

**Jonas Gebhardt** (Europa-Universität Flensburg)

**Axel Grimm** (Europa-Universität Flensburg)

**Laura Maria Neugebauer** (Fachhochschule Flensburg)

**Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige  
Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und  
Ausbildung**

**Herausgeber**

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

**Journal of Technical Education (JOTED)**

**ISSN 2198-0306**

**Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>**

---

**Jonas Gebhardt (Europa-Universität Flensburg )**  
**Axel Grimm (Europa-Universität Flensburg)**  
**Laura Maria Neugebauer (Fachhochschule Flensburg)**

## **Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung**

### **Zusammenfassung**

Wo geht es hin und wie könnte die zukünftige Arbeitswelt aussehen und wie ist darauf vorzubereiten? Technische Innovationen und Neuordnungen, z. B. die Digitalisierung und Vernetzung von Wertschöpfungsketten, erfahren durch die Zukunftsvision „Industrie 4.0“ im zunehmenden Maße Aufmerksamkeit. Das Ziel ist ökonomischer Natur: Die Wirtschaft soll nachhaltig gestärkt werden. Parallel steigt die Notwendigkeit für Politik, Wirtschaft, Forschung und Bildung die Eingangsfragen zu beantworten. Es gilt gegenwärtige Arbeitnehmer/-innen und ihr Know-How, in Bezug auf die Arbeitsfähigkeit in der digitalisierten Arbeitswelt, herauszuzeichnen und einzuschätzen. Dieser Beitrag gestaltet eine Vorausschau auf Anforderungen an die zukünftige Arbeit 4.0 und Wirkungen auf die Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern.

*Schlüsselwörter: Berufsausbildung, Zukunftsszenarien, Industrie 4.0, Digitalisierung, Kompetenzen*

### **Developements-4.0 - Prospects on future requirements and impacts on work and vocational education**

#### **Abstract**

Where are we heading to in the future and how will the future working world look like? Technological innovations and rearrangements, for example the digitization and networking of value chains, experienced by the future object "Industry 4.0" (by German government) enjoys increasingly attention. The target is economic nature: the economy has to be strengthened. The need to answer the initial question for politics, business, research and education increases parallel to the need of a strengthened economy. It is to draw out and estimate the current workers and their know-how, in terms of the ability to work in the digital work environment. This article has designed a perspective on requirements for future work 4.0 and displays the effects on the German system of the vocational education of skilled workers.

*Keywords: Vocationnal education, future scenarios, Industry 4.0, digitalization/digitization, competences*

## Prolog: Szenario 4.0

Ein Kunde sendet mit seinem Smartphone Fotos seines Neubaus über die App eines Küchenproduzenten an eben diesen. Er markiert auf den Bildern die Lage der Versorgungsleitungen und sendet zusätzlich durch das Anhängen des Bauplans die genauen Werte und Maße für die gewünschte Kücheninsel mit. Durch einen Online-Simulator gestaltet der Kunde seine „Traumküche“ und stimmt diese mit dem Anbieter online ab.

Der Prozess nimmt seinen Lauf: Maschinen und Produkte kommunizieren untereinander, nehmen ihre Umgebung durch das Auslesen und Identifizieren von Informationen auf RFID-Tags (Radiofrequenz-Transponder) oder QR-Codes (Quick Response) der Werkstoffträger oder Werkstoffe selbst wahr. Sie geben Rückmeldung an Roboter ihrer Produktionsumgebung, reagieren in Echtzeit auf die gegenwärtigen Lagerbestände, treffen ressourcenabhängige Entscheidungen und senden dem menschlichen Werksmitarbeiter Handlungsmöglichkeiten für das weitere Vorgehen zu. Dieser erhält die Informationen über den Prozessstatus auf das Display seiner unterstützenden Smart-Brille und kann über ein Tablet in den Prozess eingreifen. Parallel disponiert er einen anderen Auftrag. Am Ende seines Werktages angekommen legitimiert er über sein Tablet die nachfolgende Schicht für die Zugänge auf entsprechende Produktions-Protokolle und Maschinenzugriffe. Parallel beobachtet der Kunde über die Firmen-App den Fortschritt seines Auftrags, ähnlich einer Paketverfolgung, und kann bis zu einem gewissen Entwicklungsfortschritt noch Änderungen vornehmen lassen.

Die individualisierte Küche verlässt wie terminiert das Werk und wird zum Kunden geliefert. Dieser beauftragte vorab eine ortsansässige Tischlerin des Vertrauens mit dem Ein- und Aufbau des Produkts. Sie liest den QR-Code mit der Kamera ihres Smartphones von der Lieferung ab und bekommt sämtliche Bilder, Maße und Aufbauanweisungen auf ihr synchronisiertes Tablet gesendet. Bevor Sie mit dem Aufbau beginnt, steht sie im Rohbau der Küche und orientiert sich zum einen mittels der übermittelten Produktdateien auf ihrem Tablet und zum anderen durch einen bereits routinierten 360 Grad-Schwenk desselben. Auf dem Display erscheint eine digitale Blaupause der Küche und simuliert die Installation im vorhandenen Raum. Sie unterstützt die Tischlerin<sup>1</sup> visuell bei der Verortung der Bauelemente; eine Projektion über einen mobilen 3D-Beamer erhöht die Veranschaulichung bei der Installation. Rückversichernd misst die Handwerkerin selbst nochmal nach, um Simulation und Planung mit den realen Gegebenheiten in Einklang zu bringen.

Die Losgröße Eins – das individuelle Produkt in Serienfertigung – erreichte mit Unterstützung digitalisierter vernetzter Prozesse und begleitender Dienstleistungsfunktionen, beginnend vom Kundenauftrag über die Fertigung, die Lieferung und den Einbau durch das Handwerk, den Kunden, und das zu den Kosten eines Massenprodukts.

Ist dies bereits Industrie, Wirtschaft bzw. Arbeit 4.0? Ja, auch wenn das hier gewählte Beispiel die abstrakte Materie von Industrie 4.0 womöglich sehr komprimiert veranschaulicht. Bei Forschungsvertretern und Industriepartnern von bundespolitischen Exzellenzinitiativen und Technologie-Clustern mag dieses Szenario daher vielleicht zu verschiedenartigen Irritationen

---

<sup>1</sup> Im weiteren Textverlauf wird dem Wunsch der Redaktion entsprochen, aus Aspekten der gewohnteren Lesbarkeit, ein Genus bzw. die maskuline Form zu verwenden. Die Ausbildungsberufe werden gemäß der Verordnungen der Bundesgesetzblätter wie gewohnt weiblich und männlich dargestellt.

führen. Dieses Szenario könnte bereits Industrie 4.0 sein und wird partiell auch schon in realen Betrieben in vergleichbaren technischen/digitalen Durchdringungen praktiziert.

## **Eine kompakte Einführung zu Industrie 4.0**

Die High-Tech-Strategie der Bundesregierung Industrie 4.0 verfolgt das Ziel, dass sich die Betriebe im Hochlohnland Deutschland im globalen Wettbewerb einen Standortvorteil durch flexiblere Produktionen mit qualitativ hochwertigen Individualprodukten verschaffen. In integrierender Weise gegenüber KMU und dem Handwerk, kann man auch von Wirtschaft 4.0 sprechen. Die Bezugnahme auf Industrie 4.0 und die überwiegende Verwendung jenes Terminus in diesem Beitrag bezieht sich primär auf technologische Veränderung in allen Betrieben und die allgemeine High-Tech-Strategie der Bundesregierung. Es ist somit keine Geringschätzung nichtindustrieller Betriebe. Industrie 4.0 bedeutet, dass Prozesse und Produkte weitestgehend digitalisiert und automatisiert werden. Informationsinfrastruktur und Produktion sollen als Einheit funktionieren.

Das Ziel ist die Effektivitätssteigerung durch transparente Echtzeit-Kommunikation in den Wertschöpfungsnetzwerken (vgl. Hengsbach 2015; Veit 2015), um auf Nachfrage und Angebot schneller zu reagieren. Diese individuelle Massenfertigung, führt auch dazu, dass die Kunden eine aktivere Position als sogenannte „*Prosumenten*“ (vgl. Sattelberger 2015) einnehmen. Die technologische Innovationsfähigkeit von Betrieben und die Entwicklung neuer Arbeitsprozesse und Modelle gelten als entscheidende Faktoren für den zukünftigen wirtschaftlichen Wohlstand und die Arbeitsfähigkeit (vgl. Tempel 2015).

Namhafte deutsche und globalagierende Industrieunternehmen sowie Pilotprojekte in Spitzenclustern gelten als Hochglanzbeispiele für eine Implementierung von 4.0-Technologien im Betriebsprozess. Vertreter dieser Unternehmen treiben gemeinsam mit Forschungseinrichtungen und bundesministerialen Fördermaßnahmen aktiv die Umsetzung und Mitgestaltung der digitalisierten Arbeitswelt voran.

Dabei kommt auch Kritik auf:

- Deutsche Unternehmen und ihre Strukturen sind zu behäbig für Industrie 4.0 und bei der Entwicklung von Standards für Maschinensprachen sei man bereits ins globale Hinterzimmer verdrängt worden (vgl. Rinke 2015. S. 9ff.).
- Es sei eine Fehlannahme, dass die deutsche Wirtschaft einhergehend mit dem hiesigen Bildungssystem und seinen gegenwärtigen Strukturen weiterhin die allerbeste Grundlage für eine ökonomische Spitzenposition gewährleistet (vgl. ebd.).
- Bestehende Probleme und Ängste im Hinblick auf die aus Vernetzung entstehenden umfangreichen Datenmengen (Big Data), bezugnehmend auf die Informationsgewinnung, besonders bei der überbetrieblichen Vernetzungen von Maschinen und Werkstoffen, sind zu lösen, denn Innovation sollte niemals auf Kosten der Sicherheit erfolgen (vgl. Liggesmeyer & Trapp 2014).
- Hochwertigere Arbeitsplätze können entstehen, die Digitalisierung und Effizienzsteigerung kann aber auch zur Verdrängung von Arbeit führen (Hoffmann 2015).

In der öffentlichen Wahrnehmung scheint es bis dato auch noch wenige KMU außerhalb von

bundesministerialen Förderprogrammen zu geben, die ihr Wirken konkret als Industrie 4.0 darstellen. In einer Untersuchung von über 500 Unternehmen identifiziert das Fraunhofer-Institut für Arbeit und Organisation derweil 29 % als solche, in denen eine „Industrie 4.0-Strategie“ existiert (vgl. Ingenics 2014, S. 6f.).

### **Auswirkungen auf die Technik und Einfluss auf die Arbeitswelt**

Eine 4.0-Strategie resultiert aus der Neukonstellation und Integration neuer digitaler Technologien. Die klassisch bekannten betrieblichen Feldgeräte oder BUS-Systeme von Maschinen in Produktion oder Logistik erfahren durch cyber-physische Komponenten eine Ergänzung oder Ablösung. Die technischen Voraussetzungen (RFID-Chips, dezentrale BUS-Systeme, Touch-Endgeräte, sensible Roboter) existieren bereits. Diese Technologien sind fortan jedoch in anderen Kontexten und Konfigurationen zu betrachten und anzuordnen. Der Weg zur Smart-Factory wird geebnet, indem Dinge und Maschinen untereinander und mit den Beschäftigten in Echtzeit in Kommunikation treten und Informationen austauschen. Dieses „Internet of things“ geht zurück auf den Entwurf einer firmenübergreifenden Infrastruktur von Kevin Ashton vom Massachusetts Institute of Technology (MIT). Maschinen und Werkstoffe erhalten eine individuelle digitale und programmierbare Identität (IP-Adresse), sodass sich Computer unabhängig vom Menschen Informationen beschaffen und in Algorithmen bedarfsorientiert reagieren. Digitale und reale Welt erfahren aus ihrer Parallelexistenz heraus nun auch eine Zusammenführung auf der betrieblichen Ebene. Genau diese Art der digitalen Vernetzung ist der nächste Evolutionsschritt für die inner- und intrabetrieblichen Nervensysteme der Wertschöpfungsketten und ein Leitelement der intelligenten Fertigung der Industrie 4.0 (vgl. Kagermann 2015). In dieser intelligenten Fabrik begleiten die Arbeiter den flexiblen Produktionsprozess mit Tools der computergestützten Realitätswahrnehmung (z. B. Augmented Reality-Werkzeuge, wie Tablets oder Smart-Brillen), greifen bei Schwierigkeiten oder Ablaufänderungen ein und werden zusätzlich durch feinsensorische Robotik-Einheiten unterstützt. Der direkte Einfluss wird wohl nicht ausbleiben und wird mit der Einführung von Industrie 4.0-Neuanordnungen geschehen, denn *„als eine zentrale Schnittstelle der Veränderungen erweist sich die Arbeit. Wenn wir über Arbeiten 4.0 sprechen, reden wir nicht nur über die Technikwelten der Industrie 4.0. Wir reden über die Arbeit der Zukunft in ihrer ganzen Breite und Vielfalt.“* (zit. n. Nahles. In: BMAS 2015, S. 6-7). Technische Entwicklungen und Innovationen haben in der Regel Auswirkungen auf die Arbeitsabläufe und damit auch auf die konkrete Facharbeit. Von der Entwicklung über die Auftragsannahme, Produktion und Lieferung etc., sollen Produktionsketten und Wertschöpfungsnetzwerke komplett vernetzt werden, ohne die klassischen Barrieren von örtlicher Trennung – z. B. durch Firmen-, Landes- oder Sprachgrenzen.

Dezentrale Anwendungen oder Bedienelemente neu angeordneter digitaler Techniken im betrieblichen Ablauf werden einerseits benutzerfreundlicher und generieren zugleich die Notwendigkeit sowohl eines übergreifenden als auch eines tiefergehenden und kontextuellen Prozess-Verständnisses und einer „Netzkompetenz von Mitarbeitern. Bundesministerin für Bildung und Forschung Johanna Wanka, äußerte sich im Sinne der Humanisierung der Arbeit auf der BMBF-Fachtagung „Arbeit in der digitalisierten Welt“, dass der Mensch stets im Zentrum aller anvisierten technischen Neuerungen und Veränderungen stehe und dieser bleibe

das flexibelste Element in allen Prozessen. Das ist keine neue Erkenntnis, denn es sind zumeist die Produktionsmitarbeiter die mit allen Neuerungen auf dem Hallenboden direkt in Interaktion treten. Auch für die Produktionsmitarbeiter wächst die Notwendigkeit bestehende Informationen verstärkt zu vernetzen, um mit verschiedenen Arbeitsbereichen zu kollaborieren und sich auszutauschen (Abb. 1, Clivot 2015). Michael Clivot bezieht sich in diesem Fall auf die Produktionsmitarbeiter der Zukunft und stellt dar, dass diese verstärkt in der Lage sein sollten Mitarbeiterinformationen, Fachwissen sowie Unternehmens- und Echtzeit-Maschineninformationen miteinander zu vernetzen und zu verstehen. In optimaler Weise sollen ihnen Fortbildungsmöglichkeiten gewährt werden, um sich im fachlichen und sozialen Arbeitsleben weiterzuentwickeln. Andererseits können auch neue Formen (atypische Beschäftigung) von dezentraler und outgesourceter Auftragsarbeit verstärkt Einzug halten, in Persona sogenannte Crowd- und Clickworker (Freelancer) Das Verhältnis der Flexibilität der Anstellungen zu kontinuierlichen Beschäftigungsverhältnissen und sozialer sowie tariflicher Absicherung (Gastbeitrag 2015) wird sich in Zukunft herauskristallisieren und ist zum jetzigen Zeitpunkt auch ein Kernpunkt aktueller Dialoge von Vertretern der Arbeitnehmer, Arbeitgeber, Politik und Forschung und durchaus umstritten (vgl. BMAS 2015, BMBF 2015 & Initiative



Abbildung 1: Was braucht ein Produktionsmitarbeiter an Informationen und Werkzeugen? Clivot (2015)

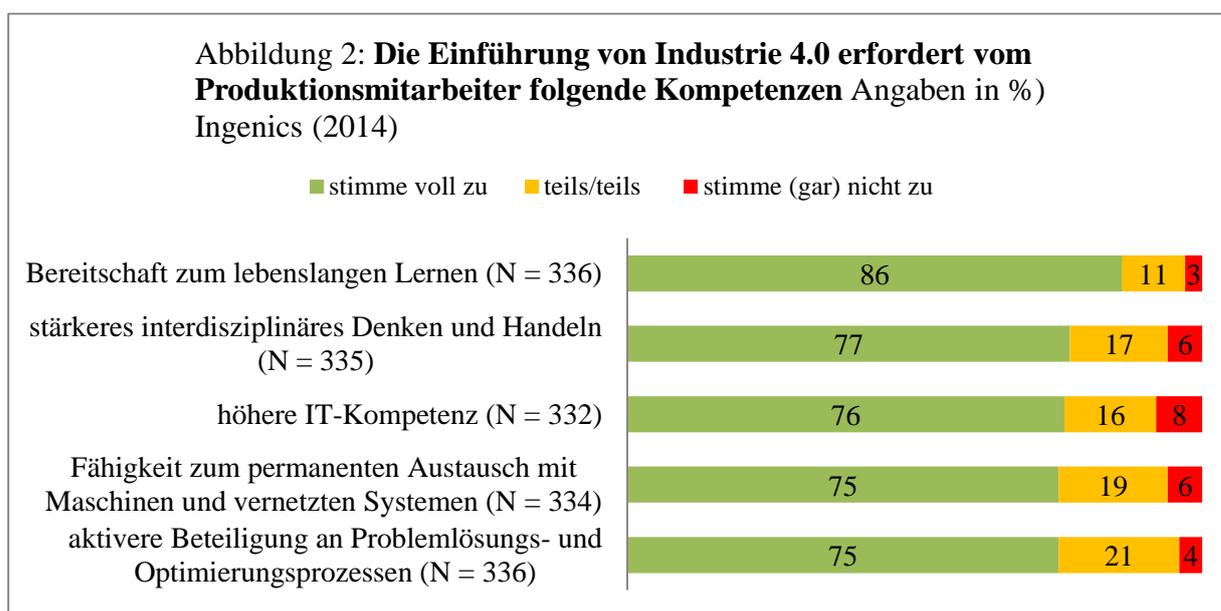
Abläufe werden vernetzter und komplexer, besonders bezugnehmend auf die Überschneidung technischer, organisatorischer und sozialer Handlungsfelder und Arbeitsprozesse im Betrieb. Tätigkeitsbereiche verschiedener Ausbildungs- und Erwerbsberufe werden sich fortlaufend verschieben, sodass je nach Bedarf und Innovation Synergien zwischen verschiedenen Tätigkeitsfeldern entstehen, im Sinne einer flexiblen interdisziplinären und betrieblichen Handlungsfähigkeit der Arbeitnehmer. Die Steigerung der Effektivität von betrieblicher Kommunikation und die Notwendigkeit ihrer Transparenz sind fortan noch stärker gekoppelt an die Fähigkeit des Lesens, Verstehens und Interpretierens von Informationen. Inwiefern sich die Wettbewerbsfähigkeit von Betrieben mehr aus der zukünftigen Funktionalität neuer Prozessstrecken und automatisierten Anlagen oder aus dem menschlichen Mitarbeiter selbst generiert, besonders hinsichtlich seines analytischen und kreativen Denkvermögens, seiner Systemkenntnisse, seines Erfahrungs- und Übersichtswissens und der Fähigkeit zur Verknüpfung von neuen technischen Kontexten und Verortung seines Handelns in

Neue Qualität der Arbeit). Berufs- und arbeitswissenschaftliche Untersuchungen dienen als Voraussetzung für einen konstruktiven Umgang mit den Entwicklungen in zukünftigen Arbeitsprozessen (vgl. Ahrens & Spöttl 2015, S. 201).

Die Anforderungen in der digitalisierten Facharbeit werden steigen, denn die

berufsfeldübergreifenden sowie sozialen Schnittstellen, bleibt noch eine Vorausschau. Eben diese neue Qualität der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine gilt es verstärkt zu untersuchen und abzuleiten (vgl. Automatisierungs- und. Assistenzszenario; Windelband & Spöttl 2011, S.12).

Die Grundlage für die Arbeitsfähigkeit in nahezu allen qualifizierten Berufen wird fortan verstärkt durch handlungsfeldbezogene und branchenübergreifende Anwendungserfahrungen dominiert, einhergehend mit der Notwendigkeit eines sich stets weiterentwickelnden IT-Verständnisses (vgl. Zeller 2010, S. 79ff.). Gegenwärtig und zukünftig werden das lebensbegleitende Lernen sowie der Ausbau von IT-Kompetenzen und die Fähigkeit zum interdisziplinären Denken zu den Basisanforderungen an Fachkräfte verschiedenster Bildungsbiografien gehören, und das über das Berufsfeld der IT-Berufe hinaus. Derlei prognostiziert das Fraunhofer Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation in einer



Studie zur Arbeitsgestaltung in der Produktion von Industrie 4.0 für die Ingenics AG, für die 518 Vertreter deutscher Unternehmen – davon 33 % KMU und 60 % Großunternehmen des verarbeitenden Gewerbes – befragt wurden. Für die Produktionsmitarbeiter werden demnach die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen (86 %), ein stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln (77 %) und eine höhere IT-Kompetenz (76 %) zukünftig verstärkt von Bedeutung sein (vgl. Abb. 2). In unterschiedlichen Ausmaßen und auf verschiedenen Niveaustufen von IT-Tätigkeiten wird der Bedarf der Entwicklung von IT-Kompetenzen in allen Berufen und Branchen als Teil- oder Kernkompetenz stark zunehmen müssen, um u. a. die Beschäftigungsfähigkeit von Erwerbstätigen zu gewährleisten (vgl. Hall et. al. 2015, S. 30f.).

Nach ersten Einschätzungen und auf der Basis eigener empirischer Befunde, die im Rahmen eines BMBF geförderten Projektes (vgl. PROKOM 4.0 2015) erhoben wurden, können bereits heute Entwicklungen für eine Arbeit 4.0 skizziert werden. Aufgrund der Durchdringung der Facharbeit mit Querschnittskompetenzen im Bereich Informationstechnik und Datenverarbeitung kann davon ausgegangen werden, dass qualifikatorisch „mehr“ oder „andere“ respektive „komplexere“ Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Facharbeit von morgen zu erwarten sind. Dies könnte zur Folge haben, dass sich Beschäftigungssegmente

verschieben werden. Höher qualifizierte Mitarbeiter beispielsweise, der höheren beruflichen Bildung (Fachschulabsolventen) und Akademiker werden stärker nachgefragt und dies zu Lasten der Beschäftigten mit geringeren Qualifizierungen, beispielsweise im Segment der angelernten Tätigkeiten. Bereits heute verstehen sich betriebliche Weiterbildung und Qualifizierung als prozessuales Lernen an der Bewältigung betrieblicher Arbeitsaufgaben. Diese sehr individuelle und dauerhafte Kompetenzentwicklung durch das Lernen in betrieblichen Zusammenhängen sollte institutionalisiert werden, um dadurch eine betriebliche Antwort auf die „Mehranforderungen“ und die erhöhte „Komplexität“ geben zu können. Arbeitsformen werden praktiziert, die sich durch das Ablösen klassischen Hierarchiedenkens auszeichnen. So wurde im Rahmen von PROKOM 4.0 festgestellt, dass nichtakademische Facharbeiter in der bereits frühzeitig Projektverantwortung übertragen bekommen und akademisch gebildete Mitarbeiter im Team Zuarbeit leisten.

### **Bildung und Ausbildung - Wo könnte es hingehen?**

Wachsende Vernetzung und Digitalisierung der Technik, des Produktions-, Handwerks- und Dienstleistungsbereichs bedingen im Rückschluss einen unumstößlichen Ausbau der Bildungsbasis in der Regelschule. Die Schärfung einer entsprechend informationstechnologischen Orientierung und Reflexionsfähigkeit des Einzelnen, durch die Vermittlung theoretischen Wissens und das Erfahren praxisnaher und problemorientierter Anwendungen, findet fortan eine gesteigerte Bedeutung – zunächst in der schulischen, folgend ebenso in allen Bereichen der beruflichen Bildung, in der individuellen Bereitschaft oder Verpflichtung zur Weiterbildung „OnTheJob“ und fortführend. Die stete Weiterentwicklung eines interdisziplinären und multiperspektivischen Verständnisses über klassische Berufsfelder hinaus ist in der gegenwärtigen dualen Berufsausbildung, aus Sicht von technologie-affinen Betrieben, noch nicht ausgeprägt genug (vgl. Niggemann 2015). Neue Anforderungen und Qualifikationsbedarfe an Mitarbeiter verlangen eben auch verstärkt prozessorientiertere Ausbildungsinhalte, berufsfeldübergreifendes Fachverständnis und die direkte Verzahnung mit der realen betrieblichen Handlungswelt (vgl. Acatech 2013, S. 59ff.).

Schlüsselqualifikationen, Handlungsorientierung, Kompetenzorientierung und Lernfeldkonzept versprechen bereits einen curricularen Rahmen, in dem flexibel auf die neuen Anforderungen an eine digitalisierte Arbeitswelt reagiert werden kann. Dies kann natürlich nur für bestehende Berufsbilder so eingeschätzt werden. Sollte eine breite Durchdringung von 4.0-Entwicklungen in den ausbildungsstarken KMU mittelfristig erfolgen, könnte eine Neuordnung nötig werden. Die traditionelle Trennung metall-, elektro- und informationstechnischer Berufe ist dann in den Feldern der Inbetriebnahme, des Betriebens und der Instandhaltung neu zu denken.

In der Fortbildung besteht ebenfalls Bedarf an hybriden Ausbildungsprofilen. Erkenntnisse aus dem Projekt PROKOM 4.0 verdeutlichen, dass für die höhere Berufsbildung im Segment der nicht-akademischen Weiterbildung zum/zur Techniker/-in sich neue Aufgabenfelder durch die Weiterentwicklung hin zu einer Industrie 4.0 gestalten werden. Die auch hier bislang an traditionellen Technologien orientierte Technikerausbildung – z. B. Elektrotechnik, Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau – wird auf die Diffusion der Berufsfelder reagieren müssen. Ehemalige Strukturen der Fachlichkeit verschmelzen zu einer neuen, den

industriellen Anforderungen geschuldeten, Interdisziplinarität. Die Dynamik der Anforderungen an den beruflichen Arbeitsplätzen der Zukunft verlangt weniger ein feststehendes Qualifikationsprofil als vielmehr ein auf Kompetenzentwicklung angelegtes Berufsleben – von der Berufsausbildung bis in den Ruhestand. Das lebenslange Lernen kann daher als Voraussetzung für eine dauerhafte Erwerbsbiographie angesehen werden, besonders in Bezug auf die kurze Halbwertszeit sich erneuernder digitaler Informations- und Kommunikationstechnologien in den antizipierten 4.0-Entwicklungen.

### **Einfluss auf die Aus- und Weiterbildung des schulischen und betrieblichen Bildungspersonals**

Bereits für den Ausbildungsberuf Mechatroniker bestehen domänenspezifische Zuordnungsprobleme. In der Lücke zwischen den beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik „gefangen“, ist es dem Engagement und der eigenen technischen Affinität von Lehrkräften und Ausbildern geschuldet, Lehr-Lernarrangements im Bereich mechatronischer Systeme gestalten zu können. Kommen nun informationstechnische Betrachtungen hinzu – beispielsweise die Programmierung von sensitiven Robotern mit Java – so sind berufsdidaktische Bezüge aus mindestens drei Disziplinen von Nöten.

Auf die zunehmende Komplexität einer Digitalisierung im Zuge von Industrie 4.0, die u. a. auf Grund der Diffusion ehemals isolierter Kompetenz- und Qualifikationsbereiche entstehen wird, muss curricular über die dualen Ausbildungsgänge, die vollschulischen Berufsausbildungen und die Fachschulen hinaus reagiert werden. Sollte es zu einem derart hohen Einzug von komplexeren 4.0-Entwicklungen im betrieblichen Umfeld kommen, wäre über einen Paradigmenwechsel für die betrieblichen Ausbilder die überbetrieblichen Ausbildungsstätten und die Lehrkräftebildung für berufsbildende Schulen nachzudenken. Ergo wären Organisationsstrukturen von Ausbildungswerkstätten und Berufsschulen genauso zu hinterfragen, wie die bisherige Festlegung der beruflichen Fachrichtungen für die Lehramtsausbildung. In industriellen Ausbildungsbetrieben wird nach wie vor eine (räumliche) Trennung zwischen den metall- und elektrotechnischen Berufen gelebt, deren Berechtigung traditionell und curricular begründet ist. Um angemessen auf die Anforderungen beispielsweise in der Instandhaltung, also bei der Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Optimierung von Produktionsanlagen, vorzubereiten, sollten interdisziplinäre Ansätze Einzug nehmen. Ausbilder/-innen und Lehrkräfte werden sich daher weiter aus ihrer ursprünglichen Domäne heraus öffnen und der Interdisziplinarität, auch im Hinblick auf IT-Kompetenzen, Raum geben müssen. Arbeitsformen, Arbeitsmethoden, Arbeitsroutinen und Arbeitsstrategien werden in der beruflichen Ausbildung zunehmend in den Mittelpunkt von kooperativen, kompetenzorientierten und eigenverantwortlichen Lehr-Lernarrangements rücken, um die Arbeitsfähigkeit zukünftiger Fachkräfte in einer womöglich zunehmend vernetzten und kollaborativen betrieblichen Umgebung nachhaltig zu gewährleisten. Darauf sollte bei der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften und Ausbildern berufsmethodisch und –didaktisch, beispielsweise durch methodische Zugänge der Selbsterfahrung (vgl. „pädagogischer Doppeldecker“, Wahl 2006), noch stärker als bisher Wert gelegt werden.

## Auswirkungen auf der Ebene der Ausbildungs- und Unterrichtsgestaltung

In der Berufsschule und in der betrieblichen Ausbildung werden sich projektförmige Lernformen durchsetzen. Als mögliches Szenario für einen zukunftsorientierten Berufsschulunterricht für die Industrie 4.0 sei an dieser Stelle die Möglichkeit eines projektorientierten Berufsschulunterrichtes genannt. Auszubildende des dritten Lehrjahres<sup>2</sup> in,

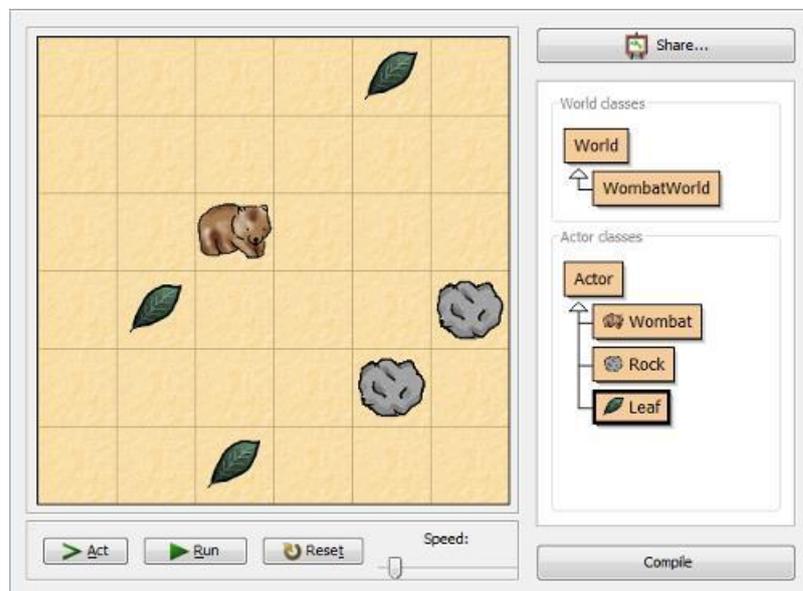


Abbildung 3 - **Beispieloberfläche-des interaktiven Programmier-Tools Greenfoot** (Greenfoot 2015)

nach ersten eigenen Einschätzungen, Industrie 4.0 affinen Ausbildungsberufen, arbeiten an einem gemeinsamen Projekt und sammeln arbeitsnahe Erfahrungen. Mechatroniker/-innen des dritten Lehrjahres, Elektroniker/-innen für Betriebstechnik, Mediengestalter/-innen und Industriekaufleute berufs-, berufsfeld- und jahrgangsübergreifend in dieses Projekt involviert. Sie haben zur Aufgabe eine Wertschöpfungskette alltagsnah zu entwerfen und zu simulieren. In einem Teilprojekt wird eine App entwickelt. Über diese App soll die Produktionskette mit der Losgröße Eins überwacht werden, welche an die SPS einer Lernfabrik und dazugehöriger programmierbarer RFID-Tags (Radiofrequenztransponder) modellhafter Grundwerkstoffe gekoppelt ist. Ein betriebsnaher und flexibler Produktionsprozess soll auf diese Weise im abstrahierten Maßstab generiert werden. Die Mechatroniker und Elektroniker, greifen auf die Programmierkenntnisse aus der Sekundarstufe I zurück. In der allgemeinbildenden Schule haben sie bereits IT-Kompetenz entwickelt, indem sie Algorithmen in reduzierten Java-Programmierungsumgebungen entwarfen, z. B. mit Scratch oder Greenfoot (vgl. Abb. 3). Die zu entwickelnde App ist bereits als erweiterbarer Programmbaustein vorhanden. Diese Weiterentwicklung der IT-Kompetenz ließe sich in den aktuellen Lernfeldern für Mechatroniker/-innen verorten. Denkbar wäre eine Erweiterung des aktuellen Lernfeld 5 „Kommunizieren mit Hilfe von Datenverarbeitungssystemen“, in puncto des Entwickelns einer App als Bedienelement für eine Produktionskette (vgl. KMK 1998). Auszubildende verschiedener Ausbildungsberufe und Berufsfelder interagieren in diesem Projekt miteinander, ähnlich der heterogenen Mitarbeiter-Spektren im realen betrieblichen Ablauf. Arbeitsprozesse werden berufsfeldübergreifend simuliert, indem die Lernenden im Projekt miteinander kommunizieren, in Betrieb nehmen und vermarkten. Unterstützt werden sie durch ein

<sup>2</sup> An dieser Stelle wird das dritte Lehrjahr genannt, da wir, nach Interviews mit Lehrkräften und durch Bezugnahme auf die jeweiligen Verordnungen über die Berufsausbildung, einschätzen, dass von gegenwärtigen Ausbildungsberufen, die mögliche Komplexität von 4.0-Entwicklungen, eher von bereits erfahrenen Auszubildende zu erfassen sind.

bildungsgangübergreifendes Lehrkräfteteam. Ein solches Szenario könnte die berufsschulische Ausbildungsgrundlage für die Kompetenzentwicklung angehender Facharbeiter in einer Arbeitswelt sein, die von Neuordnungen von Industrie 4.0-Technologien geprägt ist. Ein Entwicklungsziel wäre, dass sich Lernende vertiefend im digitalisierten und vernetzten Betriebsumfeld und Arbeitsprozess zu Recht finden und darin gestaltend handeln.

Unumstritten lässt sich bereits resultieren, dass mit den Veränderungen hin zu einer digitalisierten Arbeitswelt ein höherer Anteil an IT-Kompetenz verbunden sein wird. Die breit angelegte Diffusion der IT in traditionelle Berufsbilder der Industrie sowie des Handwerks und Arbeitsprozesse hinein entwirft ein erweitertes Verständnis für Kompetenzentwicklung und Qualifizierung in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Das digitale Netz – wie immer es jetzt oder künftig genannt wird (Internet, Web 3.0 u. a.) – ist die weiterhin technische Voraussetzung aller modernen Kommunikationsformen (vgl. Ceruzzi 1998). Lernende und Lehrende sollten verstehen, wie ein digitales Netz funktioniert. Dadurch wird ein reflektierter kritischer Umgang speziell in Fragen der Daten- und Systemsicherheit entwickelt. Diese, aus berufsdidaktischer Perspektive heraus noch näher zu analysierende „Netzkompetenz“, wird in Zukunft ein Fundament sowohl für handwerkliche wie auch für industrielle Ausbildungsberufe im gewerblich-technischen Bereich bilden.

Neue Formen des Lernens werden sich mittelfristig sowohl in schulischen wie auch in betrieblichen Kontexten etablieren. Was im IT-Bereich bereits als Normalform des Lernens im Arbeitsprozess bzw. zur Bewältigung von Arbeitsaufgaben angesehen werden kann, wird für die Metall- und Elektrobranche zunehmend an Bedeutung gewinnen. Im Unterschied zu den tradierten Vorstellungen der Wissensvermittlung und Wissensaneignung sind die Ziele der kooperativen Wissenskommunikation und -teilung kreativ-produktiv begründet und ausgerichtet. Die Aktivitäten dienen, auch wenn eine Gruppe gemeinsam Resultate erarbeitet, in letzter Konsequenz dem Lernen und Wissen des einzelnen Menschen auf dessen Weg zum lebenslangen Lernen. Gerade die mediengestützte Wissenskommunikation in Gruppen trägt darüber hinaus dazu bei, dass die Lernenden prosoziale, (meta-) kommunikative und soziotechnische Kompetenzen und Qualifikationen einüben und vertiefen. Das individuelle Erzeugen und Teilen von Wissen wird einen neuen Stellenwert auch jenseits der IT-Branche im beruflichen und privaten Leben einnehmen. Foren und Chats bzw. Wikis, YouTube und andere soziale Plattformen sind bereits heute Wissensspeicher gegenwärtiger Generationen, die für berufliche Lehr-Lernzwecke bereits in Ansätzen genutzt werden (z. B. für „Inverted Classrooms“), deren Potentiale sowie Risiken aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft und realisiert sind.

Es ist davon auszugehen, dass arbeitsfähigkeitsfördernde Kompetenzen nachhaltiger in komplexeren realitätsnahen Lernumgebungen mit betriebsalltagsnahen Problemstellungen entwickelt werden können (vgl. Zinn 2014, S. 26). Eine vergleichbare Durchführung dieser berufsschulischen Ausbildung in berufsfeldübergreifenden Projekten, bezugnehmend auf das zukunftsorientierte Beispiel in diesem Artikel, findet u. a. Anlehnung im Programm Industrie4.0@School, das vom Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) gefördert wird. Berufsschüler der David-Roentgen-Schule Neuwied erfahren bereits seit 2014 Industrie 4.0, indem sie gemeinsam mit Lehrkräften automatisiert und intelligent vernetzte Produktionsprozesse planen und installieren. Dieses geschieht in interdisziplinären

Lernmodulen, wodurch die Auszubildenden verschiedener Lehrberufe breite und überfachliche Kompetenzen und Fertigkeiten für die zukünftige Arbeitswelt entwickeln, z. B. aus den Bereichen Robotik, SPS-Technik, Netzsicherheit, App-Gestaltung und 3D-Druck (vgl. ZVEI 2014).

## **Szenarien für die Arbeit in der Industrie 4.0**

An dieser Stelle werden denkbare und streitbare Zukunftsszenarien für die Arbeit 4.0 skizziert - vergleichbar mit den Entwicklungsrichtungen des „Internet der Dinge“ für die Qualifikationsanforderungen in der Logistik (vgl. Windelband 2012, S. 184f.). Folgende Szenarien beruhen auf Einschätzungen und Antizipation und erheben keinen Anspruch der absoluten Gültigkeit. Vielmehr sollen sie als komprimierte und plakative Zusammenschau dem Denk- und Diskursanstoß dienen.

### **Szenario 1 - Der „Wegfall“ ungelerner Arbeitskräfte**

Bisherige monotone und physisch belastende manuelle Arbeiten werden durch den Einsatz automatisierter Robotik- oder Assistenzsysteme wegfallen. Zugleich wird der Anspruch an die Qualifizierung und Weiterbildungsbereitschaft der Mitarbeiter/-innen steigen. Ungelernte Arbeitskräfte, ungeachtet ihrer vorhandenen Fähig- und Fertigkeiten oder informell entwickelten Kompetenzen, werden fortan noch schlechtere Chancen haben sich auf dem Arbeitsmarkt zu behaupten. Ihre gegenwärtigen und in der Vergangenheit verrichteten Routine-Tätigkeiten in Produktion oder Dienstleistung werden vielleicht der Effizienzsteigerung eines „Triumvirats“ aus Digitalisierung, Automatisierung und Robotik zum Opfer fallen. Auch wenn komplexe und kreative Sachverhalte fortan weiterhin vornehmlich durch den Menschen gelöst werden können und das „Gespenst“ der menschenleeren Fabrik nicht absolut eintreten wird, so birgt eine Verschlankung der Belegschaft, einhergehend mit flexibilisierten Arbeitsmodellen, stets soziale Brennpunkte und die Angst um die eigene Existenz – vergleichbar mit den Zweifeln vor der Automatisierung in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts.

### **Szenario 2 - Reduzierte Fertigkeiten**

Im Zuge von benutzerorientierten übersichtlichen Bedienoberflächen der digitalen Endgeräte benötigen die zukünftigen Bediener nicht mehr in Gänze die Fertigkeiten und Qualifikationen ausgebildeter Fachkräfte. Das Bedienen der Software geschieht durch Anlernen zukünftiger Produktionshelfer/-innen. Nur qualifizierte Facharbeiter und/oder Ingenieure überwachen als Kopf eines Arbeitsteams die IT-gestützten Arbeitsprozesse in Echtzeit und schreiten nur noch bei komplexeren Problemen ein. Die Gefahr besteht, dass je mehr Assistenzsystem in den Arbeitsablauf integriert werden, desto größer wird die Gefahr eines dequalifizierenden Charakters der zukünftigen Arbeit 4.0. Sollten Entscheidungen nicht mehr vom Facharbeiter verlangt werden, sondern z. B. von CPS-Systemen vorgenommen werden, so droht eben der Kompetenzverlust des Facharbeiters (vgl. Windelband & Dworschak 2015, S 83f.).

### **Szenario 3 - Stärkung der berufsschulischen Ausbildung und höheren Berufsbildung**

Heranwachsende werden Digitalisierung und die Entwicklung ihres IT-Verständnisses verstärkt im Bildungssystem und im Privaten erfahren. Gesellschaft, Politik und Betriebe

werten qualifizierte Facharbeit wertschätzend auf. Den bisherigen Akademisierungsiniciativen wird ein breites Bündnis für die Attraktivität der dualen Ausbildung entgegengestellt. Auszubildenden werden bereits während der Ausbildung mehr Handlungsspielräume und Verantwortung übertragen. Betriebe schätzen weiterhin den gesteigerten Lebens- und Arbeitsweltbezug des Unterrichts der schulischen Berufsausbildung. In der schulischen Ausbildung arbeiten die neuen Fachkräfte fortan in heterogenen Gruppen, mit Azubis verschiedener Berufsfelder und Ausbildungsjahrgänge gemeinsam an Betriebspraxis-simulierenden Projekten und Produktionsprozessen. Durch den interdisziplinären Dialog und das gemeinsame gestalten von intelligent vernetzten Produktionsprozessen, z.B. an praxisnahen Industrie4.0-Modulen, werden Identifikation mit dem Beruf und der eigenen beruflichen Gewissheit geschaffen. Von nachhaltigem Vorteil wäre eine enge Verzahnung von bereits realisierten „On-the-Floor Lösungen“ der Industrie mit den berufsbildenden Schulen der Region. Vergleichbar wäre diese Gestaltung der dualen Berufsausbildung mit Best Practice Modellen zur Industrie 4.0 oder dem ZVEI Vorzeige-Projekt Industrie4.0@school in der Berufsschule (vgl. ZVEI 2015).

In der höheren Berufsbildung können die Fachschulen für Technik passgenau die notwendigen Kompetenzen im Bereich der Industrie 4.0 bei ihren Absolventinnen und Absolventen entwickeln. Aufbauend auf der dualen Berufsausbildung werden an den Fachschulen projektförmige Module angeboten, die interdisziplinär angelegt sind. Die Wirtschaft beteiligt sich durch Freistellungen für berufsbegleitende Weiterbildungen.

#### **Szenario 4 - Akademisierung**

Der Komplexität der digitalen Arbeit kann nicht mehr durch duale Auszubildende entsprochen werden. Betriebe wollen zeitnah auf demographische und technische Änderungen sowie den Markt reagieren und folgen dem Agilitätsprinzip (schnelles Anpassen an wechselnde Bedingungen; vgl. Schwuchow & Gutmann 2014), um den Anschluss nicht zu verpassen. Aus betrieblicher Sicht wird das duale Berufsbildungssystem zukünftig als zu starr, zu konservativ und mangelnd anpassungsfähig beurteilt. Dieses mag besonders für Berufe des gewerblich-technischen Bereichs eintreffen, deren schulische Ausbildung nicht zukunftsorientiert erscheint (vgl. Niggemann 2015). Interessenverschiebungen bei potentiellen Auszubildenden hinsichtlich der Berufswahl und die alternde Gesellschaft erhöhen die Schwierigkeit einzelner Betriebe in adäquater Weise ihre dualberuflichen Ausbildungsstellen mit gewünschtem Personal zu besetzen. Produktionsabläufe werden in der Zukunft dezentral gesteuert, sind digital vernetzt und die Korrespondenz mit Zulieferern im Ausland wird exponentiell zunehmen. Von den eigenen Nachwuchskräften wird ein mitwachsendes interdisziplinäres Verständnis, fortentwickelnde Kommunikationskompetenz sowie fachübergreifende praktische Handlungsfähigkeit und ein breiteres IT-Verständnis gefordert. Warum dann nicht gleich mit einer ortsnahen Hochschule kooperieren und anstelle der dualen Berufsausbildung auf das duale Studium setzen, um von der Entwicklung bis zur Instandhaltung „berufspraktische Akademiker“ einsetzen zu können. Der Bedarf an Hochschulabsolventen wird stark steigen und könnte zu Lasten der Facharbeiter mit abgeschlossenen Berufsausbildungen führen (vgl. IAB 2015, S. 49).

## **Szenario 5 - Weiterbildung**

In naher Zukunft wird es sich nicht nur um die Qualifizierung und die Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen von Berufseinsteigern drehen. In Bezug auf den demographischen Wandel (Alterung der Bevölkerung) sind vor allem langjährige ältere Beschäftigte und ihr Potenzial an Erfahrungswissen effektiv in zukünftige technische und arbeitspolitische Umstrukturierungen wertschätzend zu integrieren. Ihre Kompetenzen und Erfahrungen sind nachhaltig sowie transparent zugänglich zu machen, indem sie als Experte in den kollegialen Dialog treten können. Sowohl in erfahrungs- und fachheterogenen Arbeitsteams im Betrieb Vorort als auch betriebsinternen oder -externen digitalen Foren der jeweiligen Wertschöpfungskette. Mittels Smart-Brillen oder Foren-Threads in digitalen semantischen Glossaren (Ontologien) bringen sie sich nachhaltig zu handlungsspezifischen und arbeitsprozessbetreffenden Problemen und Fragen ein. Besonders im Hinblick auf die Flexibilität von Fachkräften in der Produktion, respektive im Handwerk erweisen sich eben diese Arbeitskräfte als besonders anpassungsfähig, bezugnehmend auf technische Innovationen und Neuordnungen im Arbeitsablauf. Sie sind es, die mittels individuell zugeschnittener Schulungen entsprechend „abgeholt“ werden müssen, um ihre Beschäftigungsfähigkeit weiterhin zu gewährleisten. E-Learning Konzepte scheinen im Zuge von Industrie 4.0 wieder verstärkt in Mode zu kommen und bedürfen nicht nur der Technik einer Smart-App, sondern auch zielführender Didaktik im praktischen Handlungsrahmen, gerade in Bezug auf komplexer werdende CPS-Umgebungen (cyberphysische Umgebung) im Betriebsalltag. Den Mitarbeitern sollten betriebliche und überbetriebliche Möglichkeiten gegeben werden sich als weiterentwickelnder informierter Entscheider in den betrieblichen Ablauf einzubringen, unabhängig von Bildungsabschluss, Qualifikation und Alter des Menschen. Gezielte Weiterbildungen im Bereich digitaler Medien und der „Netzkompetenz“ gewährleisten eine nachhaltige Beschäftigungsfähigkeit – ganz im Sinne des lebenslangen und berufsbegleitenden Lernens.

## **Ausblick**

Hinsichtlich dieser denkbaren Szenarien und einhergehend damit, dass technische Veränderungen in der Regel Modifikationen in der Arbeit und damit in der beruflichen Aus- und Weiterbildung nach sich ziehen, kann heute noch nicht eingeschätzt werden, ob die politisch motivierte technische „Revolution“ Industrie 4.0 in der Tat diesen Charakter aufweisen wird. Menschenleere Fabriken werden wir wohl hoffentlich nie erleben, obwohl diese Vision schon die Industrie 3.0 (Automatisierung) erschütterte. Es werden wohl auch nicht alle Produktionsstandorte ins Ausland verlegt und nur noch der „Think-Tank“ in Deutschland beheimatet sein. Der jüngste Bericht des Instituts für Arbeit- und Berufsforschung zu den möglichen Folgen von Industrie 4.0 für den deutschen Arbeitsmarkt, geht von einem strukturellen Wandel aus, der u. a. zu einer Stärkung des Dienstleistungssektors und zu Personalabbau im verarbeitenden Gewerbe führen könnte. Sollte Deutschland nicht in der Lage sein die Kompetenzen der Arbeitnehmer und zukünftiger Fachkräfte vorausschauend und gemäß 4.0-Technologien mitzuentwickeln, um auf die Umsetzung von Industrie 4.0 vorzubereiten, wären auch Produktionsrückgänge sowie der Anstieg der Arbeitslosigkeit erwartbar (vgl. IAB 2015, S. 63f.). Hingegen wird auch eingeschätzt, dass sich Industrie 4.0 auf die Anzahl der Arbeitsplätze, gemäß den „üblichen“ Veränderungen der Zahlen der

Erwerbstätigen vor der Einführung von 4.0-Technologien (in der Zeit wir uns immer noch befinden), lediglich moderat bzw. gemäßigt auswirken könnte und sich Arbeitsplätze anpassen (ebd. S. 49 & 63). Egal ob wir in einer Nachschau den revolutionären Charakter bescheinigen werden oder nicht, es muss in Punkto Aus- und Weiterbildung über die Einbindung informationstechnischer Kompetenzen in der Breite der gewerblich-technischen Schularten und Bildungsgänge weiter nachgedacht werden. Die Bewältigung von interdisziplinären beruflichen Arbeitsaufgaben – sei es in der Entwicklung, der Inbetriebnahme, dem Betreiben oder der Instandhaltung – bedarf einer curricularen Verschmelzung tradierter Organisationsformen. Die Frage, ob die aktuellen Ausbildungsberufe weiterhin ausreichen werden, um für die zukünftigen Anforderungen vorbereitet zu sein, lässt sich heute noch nicht beantworten. Neue Berufsbilder, wie z. B. die Instandhalterin/der Instandhalter „4.0“ könnten durchaus eine Antwort auf die Veränderungen der digitalisierten Arbeitswelt gestalten. Die mögliche Schaffung eines solchen Berufsbildes ließe sich begründen aus dem verfügbaren breiten Basiswissen in Verbindung mit beruflichen Kompetenzen in praktischen Handlungsfeldern der Mechanik, Fluid-, Elektro- sowie Informationstechnik, um dadurch das Zusammenwirken virtueller und realer Maschinen und Steuerungen zu managen und abzustimmen (vgl. Zinke, Schenk & Wasiljew 2014, S. 39f.). Ungeachtet dessen, dass im aktuellen IAB-Bericht prognostiziert wird, dass der Bedarf an Erwerbstätigen in steuernden und wartenden Berufen bis 2030 um zehn Prozent sinken wird (vgl. IAB 2015, S. 58).

Die im Beitrag skizzierten Szenarien werden niemals solitär eingelöst, sondern immer nur als Mischformen auftreten können. Vorangehende und alle vorrausschauenden Anforderungen an die Arbeit 4.0 gilt es durch empirische Erkenntnisse (wie z. B. Erkenntnisse aus Sektoranalysen und Arbeitsbeobachtungen von Facharbeitern in Gegenüberstellung zu möglichen 4.0-Kompetenzen), unter der Berücksichtigung verschiedener Bildungs- und Unternehmenszweige, zu verifizieren (vgl. Kärcher 2015, S. 55). Der Angst vor einer digitalen Fremdbestimmung durch die Maschinen ist durch Weiterentwicklung von Multiperspektivität, kritischer Reflexion und IT-Kompetenz entgegenzuwirken. Menschen müssen in Zukunft vielmehr in der Lage sein den Rohstoff Information zielführend zu verarbeiten, zu interpretieren und kritisch zu reflektieren, denn die Digitalisierung und das Anwenden von Tablets machen noch nicht Industrie 4.0 aus. Das hiesige Berufsbildungssystem bietet die Voraussetzung, um auch den zukünftigen digitalen Herausforderungen an die Facharbeit erfolgreich zu begegnen.

## Literaturverzeichnis

Acatech & Forschungsunion et. al. (Hrsg.) (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt a. M..

Ahrens, D. & Spöttl, G. (2015). Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H./Itterman, P./Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Dortmund, S. 185–203.

BMAS - Bundesministerium für Arbeit und Soziales – Abteilung Grundsatzfragen des Sozialstaats, der Arbeitswelt und der sozialen Marktwirtschaft (Hrsg.) (2015). Arbeiten weiter denken. Grünbuch – Arbeiten 4.0. Berlin.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015). „Arbeiten – Lernen – Kompetenzen entwickeln. Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt“. Förderschwerpunkt Betriebliches Kompetenzmanagement im demografischen Wandel, URL: [http://pt-ad.pt-dlr.de/\\_media/Projektliste\\_Kompetenzmanagement.pdf](http://pt-ad.pt-dlr.de/_media/Projektliste_Kompetenzmanagement.pdf) (Stand 01.11.15).

Ceruzzi, P. (1998). A History of Modern Computing. Cambridge, Massachusetts & London.

Clivot, M. (2015). Warum es sich lohnt Produktionsmitarbeiter in den Social Workplace zu integrieren (Webinar NETMEDIA 21.07.15). URL: <http://de.slideshare.net/netmedianer/bluecollarworkers-industrie40-wimatagedownload> (Stand 22.07.15).

Gastbeitrag<sup>3</sup> auf [www.netzpolitik.org](http://www.netzpolitik.org) (16.11.2015). Digitale Arbeitsvermittlungsplattformen: Der Versuch einer strukturellen Bewertung, URL: <https://netzpolitik.org/2015/digitale-arbeitsvermittlungsplattformen-der-versuch-einer-strukturellen-bewertung/> (Stand 20.11.15).

Greenfoot (2015). About Greenfoot. URL: <http://www.greenfoot.org/overview> (Stand 01.09.2015).

Hall, A., Maier, T., Helmrich, R. & Zika, G. (2015). IT-Beruf und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0. Vorabversion. Bonn. URL: <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/7833> (18.11.15).

Hengsbach, K. (2015). Head of Didactic PHOENIX Contact. Interview über die Facharbeit in der High-Tech-Industrie (Hannover-Messe 16.04.2015). Hannover.

Hoffmann, R. – DGB Vorstand (2015). Redebeitrag zum Thema, Auf: Arbeit in der digitalisierten Welt (BMBF-Fachtagung am 28.05.15). Berlin.

IAB – Institut für Arbeitswissenschaften (2015). Industrie 4.0 und die Folgen für den Arbeitsmarkt im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. Nürnberg. URL: <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf> (Stand 02.11.15).

Ingenics AG (Hrsg.) (2014). Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern; Stuttgart.

Kagermann, H., Lukas, W.-D., Wahlster, W. (2015). Abschotten ist keine Alternative, In VDI Nachrichten. Technik – Wirtschaft – Gesellschaft. Nr. 16 vom 17.04.2015. Düsseldorf, 2f. .

Kärcher, B. (2015). Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen. In Botthoff, A. & Hartmann, E. A. (Hrsg.). Zukunft der Arbeit in der Industrie 4.0. Heidelberg, 47-58.

---

<sup>3</sup> Gastbeiträge stammen von Personen aus dem erweiterten Umfeld von [www.netzpolitik.org](http://www.netzpolitik.org), die Beiträge verfassen, aber noch keinen eigenen Blog-Account haben.

KMK (1998). Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin. URL: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Mechatroniker98-01-30.pdf> (Stand: 29.08.15).

Liggesmeyer, P. & Trapp, M. (2014). Safety: Herausforderungen und Lösungsansätze, In: Bauerhansel, T., ten Hompel, M. & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2014). Wiesbaden, .433ff.

Niggemann, E. – Leiter der Akademie Weidmüller (2015). Willkommen in der Zukunft. Dialog zur Arbeitswelt 4.0 (Hannover-Messe 15.04.2015). Hannover.

PROKOM 4.0 (2015) , URL: <http://www.prokom-4-0.de/> (Stand 20.11.2015).

Rinke, A. (2015). Ein Kampf ums Überleben. Europa ist im digitalen Zeitalter nicht mehr wettbewerbsfähig. In Tempel, S. (Hrsg.) (2015). Europa verpasst den digitalen Anschluss, In: IP Internationale Politik Juli/August 2015 Nr. 4, 70. Jahr. Berlin, .8ff..

Sattelberger, T. – Themenbotschafter INQA (2015). Digitalisierung der Arbeit als soziale Innovation, Auf: Arbeit in der digitalisierten Welt (BMBF-Fachtagung am 29.05.15). Berlin.

Schwuchow, K. & Gutmann, J. (Hrsg.) (2014). Personalentwicklung. Themen, Trends und Best Practices 2015. Freiburg, Kapitel: Die fluide Organisation bei RPR1 und bigFM.

Tempel, S. (Hrsg.) (2015). Industrie 4.0. Europa verpasst den digitalen Anschluss. In IP Internationale Politik Juli/August 2015 Nr. 4, 70. Jahr. Berlin, .1f..

Veit, E. – Vorstandssprecher Festo (2015), zit. n. Ciupek, M. & Hartbroch I. (2015). Helfende Hände aus der Politik. In: VDI Nachrichten. Technik – Wirtschaft – Gesellschaft - Nr. 16 vom 17.04.2015. Düsseldorf, 1.

Wahl, D. (2006). Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln Bad Heilbrunn.

Windelband, L. & Dworschak, B. (2015). Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, H, Ittermann, P. & Niehaus, J. (Hrsg.); Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden.

Windelband, L., Fenzl, C., Hunecker, F., Riehle, T., Spöttl, G., Städler, H., Hribernik, K., Thoben, K.-D. (2012). Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der Logistik. In: Abicht, L. & Spöttl, G. (Hrsg.) (2012). Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge. Trends in Logistik, Industrie und „Smart House“. Bielefeld, S. 184f..

Windelband, L. & Spöttl, G. (2011). Konsequenzen der Umsetzung des „Internet der Dinge“ für Facharbeit und Mensch-Maschine.Schnittstelle, In: FreQueNz-Newsletter 2011, S. 12. URL: [http://frequenz.net/uploads/tx\\_freqprojerg/frequenz\\_newsletter\\_2011:web:final.pdf](http://frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/frequenz_newsletter_2011:web:final.pdf) (Stand 03.11.2015).

Zeller, B., Achtenhagen, C. & Föst, S. (2010). Das „Internet der Dinge“ in der industriellen Produktion – Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene. Nürnberg.

Zinke, G., Schenk, H. & Wasiljew, E. (2014). Berufsfeldanalyse zu industriellen Elektroberufen als Voruntersuchung zur Bildung einer möglichen Berufsgruppe. Abschlussbericht. Bonn, S.39 ff., URL: <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/7456> (Stand 12.11.15).

---

Zinn, B. (2014). Lernen in aufwendigen technischen Real-Lernumgebungen – eine Bestandsaufnahme zu berufsschulischen Lernfabriken. In: Die berufsbildende Schule (BbSch) Bd. 66 (2014) Nr. 1, S. 26. URL: <https://journals.ub.uni-kassel.de/index.php/BbSch/article/view/4/4> (Stand 14.11.15).

ZVEI (2014). Das Schülerprojekt Industrie4.0@school, URL: [http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Industrie-4\\_0-at-school.pdf](http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Industrie-4_0-at-school.pdf) (Stand 03.07.15).

## **Autoren**

Dipl. Päd. Jonas Gebhardt

Europa-Universität Flensburg – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)

Auf dem Campus 1, 24043 Flensburg

[jonas.gebhardt@uni-flensburg.de](mailto:jonas.gebhardt@uni-flensburg.de)

Prof. Dr. Axel Grimm

Europa-Universität Flensburg – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)

Auf dem Campus 1, 24043 Flensburg

[axel.grimm@biat.uni-flensburg.de](mailto:axel.grimm@biat.uni-flensburg.de)

Laura Maria Neugebauer

Fachhochschule Flensburg - Internationale Fachkommunikation

Kanzleistrasse 91-93, 24943 Flensburg

[laura.neugebauer@fh-flensburg.de](mailto:laura.neugebauer@fh-flensburg.de)

---

Zitieren dieses Beitrages:

Gebhardt, J., Grimm, A. & Neugebauer, L. M. (2015): Entwicklungen 4.0 – Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 3 (Heft 2), S. 45-61.