

Lars Windelband (Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd)

Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

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

Lars Windelband (Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd)

Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“

Zusammenfassung

Die Verselbstständigung von IT-Systemen nimmt in der neuen industriellen Revolution „Industrie 4.0“ Schritt für Schritt zu, so dass sich die Rolle der Facharbeit in Zukunft stark verändern wird. Die Entwicklung der Facharbeit ist sehr stark davon abhängig, wie man Technik und Arbeitsgestaltung zukünftig miteinander verbinden möchte. Soll der Mensch noch eine Mitgestaltungsmöglichkeit und Entscheidungsbefugnis innerhalb des technischen Systems haben, oder wird der alte Traum der menschenleeren Fabrik auf Basis neuer cyber-physischer Systeme wahr? Der Artikel diskutiert mögliche Entwicklungsrichtungen für die Zukunft.

Schlüsselwörter: Industrie 4.0, Facharbeit, Internet der Dinge, Früherkennungsforschung, Mensch-Maschine-Schnittstelle

Future of the skilled work in the age of "Industry 4.0"

Abstract

The autonomy of IT-systems increases step by step in the new industrial revolution „Industry 4.0“, so that the role of skilled work will be change dramatically in the future. The development of skilled work strongly depends on how people want to combine technology and work design in the future. Shall the human actors still have a possibility to participate and control within the technical system or will the old dream of the deserted factory based on new cyber physical systems become true? The article discusses possible development directions for the future.

Keywords: Industry 4.0, Skilled Work, Internet of Things, Early Identification of Skill needs Man-Machine-Interaction

1 Einleitung

Wohin muss das Ersatzteil gesandt werden? Welches Getränk gehört in die Flasche? Im Zeitalter von „Industrie 4.0“ geben die Produkte selbst die Antworten und informieren die Maschinen und Anlagen über die nächsten Arbeits- und Prozessschritte. Dabei spricht man immer mehr von intelligenten Objekten¹. Die Informationen können u.a. über RFID-Chips (RFID-Radiofrequenzidentifikation) auf der Oberfläche gespeichert sein. Computer können die Daten auslesen und übermitteln diese über das Internet automatisch weiter. Auf diese Weise kommunizieren die „smarten Objekte“ miteinander und es entsteht ein „Internet der Dinge/Dienste“. Ergebnis ist eine immer größere Verschmelzung zwischen der physischen und virtuellen Welt zu cyber-physischen Systemen (CPS)².

Damit nimmt die Verselbstständigung von IT-Systemen Schritt für Schritt zu, so dass die Rolle der menschlichen Akteure in den Hintergrund gedrängt wird. Durch die autonome Steuerung der betrieblichen Prozesse ist eine neue Stufe der technischen Entwicklung erreicht. Bei einer flächendeckenden Durchdringung von „Industrie 4.0“ steuern sich die Aufträge selbstständig durch ganze Wertschöpfungsketten, buchen ihre Bearbeitungsmaschine und ihr Material und organisieren ihre Auslieferung zum Kunden. Der (Produktions)Auftrag erkennt drohende Verzögerungen der Lieferung, organisiert zusätzliche Kapazitäten oder meldet den Kunden unvermeidbare Verzögerungen (Ganschar et al. 2013, S. 22ff.). Diese Entwicklung geht soweit, dass die Anlagen und Maschinen untereinander die Auftragsreihenfolge bestimmen und Wartungs- und Instandhaltungsbedarfe organisieren. Damit werden sich die sozialen und wirtschaftlichen Organisationsformen und die Organisation der Arbeit verändern. Im Gegensatz zu Maschinen, die Aufgaben nach vom Menschen bestimmten und gesteuerten Prozessen erledigen, vermögen die vernetzten Systeme im Zeitalter „Industrie 4.0“ Entscheidungen selbstständig zu treffen. Damit stellt sich die Frage: Wie wirken sich die neuen technologischen Entwicklungen auf die zukünftige Facharbeit aus? Wird der alte Traum der menschenleeren Fabrik auf Basis der neuen cyber-physischen Systeme wahr – und damit zum Albtraum für die Fachkräfte in der Zukunft?

¹ Unabhängig der Frage, ob ein Objekt überhaupt eine Intelligenz haben kann.

² CPS umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken, mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen. Cyber-Physical Systems sind offene soziotechnische Systeme und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften (Kagermann et al. 2013).

2 Entwicklungsstand des „Internet der Dinge“ auf dem Weg zum „Industrie 4.0“- Zeitalter

In den Jahren 2009 bis 2010 wurden Studien bzw. Forschungsprojekte zu den gegenwärtigen und zukünftigen Qualifikationsanforderungen durch das „Internet der Dinge“³ (IdD) in den Feldern Logistik, industrielle Produktion und „Smart House“ umgesetzt, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurden (vgl. Abicht/Spöttl 2012). Ziel der Projekte im Rahmen der Initiative zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen ist die frühzeitige Identifizierung von neuen Qualifikationserfordernissen für die Zielgruppe der mittleren Beschäftigungsebene, die in den nächsten drei bis fünf Jahren in der größeren Breite eine Relevanz haben könnten. Die Ergebnisse in den Feldern Logistik⁴ und industrielle Produktion zeigen eine geringe Entwicklungs- und Verbreitungsstufe des „Internet der Dinge“ in der Praxis. Für den Bereich der Logistik werden die Forschungsergebnisse in den Abschnitten 3-5 dargestellt.

Aktuell wird die Entwicklung zum Industriezeitalter „Industrie 4.0“ diskutiert und durch die Vergabe von Forschungsmitteln stark gefördert. Jedoch, wie genau grenzen sich das „Internet der Dinge“ und die Entwicklungen zur „Industrie 4.0“ voneinander ab oder sind die Technologien zum „Internet der Dinge“ die Grundlagen für die Entwicklung zu „Industrie 4.0“?

Unter „Industrie 4.0“ wird die beginnende vierte industrielle Revolution nach Mechanisierung, Industrialisierung und Automatisierung verstanden. Kern dabei ist die „technische Integration von CPS in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation“ (Kagermann et al. 2013, S. 18). Ergebnis ist die Auflösung der klassischen Produktionshierarchie von der zentralen Steuerung hin zu einer dezentralen Selbstorganisation der Produkte. Das Produkt lenkt im Zeitalter „Industrie 4.0“ den Produktionsprozess eigenständig und entscheidet über die nächsten Produktionsschritte.

Das „Internet der Dinge“ (IdD) spielt dabei eine entscheidende Rolle. Durch das Zusammenwirken mit dem „Internet der Dienste“⁵ kann die Fabrik mit ihrem gesamten

³ Der Begriff „Internet der Dinge“ wurde erstmals im Jahre 1999 vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) geprägt. Definiert wurde der Begriff als „[...] ein informationstechnisch vernetztes System autonom interagierender Gegenstände und Prozesse, die sich durch eine zunehmende Selbstorganisation charakterisieren und zu einer wachsenden Verschmelzung physischer Dinge mit der digitalen Welt des Internets führen“ (Brand et al. 2009, S. 107). Das Institut für Materialfluss und Logistik (IML) versteht für den Logistikbereich unter dem „Internet der Dinge“ den autonomen, selbstgesteuerten Transport logistischer Objekte vom Absender zum Adressaten (vgl. Ten Hompel 2005).

⁴ Der Autor koordinierte das Projekt im Feld Logistik unter der Federführung des Instituts Technik und Bildung (ITB) der Universität Bremen.

⁵ Eine umfassende Definition vom „Internet der Dienste“ existiert noch nicht. Man versteht vom „Internet der Dienste“ ein weltweites System von Dienstleistern, -konsumenten und -maklern die Dienstleistungen für unterschiedliche Zwecke entwickeln, anbieten, kaufen und zusammenstellen.

Produktionsumfeld zu einer intelligenten Umgebung vernetzt werden. Unter Cyber-Physical Systemen werden in der Produktion intelligente Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel, die digital miteinander vernetzt sind, verstanden.

Die technologische Grundlage des „Internet der Dinge“ bildet die Ausstattung von Gegenständen, Räumen und Maschinen mit verschiedenen Technologien zur Umgebungswahrnehmung, Datenspeicherung, Kommunikation und zum autonomen Handeln. Hierzu gehört immer mehr die Radiofrequenzidentifikation. RFID⁶-Systeme können Daten berührungslos und ohne Sichtkontakt auslesen. Sie bestehen aus einem Lesegerät und einem Transponder bzw. „Tag“, d. h. einem Chip mit Antenne (vgl. Dworschak et al. 2011, S. 2). Dieser ermöglicht eine eindeutige Identifikation des Gegenstandes, auf dem er angebracht ist. Damit ist es möglich, den genauen Weg der einzelnen Produkte nachzuvollziehen. RFID-Systeme werden mit Sensorik kombiniert, die in Produkte eingebettet sein kann. Diese Sensordaten können mittels RFID automatisch aktualisiert werden. Aufgrund gesteigerter Anforderungen bezüglich Beweglichkeit und Mobilität geht die Entwicklung der RFID-Systeme und Sensorik zu drahtlosen Systemen, für die eine funkbasierte Informationsübertragung entscheidend ist.

Das „Internet der Dinge“ und damit auch „Industrie 4.0“ bieten zahlreiche Möglichkeiten, um die Effizienz und Effektivität von Logistik- und Produktionsprozessen zu verbessern. Damit kann auf der einen Seite die Produktion flexibilisiert werden, auf der anderen Seite kann besser auf spezielle Kundenanforderungen eingegangen werden. Bei diesen technologiebasierten Entwicklungen, den sogenannten „Smart Systemen“ oder „Smart Factories“ dominiert eine selbstverantwortliche Autonomie mit dezentralen Führungs- und Steuerungsformen. Die Symmetrie zwischen Mensch und Maschine ist dabei ein entscheidender Faktor und spielt bisher in der Entwicklung und Ausgestaltung der einzelnen Technologien nur eine untergeordnete Rolle.

3 Forschungsdesign der Untersuchung zum „Internet der Dinge“

Im vorliegenden Artikel werden auf der Basis der Ergebnisse zum „Internet der Dinge“ Rückschlüsse auf mögliche Veränderungen in der Facharbeit für das industrielle Zeitalter „Industrie 4.0“ gezogen. Grundlage dafür ist die Untersuchung der Fragestellung im Rahmen der FreQueNz-Studie zur Logistik⁷, die lautete: Inwieweit wird die Facharbeit im Logistikbereich bereits mit dem „Internet der Dinge“ konfrontiert und welche Folgen hat dies für deren Organisation und Qualifizierung?

Die durchgeführte Untersuchung für die Beantwortung der Forschungsfrage war mehrstufig und mehrperspektivisch (vier Forschungsphasen) angelegt. Ausgehend von der zentralen

⁶ RFID- radio-frequency identification

⁷ Die Studie wurde gemeinsam vom Institut Technik und Bildung (ITB) der Universität Bremen und dem Bremer Institut für Produktion und Logistik (BIBA) durchgeführt.

Frage des Forschungsauftrages wurde ein qualitatives berufswissenschaftliches Früherkennungsinstrumentarium (vgl. Windelband 2006; Becker & Spöttl 2008) eingesetzt.

Dabei wurden in der ersten Phase eine Literatur- und Dokumentenanalyse sowie zahlreiche Expertengespräche durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschungsentwicklung in dem Bereich Distributionslogistik in den ausgewählten Sektoren „Lebensmittel- und Automobilindustrie“ zum „Internet der Dinge“ zu analysieren.

In der zweiten Phase wurden berufswissenschaftliche Einzelfallstudien (vgl. Becker & Spöttl 2008, S. 88) in Forschungsinstituten und innovativen Unternehmen für Schlussfolgerungen zur möglichen Umsetzungen des „Internet der Dinge“ in Unternehmen, zu Konsequenzen für die Arbeitswelt und zu neuen Qualifikationserfordernissen durchgeführt.

Diese Ergebnisse wurden in der dritten Phase mittels qualitativer Interviews zur Identifizierung von möglichen Konsequenzen für die mittlere Qualifikationsebene vertieft. In der vierten Phase wurden aus den Ergebnissen der drei vorangegangenen Untersuchungsphasen Szenarien zu möglichen neuen und veränderten Qualifikationserfordernissen der mittleren Beschäftigungsebene durch die Einführung des „Internet der Dinge“ entwickelt. Dazu wurden zwei Zukunfts-Experten-Workshops (vgl. Windelband 2006, S. 203f) umgesetzt. Die vier Projektphasen werden im Folgenden erläutert.

3.1 Literaturanalyse und Expertengespräche zur Analyse des Forschungsstandes (Phase 1)

Mithilfe der Literatur und Dokumentenanalyse wurde zunächst geklärt, wie der Stand der technologischen Entwicklung zum „Internet der Dinge“ in der Wissenschaft und Forschung ist. Dadurch konnten die Entwicklungsmöglichkeiten für die Umsetzung in die Praxis für die nächsten drei bis fünf Jahre leichter abgeschätzt werden. Des Weiteren wurde ein Überblick über aktuelle Entwicklungs- und Forschungsprojekte gegeben, die in den Untersuchungsfeldern umgesetzt wurden und eine Relevanz für die Fragestellung hatten.

Bei der Analyse aktueller Dokumente aus der Literatur und dem Internet standen folgende Fragen im Mittelpunkt der Betrachtung:

- Was ist die Vision des „Internet der Dinge“?
- Welche Technologien werden beim „Internet der Dinge“ miteinander verknüpft und wie ist der aktuelle Entwicklungsstand (Ausbaustufen) in der Wissenschaft?
- Welche prototypischen Anwendungen und Pilotprojekte werden im Bereich der Logistik aktuell umgesetzt?
- Was sind bereits bekannte Auswirkungen dieser neuen Technologie auf die Arbeitswelt, die Beschäftigten und die Qualifikationen?

Um den Forschungsstand zu analysieren, wurden qualitative Expertengespräche mit Technologieentwicklern und Mitarbeitern von Forschungsinstituten umgesetzt. Diese Experteninterviews dienten im Wesentlichen zur weiteren Erschließung des Feldes, d.h. es

sollten Informationen zu aktuellen und zukünftigen Entwicklungen der Technik, zu Auswirkungen auf die Arbeitswelt und zu veränderten Qualifikationsanforderungen gewonnen werden. Ein weiterer Zweck war, innovative Unternehmen und Forschungsinstitute für die folgenden Fallstudien zu identifizieren.

Die Experteninterviews erforderten den Zugriff auf Schlüsselpersonen (vgl. Becker & Spöttl 2008, S. 95), die über ein hohes Kompetenz- und Erfahrungsniveau bezüglich der Umsetzung des „Internet der Dinge“ im Bereich Logistik verfügten. Es wurden insgesamt fünf Experten aus den Bereichen Kühlketten-Logistik, aktive Sensorik und semantische Logistik, RFID-Entwicklungen und -anwendungen in der Logistik sowie Telematik in der Logistik befragt.

Neben der Grundvoraussetzung, Experte für die Technologieanwendungen zum „Internet der Dinge“ zu sein, wurden bei der Auswahl der Experten folgende weitere Parameter zugrunde gelegt: hoher Praxisbezug, Mitarbeit an zukunftsweisenden Projekten sowie Schwerpunkt in einem der beiden Anwendungsbereiche Lebensmittel- und Automobilindustrie. Die Befragung der Experten erfolgte mit Hilfe von leitfadengestützten Interviews.

3.2 Fallstudien zum Stand des „Internet der Dinge“ in den Unternehmen (Phase 2)

Die Forschungsphase 2 beinhaltete zwei Fallstudien in Forschungsinstituten und sechs Fallstudien in innovativen Unternehmen, die sich an Entwicklungsaktivitäten zum „Internet der Dinge“ beteiligen oder beginnen, diese ein- und umzusetzen. Die Fallstudien waren als berufsfeldwissenschaftliche Fallstudien angelegt, wobei insbesondere die Befragung von verschiedenen Zielgruppen in den Unternehmen mittels leitfadengestützter Interviews im Fokus stand. Weitere Instrumente bei der Fallstudie waren die Arbeitsbeobachtung, bei der die Arbeitshandlung betrachtet und interpretiert wurde, sowie eine Unternehmensbesichtigung, um einen Überblick über das gesamte Unternehmen oder den betrachteten Bereich bzw. die Organisationseinheit zu erhalten und so die Arbeitsprozesse der mittleren Beschäftigungsebene in die betrieblichen Gesamtprozesse einordnen zu können.

Zur Einordnung der Unternehmen wurden drei Merkmale zugrunde gelegt: Branche, Unternehmensgröße (Klein-, Mittel- und Großunternehmen) sowie Standort des Unternehmens (vgl. Tabelle 1).

Unternehmensfallstudie	Anwendungsbereich/ Branche	Unternehmensgröße	Standort/Region
I	Logistikunternehmen (Automobilbereich / Rohbau)	Mittleres Unternehmen (am untersuchten Standort 430 Beschäftigte)	Norddeutschland
II	Automobilkonzern / Fahrzeuglogistik	Großunternehmen (17.300 Beschäftigte)	Westdeutschland
III	Automobilkonzern / Fahrzeuglogistik	Großunternehmen (57.300 Beschäftigt)	Süddeutschland
IV	Speditionsunternehmen Nah- und Fernverkehr (u. a. Lebensmitteltransporte)	Mittleres Unternehmen (90 Beschäftigte)	Norddeutschland
V	Logistikunternehmen für Tierfuttertransport	Mittleres Unternehmen (<150 Beschäftigte)	Norddeutschland
VI	Speditionsunternehmen	Kleinunternehmen (100 Beschäftigte)	Norddeutschland

Tab. 1: Einordnung der untersuchten Unternehmen nach Branche, Größe und Standort

In Anbetracht der begrenzten Anzahl von sechs Unternehmensfallstudien kann kein flächendeckendes Bild über den Anwendungsbereich darstellt werden. Auch vergleichende Untersuchungen sind damit schwerlich möglich. Diese Zielsetzung war bei dem Forschungsauftrag allerdings auch nicht intendiert. Vielmehr war es das Ziel, erste Umsetzungen des „Internet der Dinge“ zu identifizieren und deren Konsequenzen für die Arbeitswelt und die Qualifizierung zu erfassen. Die Kontakte zu den Unternehmen wurden direkt aus den Erkenntnissen der ersten Untersuchungsphase über Experten (befragte Experten in der ersten Untersuchungsphase) oder spezielle Forschungs-Netzwerke aufgenommen.

In den Unternehmensfallstudien wurden halbstrukturierte Interviews mit vier unterschiedlichen Zielgruppen umgesetzt. Die Befragung der unterschiedlichen Zielgruppen sollte vor allem die Auswirkungen der neuen Technologien zum „Internet der Dinge“ in der Arbeitswelt und deren Konsequenzen für die Beschäftigten aufzeigen. Um dies zu ermöglichen, war es notwendig, die an der Implementierung, Nutzung und Planung beteiligten Personen vollständig zu befragen. Durch die Befragung der Geschäftsführung, der mittleren Beschäftigungsebene und der Entwickler wurde sichergestellt, dass Einzelaussagen

nicht das Erhebungszentrum darstellen. Es wurde vielmehr bewusst Wert auf mehrere Blickwinkel gelegt, um Selbst- und Fremdeinschätzung zu den Auswirkungen und Umsetzung der Technologien mit unterschiedlichem Kontextbezug zu erhalten.

Die Schwerpunkte der leitfadengestützten Interviews der jeweiligen Zielgruppen werden im Folgenden kurz beschrieben.

Nach einleitenden Fragestellungen zur detaillierten Beschreibung des jeweiligen Falles (Belegschaft, Produkte, Branche, wesentliche Veränderungen in den vergangenen fünf Jahren etc.) galt es einerseits, die Implementierung neuer Technologien zum „Internet der Dinge“ detaillierter zu erfassen, sowie andererseits die daraus resultierenden Veränderungen (Mitarbeiterstrukturen, Organisation, Qualifikationsanfordernisse) festzuhalten.

Ein Schwerpunkt der Leitfragen war der Einsatz des „Internet der Dinge“ in einer bestimmten Organisationseinheit. Was waren Gründe für die Einführung und wie erfolgte die Implementierung in den Arbeitsprozess? Wichtig war dabei zu erfahren, welche Personen/Berufsgruppen daran beteiligt waren und wie sich die Prozesse dadurch verändert haben.

Kern des Untersuchungselementes bildete die Erfassung der Veränderungen in den Arbeitsaufgaben und deren Konsequenzen für neue oder veränderte Qualifikationsanforderungen. Bei der Erfassung dieser Veränderungen wurde großer Wert auf eine vielseitige Betrachtung gelegt, die den gewählten Blickwinkel variiert. Auf individueller Ebene stand dies bei der mittleren Beschäftigungsebene im Fokus: Wie hat sich die eigene Arbeit verändert? Haben sich die Abstimmungsstrukturen verändert und wenn ja, wie? Welche Fähigkeiten und Kenntnisse werden dafür benötigt? Wie wurden Sie darauf vorbereitet (Qualifikation, Weiterbildungen)? Wo gab es Schwierigkeiten?

Die beiden Forschungsfallstudien hatten zum Ziel, neue Entwicklungen zum „Internet der Dinge“ aus Forschungsprojekten, in denen Forschungsinstitute eng mit Unternehmen aus den Anwendungsbereichen zusammenarbeiten, zu analysieren. Die Forschungsfallstudien sollten einen kurzen Einblick in aktuelle Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten geben, um zukünftige Entwicklungen und deren realistische Umsetzung in den nächsten drei bis fünf Jahren besser einschätzen zu können. Gleichzeitig dienten die Akteure der Forschungsprojekte als Experten für genaue Einschätzungen zum Stand des „Internet der Dinge“, mögliche Veränderungen der Arbeitswelt und von Qualifikationsanforderungen.

Für die Interviews in den Forschungsfallstudien wurde eine offene Form der Befragung gewählt. Folgende Schwerpunkte standen bei der Befragung im Mittelpunkt:

- Zielstellung des Projektes (Rahmeninformationen zum Projekt: Ziele, Anwendungsbereich, Förderprogramm, Zeitplan, Schwerpunkte),
- Beteiligte Partner und Aufgabenverteilung (beteiligte Organisationen und deren Aufgaben im Projekt),
- Entwicklung der Technologie zum „Internet der Dinge“ und deren Umsetzung (Entwicklungsszenarien und Umsetzungsstrategien in der Praxis, mögliche Weiterentwicklung der Technologie in der Zukunft),
- Auswirkungen auf die Arbeitswelt und auf die Beschäftigten (Konsequenzen der Einführung und Umsetzung dieser Technologie auf die Arbeitsprozesse und die Arbeitsaufgaben der Beschäftigten, betroffene Zielgruppe, Einbeziehung der Nutzer in die Entwicklung),
- Qualifikationserfordernisse für die Beschäftigten (Veränderung von Qualifikationsanforderungen, Verschiebung von Kompetenzen auf andere Bereiche, zukünftige Sicherstellung der Funktionalität der Technologie).

3.3 Expertengespräche zur Vorbereitung der Workshops (Phase 3)

Ziel der vertiefenden Expertengespräche war es, mittels qualitativer Befragungen von ausgewählten Unternehmensvertretern/Sektorexperten vertiefende Aussagen zu möglichen Konsequenzen für die mittlere Qualifikationsebene durch die Umsetzung des „Internet der Dinge“ zu erlangen. Die Ergebnisse der Gespräche dienten vor allem zur Vorbereitung und teilweise auch zur Nachbereitung der Zukunfts-Experten-Workshops. Insgesamt wurden vier vertiefende Expertengespräche durchgeführt.

Aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung der Experten wurden die Befragungen sehr offen gestaltet. Die jeweiligen Zwischenergebnisse wurden nach einer kurzen Erläuterung des Projekthintergrundes vorgestellt: erste Thesen aus dem Zwischenbericht, die Szenarien für den Workshop 1, die Szenarien für den Workshop 2, die Aufgaben und Qualifikationsanforderungen zur Implementierung/Service/Wartung von neuen Technologien zum „Internet der Dinge“, um diese mit den Experten zu diskutieren.

3.4 Zukunfts-Experten-Workshops zur Szenarienentwicklung (Phase 4)

Als weitere Methode der berufswissenschaftlichen Früherkennungsforschung wurden Zukunfts-Experten-Workshops eingesetzt. Ziel dieser Workshops war es, das Fachwissen von Experten und Schlüsselpersonen (z. B. Entscheidungsträger von Verbänden, Unternehmen und der Berufsbildung) so weit wie möglich für eine Konkretisierung und Erhärtung der in den vorherigen Forschungsphasen gewonnenen Erkenntnisse nutzbar zu machen. Konkret

wurde eine intensive Diskussion und Weiterentwicklung der aus den Fallstudien und übrigen Methoden vom Forschungsteam entwickelten Zukunftsszenarien sowie der daraus abgeleiteten Qualifikationserfordernisse angestrebt.

Im Rahmen der Studie wurden zwei Zukunfts-Experten-Workshops mit unterschiedlichen Schwerpunkten durchgeführt:

- Zukunfts-Experten-Workshop „Veränderte Arbeitsaufgaben und Anforderungen im Speditionsbereich – ein Blick in die Zukunft“ und
- Zukunfts-Experten-Workshop „Veränderte Arbeitsaufgaben und Anforderungen im Automobilbereich/Fahrzeugdistribution – ein Blick in die Zukunft“.

Insgesamt nahmen an beiden Workshops 22 Experten aus den Bereichen IT-Dienstleistung, Unternehmen, Verbände, Weiterbildung und Wissenschaft aus dem Logistikbereich teil.

Bei der Planung der beiden Workshop-Abläufe wurde Wert darauf gelegt, den typischen Arbeitscharakter eines Workshops zu erreichen und somit ausreichend Diskussions- und Arbeitsphasen einzuplanen, die die Erarbeitung konkreter und verwertbarer Ergebnisse erlaubten. Gleichzeitig war es notwendig, aufgrund der unterschiedlichen Perspektiven und Expertisen der Workshop-Teilnehmer zunächst alle Anwesenden mittels kurzer Inputphasen auf einen gemeinsamen Stand in Hinblick auf technologische Grundlagen im Bereich des „Internet der Dinge“ und die Konsequenzen technologischer Veränderungen auf Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen zu bringen.

Um diese Ziele erreichen zu können, wurden in beiden Workshops zum einen klassische Workshop-Elemente wie Vorstellungsrunden mit Leitfragen, Kartenabfragen oder Blitzlichttrunden, zum anderen die Arbeit an ganz konkreten Prozessbeispielen aus dem jeweiligen Logistiksektor eingesetzt. In alle Workshop-Phasen flossen die Ergebnisse aus den bisherigen Forschungsphasen ein, etwa typische Prozesse aus den Fallstudien oder das im folgenden Abschnitt 4 geschilderte Modell der Entwicklungsstufen.

4 „Internet der Dinge“ in der Logistik und deren Umsetzungsgrad in den Unternehmen

Während der Durchführung der Studie stellte sich die Frage in welchem Grade die bereits vorhandenen IdD-Technologien im Untersuchungsfeld Logistik in der Praxis angewandt werden, als besonders relevant heraus. Um diesen Realisierungsgrad abschätzen zu können, wurde ein erweitertes Schema zur Erfassung des IdD erarbeitet.

Basis bildeten zwei Modelle zur Klassifizierung von intelligenten Produkten und Objekten. In der Klassifizierung von Meyer und Främpling (2009) wird ein dreidimensionaler Raum durch drei Achsen aufgespannt. Die Achsen des Klassifizierungsmodells sind der „Grad der Intelligenz“, der „aggregierte Grad der Intelligenz“ sowie die „Verortung der Intelligenz“ (vgl. Abbildung 1). Alle drei Größen zusammen symbolisieren die Intelligenz eines

Produktes, d.h. intelligente technische Systeme, die häufig geographisch verteilt sind, kommunizieren und kooperieren miteinander.

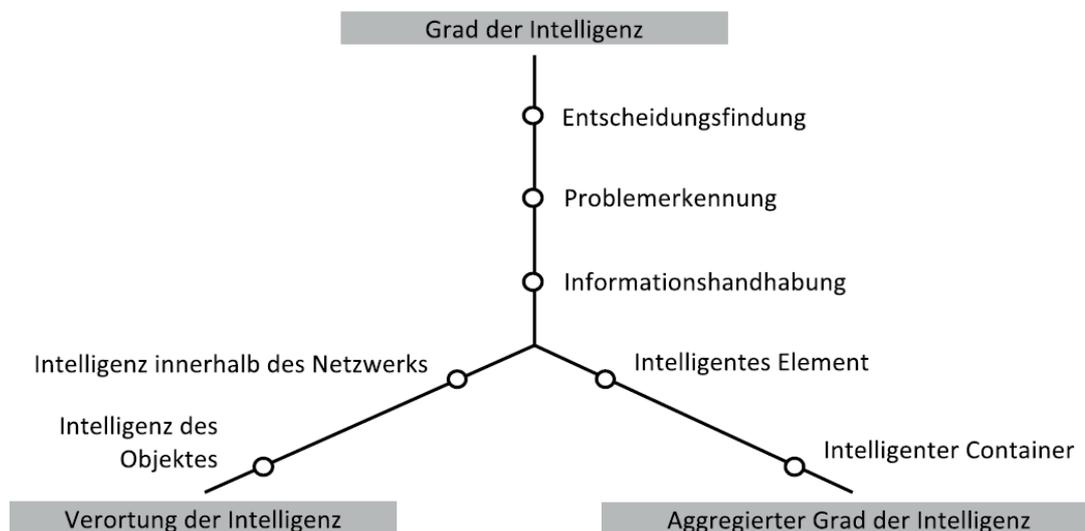


Abb. 1: Klassifikation von Intelligenten Produkten (Meyer & Främling et al. 2009 S. 140)

Ein weiterer Klassifizierungsansatz für Intelligente Objekte wurde im Projekt PROMISE (vgl. The PROMISE Consortium 2008) entwickelt (siehe Tabelle 2). Hier werden „Product Embedded Information Devices“ (PEIDs) verschiedenen Typen zugeordnet und nach ihren Eigenschaften bewertet. Ein PEID wird in diesem Zusammenhang als „in physische Produkte eingebettete Rechenkapazität“ beschrieben. Mit diesem Modell konnte sehr gut die Differenzierung zwischen einem passiven und aktiven System dargestellt werden.

PEID Typ	Identifikation	Datenspeicherung	Sensoren	Datenverarbeitung	Konnektivität
Typ 0	✓				Passiv
Typ 1	✓	✓			Passiv
Typ 2	✓	✓	(✓)	+	Drahtlos
Typ 3	✓	✓	✓	++	Drahtlos
Typ 4	✓	✓	✓	+++	Ständig

Tab. 2: Typen von Product Embedded Information Devices (The PROMISE Consortium 2008, S. 13).

In Verbindung mit Erkenntnissen aus den Expertengesprächen und der Literaturrecherche wurde aus den beiden vorgestellten Bewertungsmöglichkeiten das erwähnte allgemeine Instrument zur Beurteilung der Ausprägung der Technologien des „Internet der Dinge“ entwickelt.

Das neu entwickelte Instrumentarium verbindet die beiden Ideen der gezeigten Modelle und beinhaltet abschließend sechs Merkmale bzw. Kriterien für das „Internet der Dinge“ und die jeweiligen möglichen Ausprägungsstufen. Die sechs Merkmale sind Technologie, Energieversorgung, Konnektivität, Informationsverarbeitung, Aggregationsebene und Verortung der Intelligenz und sie lassen sich im Einzelnen wie folgt charakterisieren:

- Bei der „Technologie“ beschreibt die Stufe 0, dass keine Technologien eingesetzt werden (deshalb keine Darstellung in der Abbildung 1 – das gilt für alle sechs Merkmale der Stufe 0). In Stufe 1 wird eine Auto-ID (Identifikation) eingesetzt, zum Beispiel ein RFID- oder Barcodesysteme. Stufe 2 beschreibt den Einsatz von Sensorik, also beispielsweise ein Sensornetzwerk. In Stufe 3 werden schließlich eingebettete Systeme verwandt, das heißt, dass Entscheidungsfindungskomponenten verbaut werden.
- In Stufe 1 des Merkmales „Energieversorgung“ werden Systeme eingeteilt, welche ihre Energieversorgung über Induktion bewerkstelligen, wie zum Beispiel das Auslesen und Beschreiben von passiven RFID-Transpondern. Die Stufe 2 zeichnet sich durch Systeme aus, die durch einen Akkumulator mit Energie versorgt werden; hier werden aktive RFID-Transponder eingesetzt. Systeme der Stufe 3 haben eine autarke Energieversorgung.
- Das Merkmal „Konnektivität“ beschreibt auf der Stufe 1 das manuelle Auslesen von Informationen, das System kommuniziert also rein passiv (manuelles Barcode- oder RFID-Lesegerät). In Stufe 2 kommuniziert das System bei Bedarf, es könnte sich zum Beispiel um eine Meldung an ein Steuerungszentrum oder einen Supervisor bei einem bestimmten Ereignis, wie des Überschreitens eines Messwertes, handeln. Stufe 3-Systeme kommunizieren durchgehend mit anderen Systemen und sind ständig „online“.
- Das Merkmal „Informationsverarbeitung“ gibt an, wie das Objekt mit den Informationen umgeht. Bei Stufe 1 werden Informationen aufgenommen und gespeichert, aber nicht weiter verarbeitet, wie bspw. bei einem Temperaturlogger. In Stufe 2 können Informationen an andere Instanzen weitergereicht werden, werden aber vom Objekt selber nicht verarbeitet. Dies sind z. B. Telematik-Systeme, die bei bestimmten Ereignissen eine Statusmeldung abschicken können. In Stufe 3 ist das Objekt in der Lage, eine Entscheidung zu treffen. Dies gilt für eingebettete Systeme, wenn z.B. automatisch die Temperatur oder Luftfeuchtigkeit verändert wird.

- In der Stufe 1 der „Aggregationsebene“ befindet sich die Technologie auf Verpackung, wie zum Beispiel einem Karton oder Container. Stufe 2 beschreibt eine Technologie auf Objektebene, das heißt auf der Ebene des fertigen Endproduktes. Bei Fahrzeugen würde beispielsweise diese Technologie pro Fahrzeug eingesetzt. Stufe 3 Systeme werden auf Komponentenebene eingesetzt, in Fahrzeugen zum Beispiel am Motor.
- Bei der „Verortung der Intelligenz“ in der Stufe 1 sind die Intelligenten Systeme in einem Netzwerk verteilt, ein mögliches Einsatzszenario wäre ein Sensornetzwerk. Stufe 2 wird charakterisiert durch Intelligenz auf Objektebene, also auf dem Endprodukt und Stufe 3 beschreibt eine verteilte Verortung der Intelligenz, d.h. verschiedene Teilsysteme werden auf verschiedenen Ebenen eingesetzt und sind zu einem System verbunden.

Ausprägungs- stufe	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
Merkmal			
Konnektivität	Informationen werden manuell ausgelesen, Kommunikation passiv	System kommuniziert bei bestimmtem Ereignis	System kommuniziert ständig (aktiv)
Informationsverarbeitung	Info-Aufnahme u. -Speicherung (z.B. RFID)	Mitteilung: Info-Weitergabe und Verarbeitung (z. B. Statusmeldung)	Entscheidungsfähigkeit aufgrund Info-Verarbeitungsfähigkeit durch umfassende Logik, Sensorik und Aktorik
Technologie	(1) Einsatz von RFID	(2) Einsatz von Sensorik	(1) u. (2) m. Rechenkapazität eingebettet
Aggregations-Ebene	Technologie auf Verpackungsebene	Technologie am Endprodukt (Objektebene)	Technologie an den Einzelteilen (Komponentenebene)
Energie-Versorgung	durch Induktion (z.B. bei Kontakt „Tag“ u. Lesegerät)	z. B. durch Akkumulator	autark (z.B. durch „Energy Harvesting“)
Verortung der Intelligenz (Entscheidungskomponente)	zentrale ‚Intelligenz‘ bzw. Entscheidungskomponente	‚Intelligenz‘ bzw. Entscheidungskomponente am Gegenstand	Entscheidung durch an mehreren Gegenständen verteilte ‚Intelligenz‘

Tab. 3: Ausprägungsstufen des Internet der Dinge in der Logistik

Die in der Tabelle 3 dargestellten Ausprägungsstufen (1-3) geben Entwicklungsstufen zur Umsetzung der „Vision“ des Internet der Dinge wieder. Wie aus der Tabelle hervorgeht, sieht die dritte Ausprägungsstufe über alle sechs Merkmale hinweg vor, dass die eingesetzten Technologien eigenständig Entscheidungen treffen (System kommuniziert ständig, Entscheidungen eigenständig, autark) und sich selbständig optimieren können. Damit kommt diese Stufe dem „Internet der Dinge“ und damit der zukünftigen Entwicklung hin zu „Industrie 4.0“ mit einem autonomen und selbstgesteuerten Prozess sehr nahe. Gerade die

Merkmale Konnektivität (aktiv) und Informationsverarbeitung (Entscheidungsfähigkeit aufgrund Info-Verarbeitungsfähigkeit) charakterisieren sehr stark die Eigenständigkeit der Systeme und symbolisieren damit die Intelligenz der technischen Systeme. Die Untersuchungsergebnisse aus den Fallstudien zeigten für die Praxis nur eine geringe Ausprägung von IdD-Technologien, meist auf Stufe 1 (siehe Abbildung 2 dunkelblaue Einfärbung). Obwohl zu erkennen war, dass in den Unternehmen eine zunehmende Auseinandersetzung mit den neuen Technologien zum IdD stattfindet, erreichte kaum ein Unternehmen die zweite oder gar dritte Ausprägungsstufe. Ist eine Ausprägungsstufe in allen Unternehmen identifiziert worden, dann ist eine dunkelblaue Färbung in der Abbildung 2 zu erkennen. Wird eine Entwicklungsstufe von keinen Unternehmen erreicht, ist die Färbung weiß. Bei einer Einfärbung der gesamten Matrix kann man von einer vollständigen Umsetzung zum „Internet der Dinge“ sprechen. Jedoch zeigen die Ergebnisse, dass bisher die Objekte nicht eigenständig miteinander kommunizieren und keinen direkten Einfluss auf die Warenströme und Prozesse in den Unternehmen nehmen. Von der Version „Industrie 4.0“ mit einer selbständigen, autonomen Steuerung von Logistik- und Produktions-Prozessen ist man noch ein ganzes Stück entfernt.



Abb. 2: Ausprägungs- und Diffusionsstufen des „Internets der Dinge“ in den untersuchten Logistikunternehmen

Für das Anwendungsfeld der Logistik wird damit deutlich, dass die IdD-Technologien bislang vorwiegend betriebs- bzw. unternehmensintern eingesetzt werden. Viele Experten sprechen deshalb auch von einem „Intranet der Güter“. Als größtes Hindernis bei der Investition in neue Systeme werden hier die Kosten und der Datenschutz gesehen. Eine negative Kosten-Nutzen-Einschätzung, eine eingeschränkte Lesbarkeit von RFID-Chips in metallischen Umgebungen und Flüssigkeiten, ungeklärte Datenschutzfragen bei der Übertragung von Daten und Informationen sowie auch das Fehlen einheitlicher Standards verhindern eine

stärkere Investition in neue Technologien zum „Internet der Dinge“ in den Unternehmen in Deutschland.

5 Veränderungen in den Arbeitsprozessen und Qualifikationsanforderungen?

Aufgrund des identifizierten gegenwärtig geringen Umsetzungsgrades der Technologien des „Internet der Dinge“ in der Logistik sowie ihrer mangelnden unternehmensübergreifenden Vernetzung, haben sich die Arbeitsprozesse und Aufgaben in den untersuchten Unternehmen nur vereinzelt und die damit zusammenhängenden Qualifikationsanforderungen bisher lediglich geringfügig verändert. Zwar existieren unternehmensintern optimierte und teilautomatisierte Arbeitsprozesse, wobei durch die Einführung neuer Technologien oftmals mehrere Prozessschritte zusammengefasst werden; grundlegende Veränderungen von Arbeitsaufgaben der betroffenen Mitarbeiter ergeben sich dadurch jedoch nur selten. Im Zusammenhang mit dem bisherigen Technologieeinsatz lassen sich zwei Entwicklungsrichtungen unterscheiden:

1. Zum einen wird die Technik benutzt, um Prozesse zu automatisieren und die Fehlerhäufigkeit in den Arbeitsprozessen zu reduzieren. Die Aufgaben und das damit verbundene Anforderungsprofil haben sich häufig vereinfacht. Für die Facharbeitsebene kann man auch von einer „**Dequalifizierung**“ sprechen. Einfache Dispositionsentscheidungen sowie Kontroll- und Überwachungsfunktionen werden teilweise automatisiert.
2. Zum anderen werden IdD-Technologien genutzt, um Arbeitsabläufe unter Berücksichtigung der Stärken der Mitarbeiter zu optimieren. Hier kommt es zu einer „**Anreicherung der Aufgaben**“, da unterschiedliche Ebenen und Funktionsbereiche enger zusammen arbeiten müssen (vgl. Beschreibung des Prozesscontroller- unterer Abschnitt). Besonders das Überblickswissen über die Gesamtprozesse nimmt hier stark an Bedeutung zu.

Während von der ersten Entwicklungsrichtung vor allem die Zielgruppe der Facharbeiter sowie die An- und Ungelernten betroffen sind, ist dies für die zweite Entwicklungsrichtung die Zielgruppe der mittleren Beschäftigungsebene. Im Zuge des Logistik-Projektes konnten für die mittlere Beschäftigungsebene verschiedene Anforderungsprofile (Disponent, Fahrer für Nah- oder Fernverkehr sowie Prozesscontroller) identifiziert werden. Das Anforderungsprofil des Prozesscontrollers soll beispielhaft im Folgenden erläutert werden.

Der Prozesscontroller kann zukünftig vor allem als Schnittstelle zwischen den IT-Spezialisten und den Prozess-Experten des Unternehmens eingesetzt werden. In den meisten Unternehmen werden die IT-Entwicklungen von eigenen IT-Spezialisten oder von externen IT-Dienstleistern umgesetzt. Damit wird in Zukunft die Schnittstelle zwischen IT-Dienstleistungen und der Logistik zur Implementierung, Optimierung und Wartung der „Intelligenten Technologien“ erheblich an Bedeutung gewinnen. Denn diese Aufgaben verlangen einerseits ein Wissen zur Strukturierung technischer Abläufe, Programmierung und

Konfiguration von IT-Systemen und werden heute meist von (Fach-)Informatikern umgesetzt. Andererseits benötigen die IT-Spezialisten Detailkenntnisse über die logistischen Abläufe, um die IT-Systeme optimal in den Gesamtprozess integrieren zu können, wofür sie auf die betrieblichen Mitarbeiter und deren Prozesswissen zurückgreifen. Aber eine solche Entwicklung verlangt stellenweise ein stärkeres und detaillierteres Prozesswissen sowie ein höheres Planungswissen auf übergeordneten Ebenen. Dies könnte ein neues Aufgabenfeld für Planer (Prozessingenieure) oder z. B. einen „Prozesscontroller“ eröffnen.

In den untersuchten Unternehmen wurden nur sehr selten Experten vorgefunden, die die Implementierung und Wartung der neuen IdD-Technologien umgesetzt haben, da dies meist externe IT-Dienstleister waren. Aus diesem Grund wurde mit den Experten aus dem Zukunfts-Experten-Workshop ein Profil eines „Prozesscontrollers“ entwickelt.

Als Aufgaben des „Prozesscontrollers“ zeichnen sich wie folgt aus:

- Zusammenarbeit mit Ingenieuren und anderen Experten zur Software- und Produktkonzipierung und -entwicklung,
- Analyse der Arbeitsprozesse,
- Software-Anpassung/-Programmierung für die betriebsspezifischen Anforderungen,
- Schnittstellenherstellung zu anderen Bereichen, wie z. B. Disposition, Abrechnung,
- Installation von Software und zusätzlichen Diensten; Vernetzung mit anderen IT-Systemen,
- Implementierung des Systems im Arbeitsprozess (Montage, Installation, Anpassung und Einweisung der Mitarbeiter),
- Pflege, Wartung und Optimierung der Systeme (Telematikanwendung, RFID-Ausleser),
- Datenmanagement (Störmeldungen erfassen) und
- Steuerung, Stabilisierung und Optimierung logistischer Abläufe.

Generell werden sich alle Beschäftigten der mittleren Qualifikationsstufe höheren Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen müssen, da das Zusammenspiel und die Vernetzung von technischen Systemen in den Gesamtprozessen zunehmen werden. Besonders für die geringqualifizierten Mitarbeiter wird jedoch der Gestaltungsspielraum in ihrer Arbeit abnehmen. Denn Sie haben zukünftig weniger Eingriffsmöglichkeiten in den Arbeitsprozess und müssen häufig die vorgegebenen Arbeitsschritte nur noch abarbeiten.

6 Zukunft der Logistik- und Produktionsarbeit

Wie in der Logistik-Studie festgestellt wurde, sind bisher zum großen Teil weder die technologischen noch die organisatorischen Voraussetzungen für das „Internet der Dinge“ in den Unternehmen gegeben. Für eine nachhaltige Veränderung ist jedoch die Erfüllung beider Voraussetzungen notwendig. Um überhaupt in die Lage versetzt zu sein, Abläufe zu verändern, die z.B. eine Selbststeuerung ermöglichen, ist ein hohe technologische Ausbaustufe notwendig. Diese legt die Grundlage für die neue Stufe der industriellen Revolution. Zwar existieren teilweise Einzellösungen oder einzelne hochautomatisierte Produktionsstraßen – eine Vernetzung, die z. B. über das einzelne Unternehmen hinausgeht, ist jedoch noch nicht ersichtlich. Selbst bei weltweit agierenden Unternehmen konnte man kaum eine Vernetzung über mehrere Standorte identifizieren. Die Unternehmen haben hier eine ganz besondere Sensibilität, welche Daten das Unternehmen verlassen darf, daher muss zunächst an den organisatorischen Voraussetzungen eine Änderung herbeigeführt werden, um einen Schritt weiter in Richtung „Industrie 4.0“ zu kommen. So müssen Datenschutzfragen ebenso geklärt werden wie die Standardisierung von Datenschnittstellen. Bisher ist der ungehinderte Informationsaustausch meist auf das eigene Unternehmen und dort auf einzelne Prozessschritte begrenzt. Aktuell wird an der Entwicklung und Umsetzung von Sicherheitsstandards mit Hochdruck gearbeitet.

Die Produktion-Studie zum „Internet der Dinge“ von Zeller et al. (2012) kommt zu ähnlichen Schlussfolgerung über den Entwicklungsstand des IdD. Trotzdem zeigen die Ergebnisse einer Fraunhofer Studie zur „Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0“, dass die meisten Experten von einer Umsetzung hin zu „Industrie 4.0“ überzeugt sind. Gerade die Flexibilisierung der Produktion als ein wichtiger Standortvorteil für die Produktion in Deutschland wird dabei als wichtiges Ziel gesehen (Ganschar et al. 2013, S. 35):

„Industrie 4.0 adressiert nicht ausschließlich die Massenproduktion, sondern vor allem die Flexibilisierung der Produktion. Die intelligente Fabrik der Zukunft ist hochflexibel, hochproduktiv und ressourcenschonend. Dadurch wird die Individualisierung (Losgröße 1) zu den ökonomischen Konditionen eines Massenherstellers Realität.“ (Klaus Bauer, Trumpf)

„Derjenige, der flexibler auf Veränderungen reagieren kann, hat in Zukunft einen strategischen Vorteil.“ (Manfred Wittenstein, Wittenstein)

Die Experten sind sich jedoch auch sicher, dass die menschlich Arbeit der Schlüsselfaktor für die Produktivität bleiben wird (Ganschar et al. 2013, S. 38):

„Vollautomatisch werden wir den Flexibilitätsanforderungen der volatilen Märkte auf absehbare Zeit nicht Herr werden. Hier ist nach wie vor der Mensch mit seinen Fähigkeiten gefragt.“ (Dieter Spath, Fraunhofer IAO)

„Die Smart Factory wird nicht menschenleer sein, denn nach 35 Jahren Forschung im Bereich Künstliche Intelligenz ist mir klar, dass Menschen mit ihrer Alltagsintelligenz selbst gegenüber der besten Expertensoftware in Sondersituationen überlegen sind.“ (Wolfgang Wahlster, DFKI)

Dabei wird eine der großen Herausforderungen für die Zukunft die Beherrschung der Komplexität der Systeme sein. Eine Vielzahl von Informationen und Daten müssen richtig interpretiert und ausgewertet werden. Die Schnittstelle zum Menschen wird dabei eine entscheidende Rolle spielen. Auf welcher Basis werden zukünftig die Entscheidungen getroffen? Heute versuchen die Facharbeiter erfahrungsbasiert ihre Entscheidungen in der Produktion und der Logistik zu treffen und nutzen dazu Intuition und Berechnungen. In Zukunft soll durch die neue Datenqualität eine Entscheidungsfindung von Computerprogrammen übernommen werden. Offen bleibt, wie die Unterstützung für die Mitarbeiter aussehen wird.

7 Konsequenzen und Herausforderungen für die Arbeitswelt im Zeitalter „Industrie 4.0“

Die Ergebnisse der Logistik-Studie, der Fraunhofer-Studie zu „Industrie 4.0“ sowie die Erkenntnisse der Arbeitsgruppe zur Entwicklung von „Industrie 4.0“ (vgl. Kagermann et al. 2013) kommen zum Schluss, dass mit großer Wahrscheinlichkeit die fortschreitende IT-Durchdringung in den logistischen und fertigungsspezifischen Prozessen zu einem Abbau einfacher, manueller Tätigkeiten führt. Damit würde der Anteil der an- und ungelerten Mitarbeiter weiter zurückgehen. Die Zukunft des Facharbeiters ist im Zeitalter von „Industrie 4.0“ dagegen noch völlig offen. Die Entwicklung des Facharbeiters ist sehr stark davon abhängig, wie man Technik und Arbeitsgestaltung zukünftig miteinander verbinden möchte.

Eine Entwicklung hin zu autonom agierenden Systemen würde die Mensch-Maschine-Beziehung sehr stark verändern. Eine Implementierung dieser Technologie hat erhebliche Konsequenzen auf die Arbeitswelt. Dabei müssen die folgenden Zielrichtungen in Zukunft noch genauer betrachtet werden:

- Wie soll die Beziehung zwischen Mensch und IT-Systemen gestaltet werden, damit sich Menschen auf die von IT-Systemen generierten Situationen einstellen können,
- Wie soll die Balance der Intelligenz zwischen Menschen und Maschinen austariert werden.

Sowohl die Ergebnisse der Logistikstudie als auch der Arbeitsgruppe „Industrie 4.0“ kommen zu ähnlichen Aussagen zur zukünftigen Entwicklung. Danach bieten die Technologien zum „Internet der Dinge“ und „Industrie 4.0“ Optionen in folgende zwei Richtungen:

1. Die Technologien mit einem offenen Informationssystem werden so entwickelt und konfiguriert, dass auf dieser Basis der Mensch die Entscheidungen trifft oder
2. eine restriktive, kontrollierende Technologie wird umgesetzt, die auf der Basis von automatisch generierten Informationen eigenständig, selbständig Entscheidungen trifft.

Die Arbeitsgruppe „Industrie 4.0“ (Kagermann et al. 2013, S. 57) führt dazu an:

„Die Smart Factory enthält Gelegenheitsstrukturen für eine neue Arbeitskultur, die sich an den Interessen der Beschäftigten orientiert. [...] Über die Qualität der Arbeit entscheiden nicht die Technik oder technische Sachzwänge, sondern Wissenschaftler und Manager, welche die Smart Factory modellieren und umsetzen. Gefragt ist in diesem Zusammenhang eine sozio-technische Gestaltungsperspektive, in der Arbeitsorganisation, Weiterbildungsaktivitäten sowie Technik- und Software-Architekturen in enger wechselseitiger Abstimmung, „aus einem Guss“ mit dem Fokus darauf entwickelt werden, intelligente, kooperative, selbstorganisierte Interaktionen zwischen den Beschäftigten und / oder den technischen Operationssystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermöglichen.“

Windelband/Spöttl (2012, S. 217) entwickelten in ihrer Studie zwei Entwicklungsszenarien als Ergebnis aus den Zukunfts-Experten-Workshops:

- Entwicklung von Expertensystemen mit Werkzeugcharakter für qualifizierte Fachkräfte (Werkzeugscenario),
- Einschränkung der Autonomie versierter Fachkräfte durch das Vordringen avancierter Technik bei Anlagen und Maschinen in der Logistik (Automatisierungsszenario).

Wenn die zukünftige Entwicklung in Richtung Werkzeugscenario geht und der Mensch (Facharbeiter) eine Mitgestaltungsmöglichkeit erhält, kann „Industrie 4.0“ als „Assistenzsystem“ genutzt werden. Die Fachkompetenz der Fachkräfte wird dabei bei jedem Auftrag benötigt. Die Kompetenzanforderungen setzen voraus, dass die notwendigen Informationen zur Beherrschung der Arbeitsprozesse bereitgestellt werden und für die Kompetenzentwicklung passende Qualifizierungsansätze zur Verfügung stehen. Facharbeiter und Technologie würden sich hier gegenseitig kontrollieren und beeinflussen, jedoch würde der Mensch immer noch die Entscheidungsgewalt behalten. Der Facharbeiter wäre hier noch der „Lenker und Denker“ im System.

Schon Weyer (2007) sprach in einer Untersuchung bei Piloten von hybriden Systemen, die mit widersprüchlichen Entwicklungen verbunden sind, sowohl Gewinne als auch Verluste von Entscheidungsautonomie. Bezogen auf die Handlungssituationen der Unwägbarkeit der technischen Teilsysteme und die Grenzen ihrer Kontrollierbarkeit sprach Weyer von einem Typus von Arbeit, der sich vor allem durch den „Umgang mit Unsicherheit“ auszeichne (1997, S. 239). Ähnliche Entwicklungen sind auch bei „Industrie 4.0“ zu sehen. Gerade bei der Entwicklung zum Assistenzsystem werden die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Maschine ganz entscheidend sein. Gefragt ist in diesem Zusammenhang eine sozio-technische Gestaltungsperspektive, in der Arbeitsorganisation, Qualifizierung sowie Technikentwicklung und –gestaltung in enger wechselseitiger Abstimmung mit allen Beteiligten Zielgruppen (Entwickler & Anwender) entwickelt werden, um Interaktionen zwischen den Fachkräften und den technischen Systemen in beiden Richtungen zu ermöglichen.

Geht die Entwicklung zu einer höheren Eigenständigkeit der Prozesse, werden die Einfluss- und Gestaltungsmöglichkeiten für den Menschen (Facharbeiter) geringer, was zu einer

Abnahme der Kompetenzen für den Menschen führen wird. Je mehr Entscheidungen von Computerprogrammen übernommen werden, desto mehr verschwindet die Fähigkeit, mit komplexen Situationen umzugehen und die Arbeitswelt bewusst zu gestalten. Die Entwicklung zu „Industrie 4.0“ birgt die Gefahr, dass Erfahrungen, Wissen und Intuition der Facharbeiter durch Computerprogramme und Software ersetzt werden, die auf Statistiken, Algorithmen und Wahrscheinlichkeitsberechnungen beruhen. Diese ersetzen immer mehr die menschliche Entscheidung. Die Arbeit wird weiter standardisiert, digital quantifiziert, zu Parametern innerhalb von Algorithmen strukturiert. Ein deutlicher Indikator dafür ist die Nutzung von Datenbrillen für die Mitarbeiter. Hierüber werden genaue Anweisungen und Informationen weitergeben. Ergebnis ist eine neue Form eines digital basierten Taylorismus mit einer Neuauflage für die Spaltung zwischen Kopf- und Handarbeit. Damit wären die Mitarbeiter nur noch ein vernetztes Rädchen in einer „unmenschlichen Cyberfabrik“, ohne nennenswerte Handlungskompetenzen, entfremdet vom eigenen Arbeitsprozess durch eine fortschreitende Virtualisierung von Geschäfts- und Arbeitsvorgängen (vgl. Kurz 2013).

Damit werden in beiden Studien von Kagermann et al. (2013) und Windelband und Spöttl (2012) Entwicklungsrichtungen aufgezeigt, die nicht nur die Technologien in den Mittelpunkt stellen, sondern eine soziotechnische Gestaltungsperspektive mit dem Menschen im Zentrum haben. Dabei stellt sich jedoch die Frage, wird diese Entwicklungsrichtung von der Industrie bevorzugt? Oder möchte die Industrie die Fehlerquelle des Menschen weiter reduzieren, um perfekte und fehlerfreie technische Systeme zu entwickeln und zu implementieren?

8. Schlussfolgerungen für die Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“

Die Entwicklungsrichtungen zum Zeitalter „Industrie 4.0“ sind noch offen, die bisherigen Ergebnisse zeigen jedoch schon heute, dass die Entwicklungen zu neuen Formen der Arbeitsorganisation und soziotechnischen Systemen führen. Durch das Zusammenwachsen von IKT, Produktions- und Automatisierungstechnik und Software werden mehr Arbeitsaufgaben in einem technologisch, organisatorisch und sozial sehr breit gefasstem Handlungsfeld zu bewältigen sein (Kagermann et al. 2013, S. 59). Daneben werden die spezifischen Prozesskenntnisse zur Logistik und zur Produktion immer wichtiger. Damit wird in Zukunft die Schnittstelle zwischen den einzelnen Domänen an Bedeutung stark zunehmen und immer mehr verschmelzen. Ein mögliches Anforderungsprofil wurde im Abschnitt 5 mit dem „Prozesscontroller“ beschrieben.

Generell müssen sich die Beschäftigten höheren Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen. Besonders für die geringqualifizierten Mitarbeiter wird der Gestaltungsspielraum in ihrer Arbeit abnehmen. Sie müssen die vorgegebenen Arbeitsschritte nur noch abarbeiten, ohne gestalterisch oder planerisch in ihre Arbeit eingreifen zu können. Für die Facharbeitsebene kann die Entwicklung langfristig in eine ähnliche Richtung gehen, wenn die Steuerung der Prozesse und Entscheidung allein von den IT-Systemen umgesetzt wird (Automatisierungsszenario). Die Anforderungen an Entscheidungs- und Problemlösekompetenzen gehen für diese Beschäftigungsebene zurück, wenn es zu einer Dominanz von IT-Systemen kommt.

Für die weitere Entwicklung ist es deshalb von Bedeutung, welchen weiteren Weg man bei der Umsetzung von „Industrie 4.0“ gehen möchte. Das Szenario „Automatisierung“ mit einem tayloristischen Gestaltungsansatzes kann zu kurzzyklisch, hoch standardisierten, monotonen Arbeitsvollzügen führen (vgl. Kagermann et al. 2013). Nutzt man die Idee der Smart Factory als hochkomplexes, wandlungsfähiges und flexibles System, dann braucht das System auch Fachkräfte, die als Entscheider und Steuerer agieren. Wenn die Entwicklung in diese Richtung geht und der Facharbeiter dabei die Gestaltungs- und Entscheidungsfreiheit behält, kann die Technologie zu einer Art „Assistenzsystem“ genutzt werden. Dementsprechend steht der Facharbeiter höheren Komplexitäts-, Abstraktion- und Problemlösungsanforderungen gegenüber und benötigt eine Qualifizierung zum selbstgesteuerten Handeln, mit kommunikativen und prozessspezifischen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Kooperation mit den IT-Entwicklern, um sich auf diese teilweise völlig andersartigen technologischen Strukturen einzustellen. Wichtig wird dabei sein, die Fachkräfte von Anfang an in die Entwicklung mit einzubeziehen, um deren Expertenwissen auch optimal nutzen zu können.

Nimmt man an, dass eine Entwicklung zu einer höheren Eigenständigkeit der Systeme kurz- und mittelfristig stattfinden wird, dann wird sich das Aufgabenfeld der Beschäftigten verändern. Anspruchsarme Routinetätigkeiten werden zurückgehen, diese werden immer mehr von den IT-Systemen eigenständig behoben, dafür werden anspruchsvolle problemlösende Aufgaben anfallen, die nur von Fachkräften zu lösen sind.

Die weitere Entwicklung in die eine oder andere Richtung wird von verschiedenen Faktoren abhängig sein, u.a. von der Art der Produktion, wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, Verhältnis zwischen anspruchssarmen Routineaufgaben und anspruchsvollen problemlösenden Aufgaben, Integration der Fachkräfte in die Entwicklung der Technologien, Einführungsstrategien für neue Technologien, Akzeptanz der Technologien bei den Beschäftigten, Qualifikationskonzepte der Unternehmen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich mittelfristig in der betrieblichen Praxis begrenzte Insellösungen von „Industrie 4.0“ durchsetzen werden. Einzelne Teilsysteme in Unternehmen werden dabei autark und selbstorganisiert agieren. Dabei geht es nicht darum, Mensch und Technik gegeneinander auszuspielen, „... sondern durch eine durchgängige Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion zu einer neuen Qualität des Gesamtsystems“ zu verschmelzen wie Grote (2005, S. 67) formulierte. Wie in letzter Konsequenz die neuartigen Formen der Gestaltung der Mensch-Technik-Interaktion sowie der wechselseitigen Kontrolle von Mensch und Technik gestaltet werden, hängt sehr eng mit der Wechselbeziehung zwischen den technischen Teilsystemen und der menschlichen Handlung ab. Die Rolle des Menschen ist in diesen hybriden Systemen noch zu definieren.

Literaturverzeichnis

- Abicht, L. & Spöttl, G. (Hrsg.) (2012). *Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge - Trends in Logistik, Industrie und "Smart House"*. Bielefeld: W. Bertelmann.
- Becker, M. & Spöttl, G. (2008). *Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Brand, L., Hülser, H., et al. (2009). *Internet der Dinge - Perspektiven für die Logistik. Zukünftige Technologien Consulting Nr. 80*.
- Dworschak, B., Zaiser, H., Martinetz, S. & Windelband, L. (2011). *Logistik als Anwendungsfeld des „Internets der Dinge“ in der BMBF-Früherkennung*. In: *FreQueNz Zusammenfassung Internet der Dinge in der Logistik*. Herausgegeben von FreQueNz, 2011, 2-4. http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/Summary_logistik_final.pdf, Stand vom 23. 02. 2011.
- Ganschar, O., Gerlach, S., et al. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Hrsg.: Spath, D. Fraunhofer IAO. Stuttgart: Fraunhofer.
- Grote, G. (2005). *Menschliche Kontrolle über technische Systeme – Ein irreführendes Postulat*. In: Karrer, K., Gauss, B. & Steffens, C. (Hg.). *Beiträge der Forschung zur Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis*, Düsseldorf, 65-78.
- Kagermann, H., Wahster, W., et al. (Hrsg.) (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf, Stand vom 29. 07. 2013.
- Kurz, C. (2013). *Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt. Gewerkschaftliche Gestaltungsimpulse für „bessere“ Arbeit*. <http://www.gegenblende.de/24-2013/++co++c6d14efa-55cf-11e3-a215-52540066f352>, Stand vom 03. 01. 2014.
- Meyer, G. G. & Främling, K. (2009). *Intelligent Products: A survey*. In: *Computers in Industry* 60, 137-148.
- Ten Hompel, M. & Bullinger, H.-J. (2007). *Internet der Dinge*. Berlin [et al.]: Springer.
- The PROMISE Consortium (2008). *Architecture Overview*. PROMISE Architecture Series. Finland, Promise Innovation Oy. Volume 1.
- Weyer, J. (1997). *Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen*. In: *Zeitschrift für Soziologie*, Jg. 26 (4), 239-257.
- Weyer, J. (2007). *Autonomie und Kontrolle. Arbeit in hybriden Systemen am Beispiel Luftfahrt*. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, Jg. 16 (2), 35-42.

Windelband, L. & Spöttl, G. (2012). Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In: Faßhauer, U., et al. (Hrsg.), Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen. Opladen & Farmington Hills: Barbara Budrich, 205-219.

Windelband, L. (2006), Früherkennung des Qualifikationsbedarfs in der Berufsbildung. Bielefeld: Bertelsmann.

Windelband, L., et al. (2011). Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge. Zusammenfassung. FreQueNz. Bonn: bmbf, 4-9.

Windelband, L., Fenzl, C., et al. (2012). Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der Logistik. In: Abicht, L. & Spöttl, G. (Hrsg.), Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge - Trends in Logistik, Industrie und "Smart House". Bielefeld: W. Bertelmann, 103-192.

Zeller, B., Achtenhagen, C. et al. (2012). Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der industriellen Produktion. In: Abicht, L. & Spöttl, G. (Hrsg.), Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge - Trends in Logistik, Industrie und "Smart House". Bielefeld: W. Bertelmann, 193-267.

Autor

Prof. Dr. Lars Windelband

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Institut für Bildung, Beruf und Technik, Abteilung Technik und ihre Didaktik

Oberbettringer Straße 200, 73525 Schwäbisch Gmünd

lars.windelband@ph-gmuend.de

Zitieren dieses Beitrages:

Windelband, L. (2014). Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 2 (Heft 2), S. 138-160.