

Wie verändern sich Arbeitsaufgaben in zunehmend digital unterstützten Arbeitsprozessen? Ein Ansatz zur Entwicklung von Szenarien für die veränderte Arbeitsteilung zwischen Mensch und intelligenter Produktionstechnik

David KREMER, Wilhelm BAUER, Sibylle HERMANN

*Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation,
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart*

Kurzfassung: Den Aufgabenmerkmalen der Autonomie und Kontrolle kommt in soziotechnischen Gestaltungskonzepten eine wichtige Bedeutung zu. In einer Reihe technologischer Ansätze der Industrie 4.0 scheinen jedoch Autonomie und Kontrolle der menschlichen Arbeitsaufgaben erheblichen Veränderungen zu unterliegen. Der Beitrag führt zunächst die soziotechnischen Gestaltungsebenen Mensch, Aufgabe, Organisation und Technik auf theoretischer Ebene mit Entwicklungsstufen der Digitalisierung zusammen. Anschließend wird ein methodischer Ansatz beschrieben, welcher die Entwicklung und Bewertung alternativer Szenarien der Arbeitsteilung zwischen Mensch und intelligenter Technik zum Ziel hat.

Schlüsselwörter: Industrie 4.0, Digitalisierung, Arbeitsteilung, Autonomie, Kontrolle, Prozessmodellierung

1. Problemstellung

Das Primat der Aufgabe, die im soziotechnischen Gestaltungsansatz nach Ulich (2005) das soziale Teilsystem mit dem technischen und organisationalen Teilsystem verbindet, gilt auch für die Gestaltung digital unterstützter Arbeitssysteme. Im Kontext zunehmend vernetzter und autonomer werdenden Technologien bleibt die *Aufgabe* weiterhin der Kristallisationspunkt, in dem sich Veränderungen der technologischen, menschlichen und arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen niederschlagen. Die Definition von Aufgaben in einem gegebenen Arbeitssystem legt fest, wie die grundlegende Arbeitsteilung zwischen Mensch (Arbeitsaufgaben) und Technik (Bearbeitungsaufgaben) aussieht. So „spielt die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Technik, die Mensch-Maschine-Funktionsteilung also, die entscheidende Rolle für die Entwicklung und Konstruktion von Produktionssystemen“ (ebda). Den Aufgabenmerkmalen der Autonomie (Bestimmen von Zielen und Regeln der Arbeit) sowie der Kontrolle (Beeinflussung einer Arbeitssituation) kommt dabei eine wichtige, weil motivationsstiftende Bedeutung zu.

Gerade Autonomie und Kontrolle der menschlichen Arbeitsaufgaben scheinen jedoch in einer Reihe technologischer Ansätze, die unter dem Leitziel „Industrie 4.0“ verfolgt werden, erheblichen Veränderungen zu unterliegen. So erlangen intelligente Systeme im Zuge von z. B. vorausschauender Wartung, automatisierter Optimierung von Logistik-Prozessen und einiger Assistenzsysteme höhere Grade der Kontrolle, als dies zuvor der Fall war. Unklar ist bisher, wie sich steigende Autonomie und

gegenseitige Vernetzung intelligenter Maschinen zukünftig auf die Arbeitsaufgaben des Menschen auswirken werden.

2. Theoretischer Ansatz

Die schrittweise Durchdringung der Arbeitssysteme mit intelligenten Technologien sowie die zunehmenden Steuerungsaufgaben intelligenter Software im Produktionsprozess, beeinflussen die Mensch-Technik-Funktionsteilung der Arbeitssysteme unmittelbar (Spath & Weisbecker 2013; Gombolay et al. 2014; Weyer 2006). Aus dieser Sicht verspricht die Förderung von Arbeitsqualität und gesunden Arbeitsbedingungen da Erfolg, wo die Entwicklungsstufen der veränderten Arbeitsteilung zwischen Mensch und intelligenten Technologien im Fokus der Analyse und Gestaltung stehen (Abbildung 1).

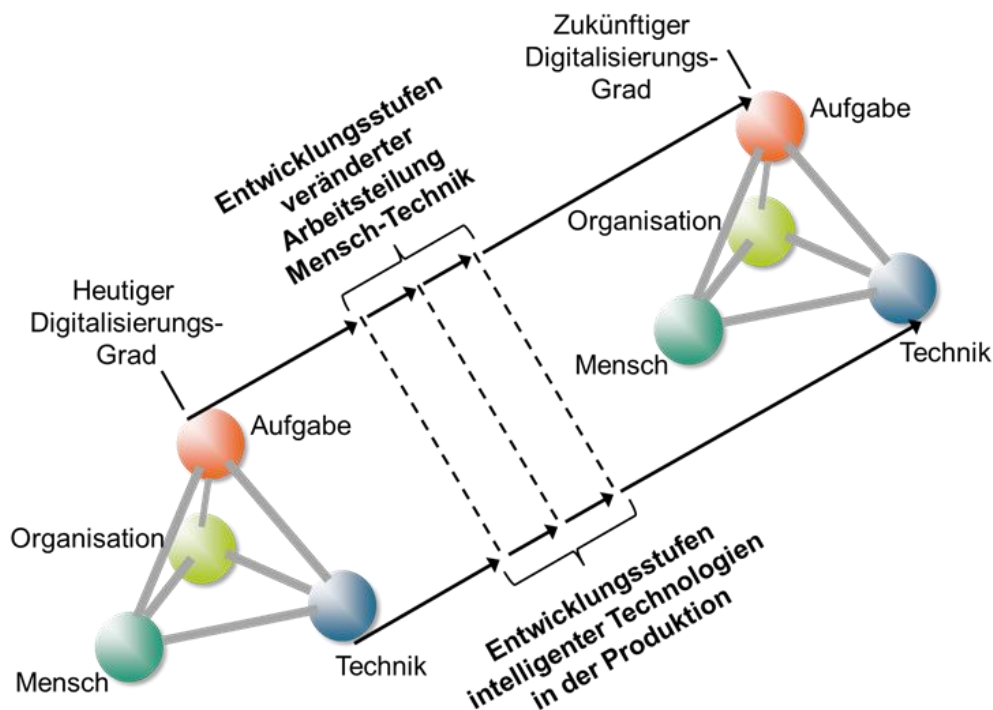


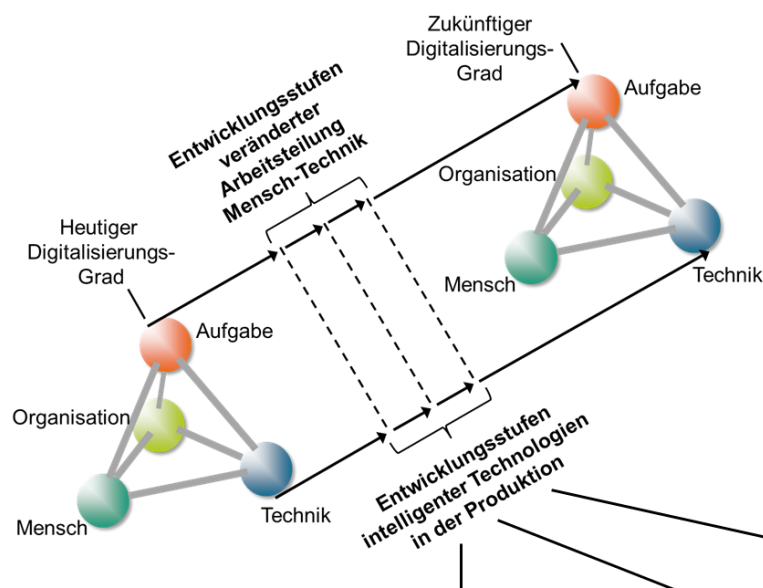
Abbildung 1: Primat der Aufgabe für die Entwicklung der Arbeitsteilung in der intelligenten Produktion (angelehnt an Ulich 2005)

Die Entwicklungsstufen intelligenter Technologien entstehen einerseits durch neue Steuerungsfunktionalitäten von z.B. Software, Produktionstechnik und intelligenten Objekten. Auf der anderen Seite vollziehen sich digitale Technologien im Zuge aufeinander folgender Implementierungs- und Migrationsschritte, wie auch durch schrittweise Ausweitung der Nutzung/Freischaltung optionaler Funktionalitäten bestehender Systeme. Die Entwicklungsstufen intelligenter Technologien sind im Kontext der Industrie 4.0 vor allem in Hinblick auf ihren Grad der Vernetzung und Autonomie relevant, weil sie die Arbeitsteilung Mensch-Technik unmittelbar beeinflussen. Abbildung 2 veranschaulicht diesen Zusammenhang schematisch.

Die erste Entwicklungsstufe auf der Ebene der Vernetzung beinhaltet nach

Dworschak et al. (2012) Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, die in Form bilateraler Verbindungen zwischen zwei Objekten entstehen. In Stufe 2 wird dies erweitert zu festen Netzwerkstrukturen, in denen die Datenübertragung zu einer zentralen Steuerungseinheit erfolgt. Diese Vernetzung wird in Stufe 3 autonom vom Netzwerk selbst geregelt, das selbständig Netzwerkknoten hinzufügen und entfernen kann.

Auf der Merkmalebene der Autonomie kennzeichnet die Entwicklungsstufe 1 eine rein passive Informationsaufnahme und –speicherung. In Stufe 2 können Objekte bereits Informationen teilautonom bearbeiten und weitergeben. In der dritten Entwicklungsstufe herrscht Vollautonomie, d.h. die intelligenten Objekte kommunizieren mit anderen Objekten und treffen Entscheidungen auf Basis umfassender Datenmengen aus Sensorik- und Aktorik-Funktionalitäten.



| Merkmals | Stufe 1 | Stufe 2 | Stufe 3 |
|------------|--|--|--|
| Vernetzung | Punkt-zu-Punkt-Verbindungen Informationsaustausch über bilaterale Verbindung zweier Objekte, z. B. über Auslesen/Beschreiben eines RFID-Tags | Feste Netzwerkstrukturen Datenübertragung von Endknoten zu einer zentralen Steuerungseinheit | Selbstorganisierende ad-hoc-Vernetzung Netzwerkknoten werden durch Netzwerk selbst hinzugefügt/entfernt |
| Autonomie | Keine Autonomie Passive Informationsaufnahme und –speicherung | Teilautonomie Objekte können Informationen verarbeiten und geben diese bei bestimmten Ereignissen weiter | Vollautonomie Entscheidungsfähigkeit von Objekten aufgrund umfassender Logik, Sensorik und Aktorik, was Kommunikation mit anderen Objekten einschließt |

Abbildung 2: Zusammenhang zwischen den Entwicklungsstufen des soziotechnischen Systems im Rahmen der Digitalisierung der Produktion (obere Bildhälfte, vgl. Abbildung 1), und den Ausprägungsstufen der Vernetzung und Autonomie von Produktionssystemen (Tabelle aus Dworschak et al. 2012)

Die Auswirkungen des steigenden Digitalisierungsgrades der Produktion auf die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik vermittelt Abbildung 3 konzeptionell. Die in der Abbildung horizontal angebrachten Ebenen beinhalten die in Abbildung 1 und 2 aufgegriffenen Dimensionen des Arbeitssystems: Technik, Organisation, Aufgabe und Mensch. Die erste Wechselwirkung zwischen diesen Dimensionen ergibt sich, wenn der steigende Digitalisierungsgrad einer Produktion zu einer veränderten Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik auf der Ebene der Arbeitsorganisation führt (Schritt 1). Diese veränderte Arbeitsorganisation macht sich infolgedessen durch veränderte Arbeitsanforderungen bemerkbar (Schritt 2). In die Interaktion zwischen dem Menschen und seinen veränderten Aufgaben (Schritt 3) fließen auf der einen Seite bereits existierende Gesundheitsressourcen und Kompetenzen ein. Auf der anderen Seite beeinflussen die veränderten Arbeitsanforderungen die zukünftigen Gesundheitsressourcen und die Kompetenzentwicklung des Menschen, z.B. infolge veränderter Belastungs-Beanspruchungs-Effekte.

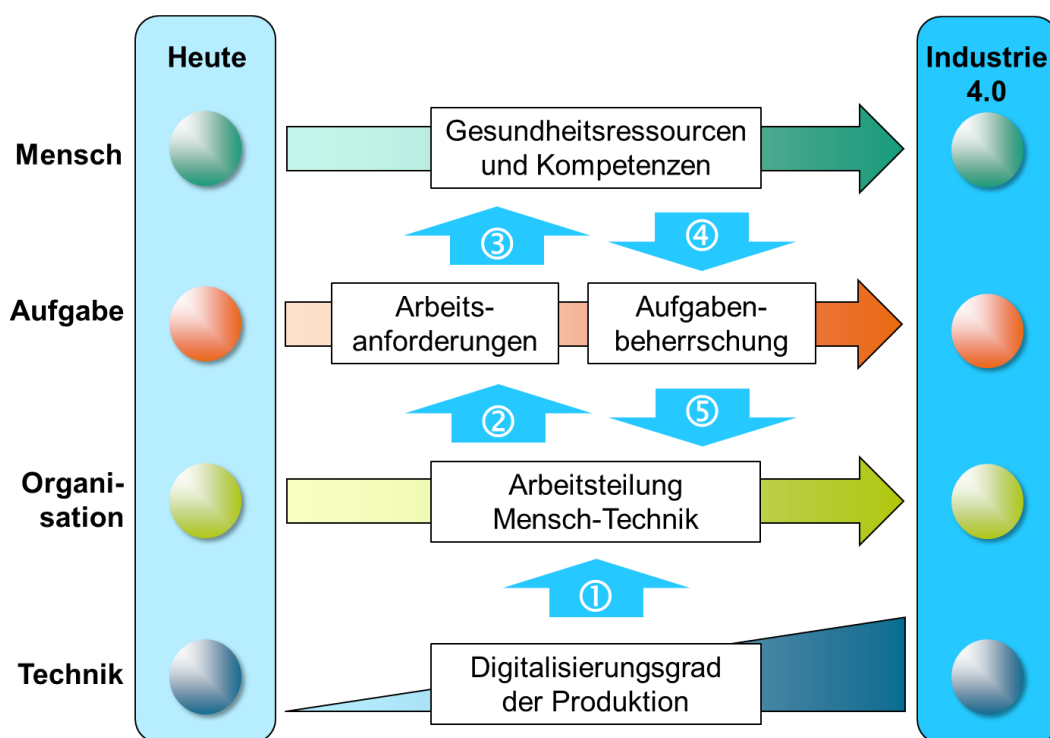


Abbildung 3: Auswirkungen des steigenden Digitalisierungsgrades der Produktion auf die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik, sowie daraus resultierende Rückkopplungen auf den Ebenen Organisation, Aufgabe und Mensch (eigene Darstellung)

Die Rückkopplungsschleife beginnt in Schritt 4, wenn sich angesichts steigender Digitalisierung der Arbeitsprozesse herausstellt, ob der Mensch mit seinen Kompetenzen und Ressourcen die veränderten Aufgaben beherrscht. Ist dies der Fall, entsteht eine günstige Ausgangslage für die Gestaltung einer gleichberechtigten Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik. Beherrscht der Mensch die veränderten Arbeitsprozesse nur unzureichend, z.B. weil die Systemzusammenhänge für ihn zu abstrakt und nicht mehr nachvollziehbar geworden sind, öffnet dies die Tür für eine zusätzliche Verlagerung von Autonomie und Entscheidungsbefugnis an die Intelligenz der technischen Systeme. Dies

verschlechtert die Aussichten auf ein ausgewogenes Hybrid-Szenario, in dem Mensch und Maschine auf Augenhöhe kooperieren, dem Menschen jedoch wesentliche Entscheidungen zur Steuerung der Produktion vorbehalten bleiben (vgl. Dworschak & Zaiser 2014).

3. Methodischer Ansatz

Die Aufgabengestaltung in hybriden Arbeitssystemen beeinflusst die Vollständigkeit von Tätigkeiten, die Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit der Arbeit sowie den Kompetenzerhalt der Beschäftigten (Weiland 2013; Zeller et al. 2012). Um eine einseitige Technikdominanz in der Gestaltung der zukünftigen Arbeitsprozesse zu verhindern, sollte der Lösungsraum zur Erzielung hoher Arbeitsqualität und gesunder Arbeitsbedingungen systematisch erweitert und genutzt werden. Hierfür sind alternative Szenarien der Aufgabengestaltung zielführend, die eine Variation der Arbeitsteilung ermöglichen (Dworschak & Zaiser 2014). Benötigt werden dafür im Kontext der Industrie 4.0 ganzheitliche Methoden zur Modellierung der Arbeitsteilung von Arbeitsprozessen, in denen Menschen mit intelligenten Technologien kooperieren. Vorarbeiten dazu wurden im BMBF-Projekt KapaFlexCy durchgeführt, in dem die Interaktion zwischen Produktionsmitarbeitern und einem intelligenten Kapazitäts-Brokerage-System mittels einer angepassten Variante der Blueprint-Methode modelliert wurde (vgl. Bauer et al. 2014).

Eine methodische Annäherung an die soziotechnische Erfassung veränderter Arbeitsaufgaben hat der Tool-Ansatz „Smart Blueprint“ des Fraunhofer IAO zum Ziel (Abbildung 4).

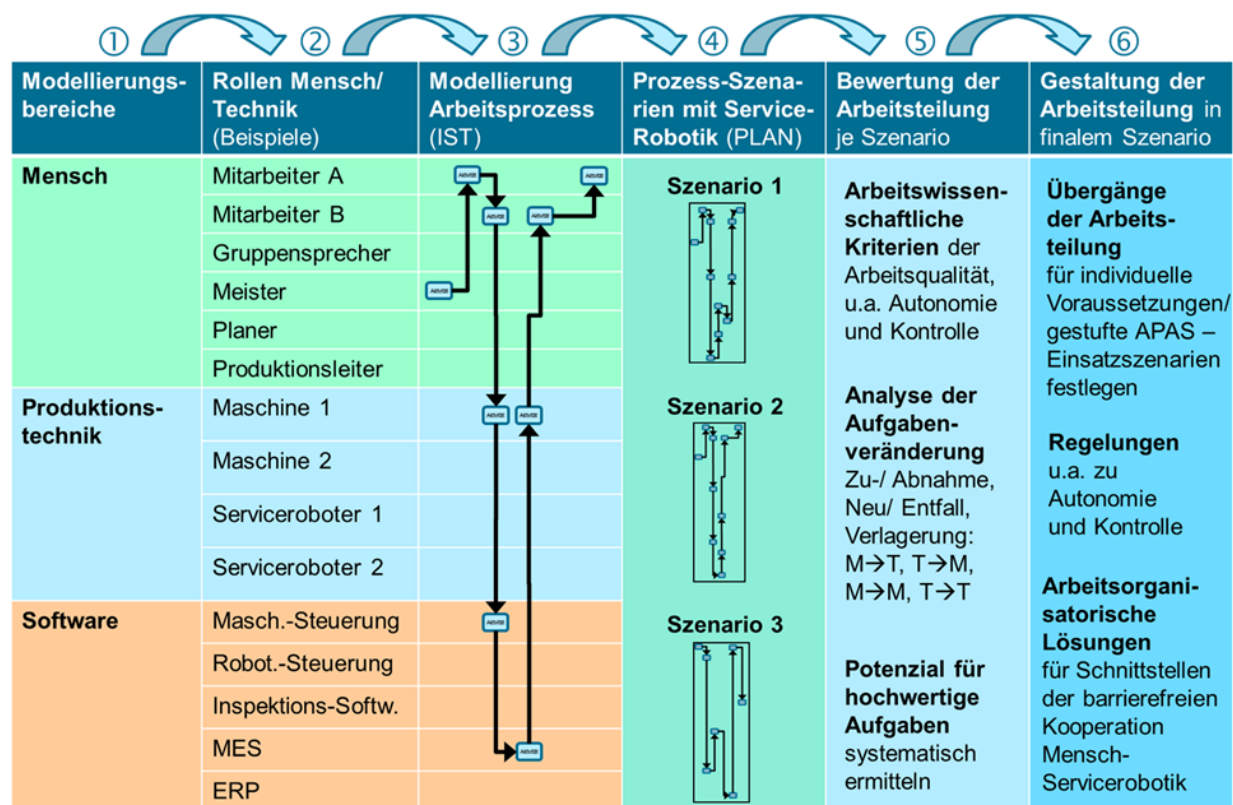


Abbildung 4: Vorgehensweise des Tool-Ansatzes „Smart Blueprint“ zur Modellierung und Bewertung alternativer Szenarien von digital unterstützten Arbeitsprozessen

Basierend auf Anwendungsszenarien in betrieblichen Migrationsstrategien, sollen mit Hilfe der Methodik Veränderungen der Arbeitsaufgaben in digital unterstützten Arbeitsprozessen abgebildet werden. Hierzu wird die aus dem Dienstleistungsbereich stammende Methodik „Service Blueprint“ (Hermann & Ganz 2014) zur Geschäftsprozess-Modellierung auf die Komplexität digital unterstützter Arbeitsprozesse angepasst. Aus den modellierten Szenarien der zukünftigen Arbeitsprozesse werden anschließend Veränderungen der Arbeitsaufgaben (Zu-/Abnahme/Neuentstehung/Wegfall, Verlagerung zwischen Mensch/Technik, Mensch/Mensch oder Technik/Technik) abgeleitet. Durch die Ermittlung der Auswirkungen, welche die veränderte Arbeitsteilung zwischen Mensch und intelligenter Technik auf die Arbeitsqualität hat, will dieser methodische Ansatz zur menschengerechten Gestaltung der digitalisierten Arbeitswelt beitragen.

4. Literatur

- Bauer, W., Gerlach S., Hämmerle M., Strölin. T. (2014): KapaflexCy – Selbstorganisierte Kapazitätsflexibilität in Cyber Physischen Produktionssystemen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Bericht zum 60. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 12.-14.03.2014 in München. Dortmund: GfA-Press.
- Dworschak, B.; Zaiser, H. (2014): Competences for Cyber-Physical Systems in Manufacturing – first Findings and Scenarios. In: Bauer, W. et al. (Hrsg.): Disruptive Innovation in Manufacturing Engineering towards the 4th Industrial Revolution : 8th International Conference on Digital Enterprise Technology, DET 2014, March 25-28 2014, Stuttgart, Germany, Elsevier, 2014 (forthcoming).
- Dworschak, B.; Zaiser, H.; Brand, L.; Windelband, L. (2012): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge und dessen Umsetzung in der Praxis. In: Abicht, L.; Spöttl, G. (Hrsg.): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge, FreQueNz-Buchreihe „Qualifikationen erkennen – Berufe gestalten“; Bd. 15 (hrsg. von H.-J. Bullinger), Bielefeld, S. 7-24.
- Gombolay, M. C.; Gutierrez, R. A.; Sturla, G. F.; Shah, J. A. (2014): Decision-Making Authority, Team Efficiency and Human Worker Satisfaction in Mixed Human-Robot Teams. In: Proceedings of the Robots: Science and Systems (RSS).
- Hermann, S.; Ganz, W. (2014): Digitalisierung der Dienstleistungsentwicklung. In: Boes, A. (Hrsg.): Dienstleistung in der digitalen Gesellschaft. Beiträge zur Dienstleistungstagung des BMBF im Wissenschaftsjahr 2014. Frankfurt, S.123-132 (im Erscheinen).
- Spath, D.; Weisbecker, A. (Hrsg.) (2013): Potenziale der Mensch-Technik Interaktion für die effiziente und vernetzte Produktion von morgen. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Ulich, E. (2005): Arbeitspsychologie, Stuttgart: Schäffer-Poeschl Verlag, S. 83-94.
- Weiland, T. (2013): Arbeitsorganisation und Qualifikation in der Industrie 4.0. Ermittlung der Anforderungen an Management, Mitarbeiter und Arbeitsumfeld in der Produktion, GRIN Verlag.
- Weyer, J. (2006): Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme, Arbeitspapier Nr. 16 (August 2006), Dortmund. <http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/Medienpool/Arbeitspapiere/ap-soz16.pdf> abgerufen am 15.12.2014
- Zeller, B.; Achtenhagen, C.; Föst, S. (2012): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der industriellen Produktion. In: Abicht, L.; Spöttl, G. (Hrsg.): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge, FreQueNz-Buchreihe „Qualifikationen erkennen – Berufe gestalten“; Bd. 15 (hrsg. von H.-J.-Bullinger), Bielefeld, S. 193-267.