Information über die nächsten Prozessschritte mit sich und kommunizieren autark mit Bearbeitungswerkzeugen und Fertigungsstraßen) einerseits Verluste an Kontroll- und Steuerungsmöglichkeiten befürchtet andererseits aber auch die Chancen einer besseren Anpassung der Gesamtprozesse an individuelle Anforderungen. „Welche konkreten Auswirkungen für die Beschäftigten auftreten hängt sehr stark von den jeweils konkret realisierten Organisations- und Technikkonzepten der Betriebe ab. Sowohl hinsichtlich der Technik wie hinsichtlich der Organisation gibt es Alternativen, zwischen denen gewählt werden kann. Notwendig sind konkrete Technik- und Organisationsentwicklungsprojekte, die dazu dienen, die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von menschenzentrierten Betriebs- und Technikmodellen zu demonstrieren.“<sup>4</sup>

Diese Reflexionen innerhalb der Gewerkschaften wurden u. a. ausgelöst durch Diskussionen auf europäischer Ebene<sup>5</sup> zu neuen Modellen der Organisation von Unternehmen und unternehmensübergreifenden Netzen bis hin zur „fabriklosen Fertigung“, der individualisierten Massenfertigung sowie den sich selbst konfigurierenden oder gar selbst organisierenden Produktionssystemen, wie diese auch als Szenario in Industrie 4.0 beschrieben werden.

In den Handlungsempfehlungen des Abschlussberichts des Arbeitskreises Industrie 4.0, an denen Gewerkschaftsvertreter mitwirkten, finden sich die zentralen Zielsetzungen, die im Rahmen einer Arbeitsgruppe der Plattform Industrie 4.0 verfolgt werden sollen:

---

<sup>3</sup>Botthof, A., Bovenschulte M. (Hg.): Das „Internet der Dinge“ – Die Informatisierung der Arbeitswelt und des Alltags; Arbeitspapier 176, im Auftrag der Hans Böckler Stiftung, Juli 2009.

<sup>4</sup>Ebenda S. 32.

<sup>5</sup>So z. B. die Roadmap resp. Strategic Research Agenda der europäischen Technologieplattform MANUFUTURE (siehe [www.manufuture.org](http://www.manufuture.org)).

So wird man sich inhaltlich befassen mit

- den Auswirkungen für Arbeit und Beschäftigung (Chancen und Risiken) sowie Handlungsbedarfe im Hinblick auf eine beschäftigtenorientierte Arbeits- und Qualifizierungspolitik.
- Orientierungs- und Handlungshilfen für die Weiterentwicklung und Implementierung des sozio-technischen Gestaltungsansatzes sowie entsprechender Referenzprojekte.
- innovativen Ansätzen partizipativer Arbeitsgestaltung und lebensbegleitender Qualifizierungsmaßnahmen, die über Altersgruppen, Geschlecht und Qualifikationsniveaus hinweg die ganze Breite der Belegschaften berücksichtigen.

Darüber hinaus wird ein regelmäßiger Dialog zwischen den Sozialpartnern empfohlen, in dem wichtige Fortschritte, Problemfelder und Lösungsmöglichkeiten bei der Umsetzung von Industrie 4.0 transparent gemacht und beraten werden.<sup>6</sup>

In diesem thematischen Umfeld hat die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie beauftragte Begleitforschung zum Technologieprogramm Autonomik<sup>7</sup> in der Befassung mit den geförderten FuE-Vorhaben das Handlungsfeld „Mensch–Technik-Interaktion“ als ein wichtiges Querschnittsthema identifiziert. Folgende Fragenkomplexe wurden hier u. a. behandelt:<sup>8</sup>

- Wie wird ein autonomes System/ein autonomer Prozess in die Arbeitsorganisation integriert?
- Welche Auswirkungen sind hinsichtlich Arbeitsinhalte, Aufgaben, Verantwortungsbereiche der Nutzer zu erwarten?
- Wie könnte im Hinblick auf das körperliche und geistige Leistungsvermögen der Nutzer und der Entwicklung dieses Leistungsvermögens eine günstige Arbeitsorganisation aussehen?
- Welche Gestaltungsanforderungen und –optionen ergeben sich für autonome Systeme?
- Welche Gestaltungskriterien können aus der Sicht der Mensch–Technik-Interaktion für autonome Systeme formuliert werden?
- Welche Erkenntnisse und methodische Hilfsmittel gibt es, auf denen aufbauend Fragen der Mensch–Technik-Interaktion im Entwicklungs- und Gestaltungsprozess effektiv und effizient adressiert werden können?

---

<sup>6</sup>Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (Hg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0; April 2013; S. 58.

<sup>7</sup>Die Begleitforschung verantwortete das Institut für Innovation + Technik (iit) in Berlin; Laufzeit des Technologieprogramms „AUTONOMIK – autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“: 2009 bis 2013.

<sup>8</sup>Die gewonnenen Erkenntnisse und daraus abgeleitete Empfehlungen sind zusammengefasst in: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.): Mensch–Technik-Interaktion – Leitfaden für Hersteller und Anwender; Berlin, Jan. 2013.

Diese Fragestellungen werden im laufenden Technologieprogramm des BMWi, „Autonomik für Industrie 4.0“, erweitert und auf industrielle Prozesse hin konkretisiert. Zusammen mit dem Vorläuferprogramm „Autonomik – autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“ versteht sich „Autonomik für Industrie 4.0“ als Wegbereiter der vierten industriellen Revolution und stellt den zentralen Beitrag des Wirtschaftsministeriums zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0 der Bundesregierung dar.

Konsequenter noch als durch seinen Vorgänger sollen mit dem Technologieprogramm „AUTONOMIK für Industrie 4.0“<sup>9</sup> modernste I&K-Technologien mit der industriellen Produktion unter Nutzung von Innovationspotenzialen verzahnt und die Entwicklung innovativer Produkte und Prozesse beschleunigt werden. Übergeordnetes, wirtschaftspolitisches Ziel ist es, Deutschlands Spitzenstellung als hochwertiger Produktionsstandort und als Anbieter für modernste Produktionstechnologien zu stärken.

Hierzu gehen exzellente, im Technologieprogramm sorgsam ausgewählte Verbundvorhaben an den Start, denen allesamt ein hohes Innovationspotenzial zugeschrieben wird.

Die geförderten Vorhaben in den Feldern Produktion, Logistik und Robotik befassen sich u. a. mit

- mobilen Assistenzsystemen und Internetdiensten,
- der Plug&Play-Vernetzung von Maschinen und Anlagen,
- autonom handelnden, fahrerlosen Transportfahrzeugen,
- bionisch gesteuerten Fertigungssystemen für die Herstellung kundenindividueller Produkte,
- mit Schutz- und Sicherheitskonzepten für die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter in gemeinsamen Arbeitsbereichen,
- der Inventur von Lagerbeständen mit autonomen Flugrobotern,
- der Planungs- und Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl industrieller Serviceroboter,
- autonomer Echtzeitassistenz für Fertigungsmitarbeiter,
- 3D-gestützter Engineering-Plattform für die intuitive Entwicklung und effiziente Inbetriebnahme von Produktionsanlagen,
- der Plug&Play-Integration von Robotern in der Industrieautomatisierung,
- der dezentralen Produktionssteuerung für die Automobilindustrie und
- der automatischen Einzelstückfertigung von Sportschuhen und Textilien.

Nahezu alle Projektkontexte weisen einen hohen Bezug zum Thema „Veränderungen in der Arbeitswelt“ auf und versprechen hohe Aufmerksamkeit zu erzielen sowie Breitenwirkung in der „community of practice“ zu Industrie 4.0 zu entfalten.

Es wird sich lohnen, die Vorhaben mit den in dieser Veröffentlichung zusammengetragenen Erfahrungen der Autonomik-Vergangenheit, den Erkenntnissen der Arbeitswissenschaften zu konfrontieren und als konkrete Anwendungsfälle in die Diskussionen bspw.

---

<sup>9</sup>Siehe [www.autonomik40.de](http://www.autonomik40.de).

der Plattform Industrie 4.0 einzubringen. Dabei steht zu erwarten, dass Thesen und Befunde validiert, Erkenntnisse weiter präzisiert und gute Praktiken entwickelt und kommuniziert werden können. Einerseits wird zu prüfen sein, welche vorhandenen Wissensbestände zur Arbeitsorganisation und zur Arbeitsgestaltung prinzipiell auch auf den Einsatz autonomer Systeme in der Industrie 4.0 anzuwenden sind. Andererseits gilt es die Entstehung ganz neuartiger Herausforderungen durch autonome Cyber-Physikalische Systeme genauer zu analysieren.

Neben dem Thema „Zukunft der Arbeit“ richten sich begleitende Forschungs- und Unterstützungsmaßnahmen im Technologieprogramm unter Einbindung einschlägiger Experten und Interessenten aus Industrie und Wissenschaft auf weitere Themen, die Einfluss nehmen auf Innovationsprozesse und -geschwindigkeiten im Innovationsfeld „Industrie 4.0“. Als innovationsunterstützende und -beschleunigende Maßnahmen stehen diese für ein holistisches Verständnis der Innovationsförderung, die nicht alleine auf technologische FuE-Projekte und prototypische Lösungen zielt. Einige dieser erfolgskritischen Innovationshemmnisse weisen in Ausprägungen auch Querbezüge zum Thema „Arbeit“ auf. Folgende Handlungsfelder seien beispielhaft genannt, die in den Autonomik-Programmen durch die Begleitforschung prioritär analysiert und mit Aktivitäten der zuständigen resp. betroffenen Stakeholder untersetzt werden:

- **Rechtliche Herausforderungen**

Anforderungen an den Arbeits- und Datenschutz, der rechtskonforme und sichere Einsatz autonomer Systeme, straf-/zivilrechtliche Haftung, Betriebszulassung/Zertifizierung, Risk Management – Versicherungsfähigkeit, Fragen der sensiblen Weiterentwicklung des Rechtssystems.

- **Normung und Standardisierung**

Normen und Standards als Grundlage für Industrie 4.0, Entwicklungsbegleitende Normung, Referenzarchitekturen, Konkretisierung und Weiterentwicklung einer nationalen Normungsroadmap.

- **IT-Sicherheit für Industrie 4.0**

Schutz der IT-basierten Infrastruktur vernetzter Maschinen und Anlagen zur Automatisierung, Überwachung und Steuerung von industriellen Prozessen vor Spionage und Sabotage. Security-by-design, neue Sicherheitsarchitekturen, Einhaltung von Verhaltensmaßregeln, Gesetzen und Richtlinien (Compliance) mit arbeitsorganisatorischen Implikationen.

**Open Access** This chapter is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License, which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

---

# Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen

Ernst Hartmann

---

## Einleitung

Das Zukunftsprojekt ‚Industrie 4.0‘ wurde als ‚strategischer Leuchtturm‘ für die deutsche Innovationspolitik vorgeschlagen und entwickelt (Promotorengruppe 2013). Dies erscheint auch insofern als sinnvoll, als sich die Stimmen mehren, die in einem substantiellen Anteil industrieller Produktion an der Gesamtwirtschaftsleistung einen bedeutsamen Faktor der Innovationsfähigkeit von Volkswirtschaften sehen. Diese Sichtweise spiegelt sich etwa sehr deutlich in den Analysen der Forschungsgruppe ‚Production in the Innovation Economy‘ (PIE) des Massachusetts Institute of Technology wider (MIT; Locke und Wellhausen 2014).

Der Arbeitsgestaltung wurde in der Entwicklung des Konzepts ‚Industrie 4.0‘ von Anfang an hohe Bedeutung beigemessen, dies zeigt sich auch deutlich im Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 (Promotorengruppe 2013).

Als innovationspolitisches Zukunftsprojekt steht Industrie 4.0 somit in der Tradition deutscher Industrie- und Arbeitskultur. Vor diesem Hintergrund soll in diesem Beitrag ein Rückblick auf die Forschung und Praxis der Arbeitsgestaltung in Deutschland während der letzten fünf Jahrzehnte verbunden werden mit einen Ausblick auf neue Herausforderungen, die mit den technischen Möglichkeiten cyberphysikalischer Systeme einhergehen.

Dabei wird sich zeigen, dass viele aktuelle Fragestellungen und Gestaltungsszenarien eine lange Geschichte haben. Es könnte auch sein, dass gerade heute im Kontext der Industrie 4.0 die Zeit zur Umsetzung einiger ‚alter‘ Ideen gekommen ist. Dafür gibt es zwei Wirkkräfte: Erstens erhöht der demografische Wandel den Druck, Prinzipien wie die lernförderliche Arbeitsorganisation oder die alternsgerechte Arbeitssystemgestaltung mit wesentlich größerer Ernsthaftigkeit zu verfolgen als in der Vergangenheit. Zweitens bieten

---

Der Originaltext dieses Beitrags wurde überarbeitet. Das vollständige Korrekturverzeichnis finden Sie am Ende des Buchs und online unter [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7\\_16](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_16).

E. Hartmann (✉)

Institut für Innovation und Technik (iit), Berlin, Germany

e-mail: [hartmann@iit-berlin.de](mailto:hartmann@iit-berlin.de)

© The Author(s) 2015

A. Botthof, E.A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*,  
DOI [10.1007/978-3-662-45915-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_2)



cyberphysikalische Systeme neue Möglichkeiten, etwa wenn es darum geht, komplexe Informationen zu erfassen, aufzubereiten und zu visualisieren, um sie den Nutzern vor Ort zur Verfügung zu stellen.

Das oben bereits angesprochene Konzept der ‚lernförderlichen Arbeitsgestaltung‘ beziehungsweise der ‚lernförderlichen Arbeitsorganisation‘ wird im Folgenden eine große Rolle spielen. Dies ist sicherlich nur ein Aspekt der Arbeitsgestaltung, aber eben nicht irgendeiner. Die Frage, inwieweit die Gestaltung der Arbeit dazu beitragen kann, dass Menschen ihre Kenntnisse und Fähigkeiten über lange Zeiträume hinweg erhalten oder sogar steigern können, beschäftigt die Arbeitspsychologie seit mindestens einem halben Jahrhundert. Zugleich ist diese Frage für die Zukunft – angesichts länger werdender Erwerbsbiografien in Kontext des demografischen Wandels – von herausragender Bedeutung.

Die Darstellung wird sich an drei Phasen der Entwicklung orientieren: Konzepte der Humanisierung des Arbeitslebens aus den Siebziger- bis Neunzigerjahren stehen am Anfang. Eine zweite Phase von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten unter dem Motto ‚Lernen im Prozess der Arbeit (LiPA)‘ kennzeichnet die Zeit unmittelbar nach der Jahrtausendwende. Eine gerade entstehende Forschungslinie stellt das arbeitsimmanente Lernen in einen innovationspolitischen Kontext.

---

## Humanisierung des Arbeitslebens

Im Jahre 1974 richtete das damalige Bundesministerium für Forschung und Technologie der sozialliberalen Koalitionsregierung das Forschungsprogramm ‚Humanisierung des Arbeitslebens‘ ein. Damit gab es in Deutschland erstmalig ein nationales Forschungs- und Entwicklungsprogramm für die Arbeitsforschung und -gestaltung (Bieneck 2009).

Dieses Programm steht auch prototypisch für den Zeitgeist des ‚sozialdemokratischen Jahrzehnts‘ der Siebzigerjahre. Eine fortschreitende Demokratisierung der Gesellschaft – ‚Mehr Demokratie wagen!‘ – und erweiterte Partizipationsmöglichkeiten der Bürger waren Leitthemen. Demokratie und Partizipation sollten sich nicht nur auf die politischen, gesellschaftlichen und kulturellen Bereiche beziehen, sondern auch auf Wirtschaft und Arbeitswelt. Vor diesem Hintergrund ist auch die Verabschiedung des Mitbestimmungsgesetzes im Jahr 1976 zu verstehen.

Der Anspruch, die Wirtschafts- und Arbeitswelt zu demokratisieren, beschränkte sich dabei keineswegs auf Deutschland. Insbesondere die skandinavischen Länder verfolgten, den Traditionen ihrer gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Kulturen folgend, ganz ähnliche Ansätze; als Beispiel sei das Programm ‚Industrielle Demokratie‘ in Norwegen genannt (Emery und Thorsrud 1976).

Im Umfeld des Programms ‚Humanisierung des Arbeitslebens‘ (HdA) und seiner – bis heute andauernden – Nachfolgeprogramme wurden wichtige Prinzipien der Arbeitsgestaltung formuliert, die immer noch Gültigkeit besitzen.