

Arbeit in der Industrie der Zukunft – Gestaltung kooperativer Arbeitssysteme von Mensch und Technik in der Industrie 4.0

Florian WELTER, Stella SCHULTE-CÖRNE, Anja RICHERT, Frank HEES,
Sabina JESCHKE

*Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA)/
Zentrum für Lern- und Wissensmanagement (ZLW)
RWTH Aachen University
Dennewartstraße 27, D-52068 Aachen*

Kurzfassung: Die Arbeit in der Industrie der Zukunft wird zunehmend unter den Bedingungen der Industrie 4.0 entwickelt und gestaltet. Hierhinter verbirgt sich eine umfassende Vernetzung und Digitalisierung der Produktion, die auf den technischen Grundlagen cyber-physischer Systeme und des Internets der Dinge basiert. Bezogen auf die industrielle Arbeit wird damit eine Entwicklung hin zu kooperativen Arbeitssystemen, bestehend aus Menschen, Maschinen/Robotern und IT-Systemen möglich. Dabei gilt es für Forschung und Entwicklung, pilotartige Demonstratoren zu entwerfen und hinsichtlich der Implikationen für den Faktor Arbeit in der Industrie der Zukunft zu untersuchen. Zu diesem Zweck sind entsprechende wissenschaftliche und industrielle Demonstratoren von Teilvorhaben zu flankieren, in denen insbesondere geeignete Organisations- und Lernformen, Fragen der Akzeptanz und Sicherheit von kooperativen Arbeitssystemen sowie wirtschaftsräumliche Implikationen dieser neuen Arbeitssysteme für den Standort Deutschland untersucht werden. Da Industrie 4.0 den Menschen als integralen Bestandteil der Produktion sowie als Erfahrungs- und Entscheidungsträger versteht, ist zur Untersuchung derselben ein ganzheitliches und verschiedene Ebenen und Disziplinen berücksichtigendes Untersuchungsdesign wesentlich – nicht zuletzt auch deswegen, um die tradierte Technikzentrierung bei der Gestaltung von Arbeitssystemen zu überwinden. Das Anliegen dieses Beitrags ist es, eine der vielen Facetten von Industrie 4.0 durch die Vorstellung von zentralen Zielen zu Arbeit in der Industrie der Zukunft zu beleuchten und letzteres der Scientific Community vorzustellen.

Schlüsselwörter: Arbeitsforschung, Industrie 4.0, Mensch-Maschine-Kooperation, kooperatives Arbeitssystem, Organisation, Lernen

1. Digitalisierung als Treiber einer Industrie 4.0 Entwicklung

Der Megatrend Digitalisierung durchdringt zunehmend alle Bereiche der Lebens- und Arbeitswelt (vgl. Wenzel & Dziemba 2014) und ist mit seinen Chancen und Herausforderungen alltäglicher Bestandteil von Wirtschaft (vgl. u. a. Lucke et al. 2014; Z_punkt 2014) und Wissenschaft (vgl. u. a. BMBF 2014 a; Winkler-Nees

2011). Die wachsende Bedeutung wissenschaftlicher Analysen zum Themenfeld der Digitalisierung manifestiert sich gegenwärtig in der Ausrichtung diverser Aktivitäten des BMBF, wie z.B. der Bekanntmachung „Dienstleistungsinnovation durch Digitalisierung“ (BMBF 2014 a) im Rahmen des Aktionsplans Dienstleistung 2010 oder der Ausrichtung des Wissenschaftsjahrs 2014 mit dem Fokus „Die digitale Gesellschaft“ (BMBF 2014 b).

Hier ist hervorzuheben, dass der Begriff der Digitalisierung nicht einfach als die bloße Erfassung, Aufbereitung und Speicherung analoger Informationen auf digitalen Datenträgern verstanden wird. Im Kontext der Entwicklung zu einer Industrie 4.0 fungiert „Digitalisierung vielmehr als Innovationsmotor, verändert die Wertschöpfung, die Rolle der Kunden, erlaubt den Aufbau von neuartigen, eigenständigen und umfassenden Servicesystemen und fördert die Internationalisierung von Dienstleistungen“ (BMBF 2014 a). Digitalisierung vernetzt gesellschaftliche und wirtschaftliche Teilsysteme raum- und zeitunabhängig (vgl. ebd.; Wenzel & Dziemba 2014) und wirkt sich dadurch maßgeblich auf die Entwicklung einer Industrie 4.0 aus.

2. Industrie 4.0 – Technologischer Paradigmenwechsel: dezentrale- statt zentrale Steuerung

Die aktuelle Automatisierungstechnik ist dominiert und durchdrungen von dem Paradigma einer zentralistischen Steuerung. Master-Slave-Systeme sind das dominierende Architekturmodell: Ein Zentralserver verteilt die Aufgaben, die abhängigen Einheiten erfüllen ihre Aufgaben und berichten an den zentralen Server. Daran ändert auch die Vernetzung aller Komponenten einer Produktionsanlage, als ein wichtiges Merkmal von Industrie 4.0, zunächst nichts (vgl. Jeschke 2014).

Solche Systeme sind weder zielbasiert noch agieren sie als ‘soziales Team’: Sie wissen kaum wer sie sind, wer ihre Nachbarn sind, was ihre Aufgabe ist, wie sie zusammenwirken, was die Konsequenzen ihrer Fehler sein können, welche alternativen Strategien es geben könnte usw. Die Art etwa, wie eine kooperative Robotik wirkt – z.B. bei einer Vielzahl von Robotern entlang einer Automobilfertigungsstraße –, ist i.d.R. heute lediglich ein zeitlich synchrones Abarbeiten verschiedener Aufgaben durch die beteiligten Roboter (vgl. ebd.).

Ein Ziel, das in den vergangenen Jahren bereits mehr und mehr erreicht werden konnte, ist die Flexibilität der Anlagen in Bezug auf die Fertigung mehrerer Varianten auf derselben Produktionslinie. Durch die Ausstattung der Systeme mit mehr Sensoriken und internem Prozessor wurde es möglich, dass Systeme die angelieferten Teile bzw. den Zustand des halbfertigen Produkts korrekt identifizieren und auf dieser Basis die nächsten Schritte durchführen. Im Automobilbereich beherrschen moderne Produktionslinien in Deutschland heute selbstverständlich die Fertigung mehrerer Modellvarianten.

Die Zukunft der Automatisierungstechnik liegt also darin, die Einzelsysteme mit mehr Intelligenz auszustatten, zunächst einmal vor allem, um Prozess- und Produktqualität zu erhöhen (vgl. Ewert 2014).

Aufbauend darauf setzen moderne Robotikkonzepte beim Prinzip der ‘Kooperation’ an: Eine Vielzahl von Forschungsprojekten in der Automatisierungstechnik adressiert die Thematik, Roboter als ‘Team’ interagieren zu lassen. Der Hintergrund ist evident: Komplizierte Aufgaben lösen heterogene ‘Teammitglieder’ besser, da sie die unterschiedlichen Kompetenzen nutzen können. Dieser Schritt steht derzeit, aus rein technischer Sicht, in der Robotik an.

Noch einmal wesentlich weiter geht der Schritt, den Menschen als Teil und Leiter eines dann entstehenden hybriden Systems/Teams zu integrieren. Ein solcher Teamprozess unterliegt dann notwendigerweise einem dezentralen Steuerungsparadigma mit völlig neuartigen Arbeitsorganisationen, -prozessen, Führungs- und Entscheidungsoptionen sowie Verantwortlichkeiten für die beteiligten Akteure und beschreibt damit die tiefgreifenden Veränderungen, den Industrie 4.0, konsequent zu Ende gedacht, für die Arbeit in der Industrie der Zukunft bedeutet (vgl. ebd.).

Vor diesem Hintergrund ergeben sich zahlreiche neue Herausforderungen und Ziele, die die Gestaltung hybrider, kooperativer Arbeitssysteme betreffen und eine multidimensionale Sicht (menschlicher, organisationaler und technischer Aspekte) auf das Thema Arbeit in der Industrie der Zukunft erfordern. Entsprechend sind gleichermaßen die Interessen, mitunter auch die Bedenken, von Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik zu adressieren, die jeweils die Entwicklung zu einer Industrie 4.0 beeinflussen.

3. Übergeordnete Ziele von Arbeit in der Industrie der Zukunft

Wissenschaftlich-experimenteller Demonstrator: Ein wissenschaftlich-experimenteller Demonstrator eines zukünftigen 4.0-Szenarios dient als Labor und stellt eine vollständig vernetzte Industrie 4.0 Umgebung zur Simulation und Analyse von Arbeitsprozessen und ihren Wirkungen dar. Sein Zweck ist u.a., Menschen, Maschinen (in der Montagezelle auch Lightweight Roboter, optimiert auf Mensch-Maschine-Kooperation auf engstem Raum) und IT-Systeme in einem innovativen Arbeitssystem zu integrieren, um kooperative und vernetzte Arbeitsabläufe zu demonstrieren, die in dieser Form noch nicht in der industriellen Praxis eingesetzt werden können und dürfen. Mit einer entsprechenden Demonstrationsanlage wird die Möglichkeit gegeben, neue Wege der Wissensgenerierung aufzuzeigen, weitere Anforderungen an Kompetenzen und deren Entwicklung abzuleiten sowie innovative Organisations- und Gestaltungsmodelle von Arbeit für die und in der Industrie 4.0 zu entwickeln. Ein wissenschaftlich-experimenteller Demonstrator fungiert als exploratives Untersuchungsumfeld, in dem interdisziplinäre Erkenntnisse gewonnen und darüber hinaus Implikationen für Wirtschaft, Gesellschaft und Politik abgeleitet werden.

Industrieller Demonstrator: Für die Gestaltung einer pilotartigen industriellen Demonstratoranlage, z.B. in der Fertigung eines deutschen Großunternehmens, ist auf Basis eines heute bestehenden Systems und konkreter Anforderungen an weniger belastende, demografiefeste Arbeitsplätze (vgl. Jeschke et al. 2013) zunächst ein anwendungsbezogenes Konzept eines zukünftigen hybriden, kooperativen Arbeitssystems zu simulieren. Darauf basierend lassen sich Teilsysteme einer modularen, flexiblen, hybriden Endmontage als Vordemonstrator realisieren. Ein Vordemonstrator ist insbesondere durch die Werksleitung und gemeinsam mit Berufsgenossenschaften zu evaluieren und hinsichtlich sicherheitstechnischer Komplexität, Arbeits- und Gesundheitsschutz (vgl. Henning et al. 2008) und Gefährdungspotenzial zu kategorisieren. Nach der Evaluation eines Vordemonstrators ist die Umsetzung eines produktionsnahen Gesamtdemonstrators anzustreben.

Arbeitsorganisation und Gestaltungspotenziale: Die Generierung von handlungs- und gestaltungswirksamen Ergebnissen zur zukünftigen Industriearbeit (z.B. Konzepte erweiterter Arbeitsautonomie, Konzepte situationsgerechter Unterstützung des Mitarbeiters in der Industrie 4.0, vgl. Kagermann et al. 2013) stellt ein weiteres übergeordnetes Ziel für die Arbeit in der Industrie der Zukunft dar. Im Fokus stehen dabei die Entwicklung neuer Konzepte der Arbeitsorganisation und die Beschreibung neuartiger Gestaltungspotenziale hybrider, kooperativer Arbeitssysteme durch den Menschen. Hier werden Prozesse der Arbeitsgestaltung, -teilung und -organisation, der Datenintegration (vgl. Meisen 2012) und des Informationsaustauschs, wie auch der Kommunikation in den Blick genommen und auf dazugehörige Flexibilisierungspotenziale hin untersucht.

Wahrnehmungs- und Wirkungsanalyse Industrie 4.0: Um für die Arbeit in der Industrie 4.0 vorbereitet zu sein und die Entwicklung dahingehend zu gestalten, ist das Herausarbeiten von Implikationen und Implementierungshilfen auf verschiedenen Ebenen (Multi-Level-Analysen) notwendig. Die Wahrnehmung von Möglichkeiten und Konsequenzen, arbeitspraktischer und -organisatorischer Chancen und Risiken fortschreitender Digitalisierung und Automatisierung aus Sicht der Gesellschaft, der räumlichen Verortung und Wandlungsfähigkeit von Industriestandorten (vgl. BMBF 2014 c) sowie von Arbeitnehmern ist zum 'Enabling' einer Industrie 4.0 notwendig und weitergehend zu eruieren.

Kooperation und Sicherheit: Durch die erfolgreiche Gestaltung der hybriden Arbeitssysteme in der Industrie 4.0 wird die Verbindung von Vorteilen der Economies of Scale (sinkende Durchschnittskosten bei steigenden Stückzahlen, vgl. Brecher 2012) und der Economies of Scope (zunehmende Variantenvielfalt und Flexibilität für den Kunden; vgl. ebd.) ermöglicht. Modellerte Systeme einer engen und physisch unmittelbaren Kooperation von Mensch und Maschine erlauben wirtschaftliche Lösungen bei kleinsten Losgrößen. Es stellen sich jedoch dadurch Fragen der Akzeptanz und Sicherheit kooperativer Arbeitssituationen zwischen Mensch und Maschine, die aus Sicht der Arbeitspsychologie zu beantworten sind (vgl. Ulich 2011). Ziel ist es, Erfolgsfaktoren und Risiken zur Akzeptanz (vgl. Baxter/Sommerville 2011) und Verbreitung kooperativer Arbeitssysteme zu identifizieren und zu systematisieren. Die Sicherheit solcher innovativen Arbeitssysteme gilt es – u.a. mit Vertretern von Berufsgenossenschaften und weiteren Intermediären – zu diskutieren, um eine zeitnahe Überführung von Sicherheitsaspekten, die an Demonstratoren analysiert wurden, in die Praxis zu ermöglichen.

Lernen und Kompetenzentwicklung: Die Untersuchung von Lern- und Kompetenzentwicklungsprozessen (vgl. Mühlbradt 2014) in kooperativen Arbeitssystemen ist ein weiterer Kern von Arbeit in der Industrie der Zukunft. Ziel ist es hier, neuartige Formen der Kommunikation und Interaktion in kooperativen Arbeitssystemen zu identifizieren wie auch Lehr- und Lernszenarien und grundlegende Rollen- und Teamentwicklungsprozesse als Voraussetzung und Möglichkeit sozialer Innovationen zu beschreiben. Darüber hinaus stehen Fragen veränderter Führungsaufgaben des Menschen, der Orchestrierung intelligenter, vernetzter Systeme und der Identifikation salutogener Potenziale der Arbeit (vgl. Ulich 2014) der Industrie 4.0 im Fokus.

4. Ausblick

Die übergeordneten Ziele von Arbeit in der Industrie der Zukunft verdeutlichen die Relevanz einer integrierten Arbeitsforschung im Kontext von Industrie 4.0 auf Basis eines explorativ-experimentellen Designs. Hierdurch sind sowohl Chancen als auch Risiken hinsichtlich der Entwicklung zu einer Industrie 4.0 zu betrachten, und Wege aufzuzeigen, wie insbesondere die Potenziale für die arbeitenden Menschen, die Unternehmen und den Standort Deutschland am besten genutzt werden können. Wohingegen für die arbeitenden Menschen u.a. die Frage der Akzeptanz von zukünftigen Vernetzungsformen in kooperativen Arbeitssystemen aus Mensch und Technik zu beantworten ist, stellen sich auf Ebene eines gesamten Unternehmens u.a. Fragen nach neuen Organisationsstrukturen und -prozessen sowie nach geeigneten Wegen, organisationale Veränderungen nachhaltig zu implementieren. Des Weiteren ist eine engere Vernetzung von Inhalten bestehender nationaler und internationaler Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Kontext von Industrie 4.0 unter dem Aspekt zu forcieren, dass sich Arbeit in der Industrie der Zukunft, in Abhängigkeit von unterschiedlichen Faktoren, wie z.B. kultureller, politischer, rechtlicher, wirtschaftsstruktureller und technologischer Art, sehr divers in einer globalisierten Welt entwickeln wird.

5. Literatur

- Baxter G, Sommerville I (2011) Socio-technical systems: From design methods to systems engineering. *Interacting with Computers*, 23(1), 4-17.
- BMBF – (2014a) Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen für „Dienstleistungsinnovation durch Digitalisierung“ im Rahmen des „Aktionsplans Dienstleistung 2010“. Abrufbar unter: <http://www.bmbf.de/foerderungen/23808.php> (Stand: 27.08.2014).
- BMBF – (2014b) Das Wissenschaftsjahr 2014 – Die digitale Gesellschaft. Abrufbar unter: <http://www.bmbf.de/de/23173.php> (Stand: 01.10.2014).
- BMBF – (2014c) Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn.
- Brecher, C (ed.) (2012) *Integrative production technology for high-wage countries*. Berlin: Springer.
- Ewert D (2014) *Adaptive Ablaufplanung für die Fertigung in der Factory of the Future*. VDI Reihe 10, Nr. 830.
- Henning K, Richert A, Hees F (Hrsg.) (2008) *Präventiver Arbeits- und Gesundheitsschutz 2020: Tagungsband zur Jahrestagung 2007 des BMBF-Förderschwerpunkts am 15. und 16. November in Aachen*, vol. 59, Aachener Reihe Mensch und Technik, Aachen, Mainz.
- Jeschke S (Hrsg.) (2013) *Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel. Beiträge der Demografietagung des BMBF im Wissenschaftsjahr 2013*. Frankfurt: Campus.
- Jeschke S (2014) *Kybernetik und die Intelligenz verteilter Systeme. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland. Arbeitspapier zum „Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT.NRW)“* (im Druck).
- Kagermann H, Wahlster W, Helbig, J (2013) *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Berlin.
- Lucke D, Görzig D, Kacir M, Volkmann J (2014) *Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“ – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0*. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Bauernhansl T, Lickefett M (Hrsg).
- Meisen T (2012) *Framework zur Kopplung numerischer Simulationen für die Fertigung von Stahlzeugnissen*. Dissertation. RWTH Aachen.
- Mühlbradt T (2014) *Was macht Arbeit lernförderlich? Eine Bestandsaufnahme*. In: *MTM-Schriften Industrial Engineering*, Ausgabe 1.
- Ulich E (2011) *Arbeitspsychologie*. vdf Hochschulverlag AG.

- Ulich E (2014) Arbeitsinduziertes Lernen. Lebenslanges Lernen: Wissen und Können als Wohlfaktoren, 65-73.
- Wenzel E, Dziemba O (2014) #Wir – Wie die Digitalisierung unseren Alltag verändert. München: Redline.
- Winkler-Nees S (2011) Anforderungen an wissenschaftliche Informationsinfrastrukturen, Working Paper Series des Rates für Sozial- und Wirtschaftsdaten, No. 180.
- Z_punkt (2014) Megatrends 2020plus – Herausforderungen und Chancen für Unternehmer. Unternehmer Positionen Nord - Eine Initiative der HSH Nordbank AG (Hrsg).

Danksagung: Das Paper basiert z. T. auf Vorarbeiten, die im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunkts „Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel“ im BMBF-Programm „Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln. Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt“ (A-L-K-Programm) gefördert wurden.