

# Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0



**LARS WINDELBAND**  
Prof. Dr., Professor für Technik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd



**BERND DWORSCHAK**  
Mitarbeiter im Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart

**Die Verselbstständigung von IT-Systemen nimmt in der Entwicklung hin zu Industrie 4.0 Schritt für Schritt weiter zu, sodass sich Arbeit und Rolle von Fachkräften in Zukunft stark verändern werden. Die fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung der Arbeitswelt, die schon mit der Entwicklung des Internets der Dinge begann, wird zu Veränderungen in der Arbeitsorganisation, in den Arbeitsprozessen und damit in den Arbeitsanforderungen sowie in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine führen. Basierend auf Ergebnissen zur Früherkennung von Qualifikationen zum Internet der Dinge im Produktionsbereich wird im Beitrag dargelegt, welche Weiterentwicklung es in den letzten fünf Jahren gegeben hat und welche Schlüsse daraus für die Kompetenzentwicklung im Zeitalter von Industrie 4.0 gezogen werden können.**

## Vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0

Aktuell werden die Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 stark diskutiert. In welchem Zusammenhang aber stehen Industrie 4.0 und Internet der Dinge?

Bei Industrie 4.0 entstehen aus physischen Komponenten – zum Beispiel einer Werkzeugmaschine – durch die Integration von Rechnerleistung und einer Verbindung mit dem Internet sogenannte cyber-physische Systeme (CPS). Damit wird auf dem Konzept des Internet der Dinge aufgebaut, in dem Alltagsgegenstände der physischen Welt mit der digitalen Welt verknüpft werden. Um dies zu erreichen, werden Gegenstände, Räume oder Maschinen mit Kommunikationsmodulen ausgestattet, die es erlauben, Daten per Funk zu übertragen. Das Internet der Dinge wird dabei als Begriff für die Infrastruktur verwendet, in welcher unterschiedliche Gegenstände miteinander kommunizieren und Daten direkt verarbeitet werden.

In Industrie 4.0 geht der Vernetzungsgedanke weiter, indem alle Etappen des Wertschöpfungsprozesses von der Planung bis zur Auslieferung an den Kunden außerhalb und innerhalb des Unternehmens (»intelligente« Fabrik) miteinander vernetzt werden. Dabei organisieren intelligente Maschinen selbstständig die Fertigungsprozesse, Service-Roboter montieren zusammen mit Menschen neue Produkte, intelligente fahrerlose Transportfahrzeuge erledigen eigenständig Logistikaufträge. Über die intelligente

Fabrik hinaus werden Produktions- und Logistikprozesse künftig weltweit über das Internet verzahnt, um den Materialfluss zu optimieren, um mögliche Fehler in der Logistik und Produktion erst gar nicht entstehen zu lassen und um hochflexibel auf veränderte Kundenwünsche reagieren zu können.

## Internet der Dinge – Projekt »industrielle Produktion« aus Frequenz

In den Jahren 2009 bis 2010 wurden drei Forschungsprojekte zu den gegenwärtigen und zukünftigen Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge in den Feldern Logistik, industrielle Produktion und »Smart House« umgesetzt, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurden (vgl. ABICHT/SPÖTTL 2012; www.frequenz.net). Ziel der Projekte war die 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.

Im Folgenden werden Ergebnisse aus dem Projekt »Industrielle Produktion« dargestellt (vgl. Infokasten), um zu zeigen, inwieweit sich die Vorhersagen von 2009/2010 bis heute bestätigten und wie sich die Anforderungen in den betrachteten Bereichen durch Industrie 4.0 verändern werden.

Innerhalb des Projekts wurden vier Anwendungsfelder für das Internet der Dinge identifiziert und es wurde betrachtet, wo bereits eine Nutzung der Technologien zum Internet der Dinge im Fertigungsbereich der Unternehmen zu erkennen war, auch wenn dies oftmals nur in Pilotprojekten oder einzelnen Testbereichen der Produktion der Fall war (vgl. ZELLER/ACHTENHAGEN/FÖST 2012, S. 196):

- bei der transparenten Überwachung, Steuerung und Wartung von Maschinen und Anlagen zur ganzheitlichen Optimierung der Produktion (intelligente und miteinander kommunizierende Maschinen/Anlagen),
- im Rahmen des gesamten Fertigungsprozesses bei der Überwachung von Produkten mithilfe von Speichern, Prozessoren etc., die Informationen zur Identifikation und zum geplanten sowie dem tatsächlichen Produktionsablauf enthalten (Informationsspeicherung am Produkt),
- innerhalb des produktionsinternen Logistikprozesses – z. B. bei der Lokalisierung von Produkten, Bedarfs- oder Bestandsmeldungen zur intelligenten Materialbeschaffung (mittels Sensoren zum Zweck effizienterer Produktionsprozesse),
- bei einer völligen Dezentralisierung des gesamten Produktionsprozesses, der sich durch Kommunikation und Verhandlungen der Speicher, Prozessoren etc. untereinander selbst planen, organisieren und überprüfen könnte (sogenannte Digitale Fabrik).

#### Projekt »Zukünftige Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der industriellen Produktion«

**Forschungsmethode:** Kooperatives Analyseverfahren mit Experteninterviews und Workshops mit Vertreterinnen und Vertretern aus der Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft

**Projektbeteiligte:** Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gGmbH und Institut für Mikro- und Informationstechnik der HSG e.V. (HSG-IMIT)

Für den Bereich der Instandhaltung von Produktionsanlagen werden die identifizierten Veränderungen in den Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen genauer beschrieben, da dieser als eines der wichtigsten Integrationsfelder für Industrie 4.0 neben der Produktionsüberwachung, Planung und Simulation von Produktionsprozessen und dem Einsatz von Leichtbaurobotern (vgl. GORECKY/SCHMITT/LOS KYLL 2014; WINDELBAND/DWORSCHAK 2015) gesehen wird.

Die Instandhaltung hat im Wesentlichen die Aufgabe, die Funktionsfähigkeit der Anlage innerhalb der Produktion zu gewährleisten bzw. wiederherzustellen (vgl. BIEDERMANN 2014). Die Projektergebnisse zeigten hier eine Entwicklung zu einer zustandsorientierten Instandhaltungsstrategie der Unternehmen, d. h. die Maschinen geben

immer häufiger eine Rückmeldung, wann sie gewartet werden sollen. Dabei ist es das Ziel, den aktuellen Zustand einer Maschine mit ausgewählten messbaren Indikatoren zu beobachten und zu bewerten.

Diese Veränderung in der Instandhaltungsstrategie führt zur Aufgabenverlagerung der Fachkräfte in folgende Richtung (vgl. ZELLER/ACHTENHAGEN/FÖST 2012, S. 240):

- die regelmäßige Maschinenwartung wird bedarfsorientiert bei steigender Komplexität der Wartungsarbeiten durchgeführt;
- rein mechanische oder elektronische Komponenten werden zu kombinierten Elementen (etwa in den Bereichen Elektromechanik oder Netzwerktechnik);
- Sensoren/Netzwerke sowie Wartungs- und Prüfprogramme werden wichtiger.

Für die Zielgruppe der Instandhalter/-innen konnte schlussfolgernd eine vertiefte Kombination von mechanischen, elektronischen sowie IT-Kenntnissen und Kenntnissen der Funktechnologie abgeleitet werden. Gleichzeitig wurde eine zunehmende Komplexität der Steuerungen und eine damit verbundene Intransparenz der Maschinenkommunikation identifiziert, die zu einer Erhöhung der überfachlichen Kompetenz führen sollte. Als Beispiele werden angeführt:

- das Vorhalten von Methoden, um gesamte Produktionsabläufe schnell internalisieren und analysieren zu können;
- mit abstrakten Informationen umgehen;
- sich zeitnah erforderliche Informationen beschaffen;
- Problemlösungsprozesse organisieren sowie neue Kommunikationswege nutzen (vgl. ACHTENHAGEN 2010, S. 8).

Es stellt sich abschließend die Frage: Was ist heute von den Vorhersagen eingetroffen und wie entwickeln sich die Qualifikationsanforderungen im Kontext der Industrie 4.0 in der Instandhaltung weiter?

### Veränderungen der Qualifikationsanforderungen

Viele der heutigen Unternehmen in der industriellen Produktion haben noch nicht mal den Stand der zustandsorientierten Instandhaltung mit den »Internet-der-Dinge-Technologien« erreicht, obwohl schon der nächste Entwicklungsschritt zu einer vorausschauenden Instandhaltung innerhalb der Entwicklungen zu Industrie 4.0 eingeleitet wurde. Die vorausschauende Instandhaltung setzt bereits in der Planungsphase ein und ermittelt den optimalen Zeitpunkt für absehbare Instandhaltungsmaßnahmen. Hierzu werden unterschiedliche Maschinenzustände mittels Sensoren erfasst und automatisiert auf vorher bestimmte Werte überprüft, die auf eine mögliche Störung hinweisen.

Somit können sich abzeichnende Ausfälle bereits im Vorfeld erkannt und frühzeitig Maßnahmen eingeleitet werden. Diese Weiterentwicklung wird das Aufgabenfeld des Instandhalters/der Instandhalterin weiter verändern, da eine Vielzahl an Daten für die Sensoren gesammelt werden. Dabei werden Instandhalter/-innen immer mehr zu Daten-Analysiker/-innen entlang der Wertschöpfungskette (vgl. WINDELBAND 2016).

Ergebnis ist ein Wandel in der Instandhaltungsstrategie der Unternehmen von einer reparaturorientierten zu einer zustandsorientierten und vorausschauenden Instandhaltung. Im Vergleich zum Untersuchungszeitpunkt 2010 ist die Komplexität der Gesamtsysteme weiter gestiegen. Auch die technischen Hilfsmittel innerhalb der Instandhaltung neben den eingesetzten Sensoren entwickeln sich weiter: Z. B. vereinfacht sich die Datenabfrage durch neue Diagnosetools, die mobile Kommunikation erfolgt mittels Smartphone/Tablet oder eine Datenbrille ermöglicht die Visualisierung der Gesamtprozesse. Sogenannte Service-Apps für Werkzeugmaschinen waren 2010 eher noch Zukunftsmusik, heute werden diese teilweise in einigen Unternehmen der Maschinenbaubranche eingesetzt.

Das Instandhaltungspersonal steht damit insbesondere vor höheren Anforderungen bei der Interpretation von Informationen (Datenanalyse). Entscheidend wird sein, dass der Fachkraft nur die für den Arbeitsprozess notwendigen Informationen zur Instandhaltung zur Verfügung gestellt werden. Hier sind vor allem Analysefähigkeiten und Methodenkompetenzen notwendig, um mit abstrakten Informationen umgehen zu können und einen schnellen Überblick über den Produktionsprozess zu gewinnen. Gleichzeitig steigt der Anteil von Planungs- sowie Koordinierungsaufgaben mit anderen Abteilungen, Herstellern oder Kunden. Dazu werden immer mehr neue technische Hilfsmittel wie Tablet, Smartphone oder Datenbrille eingesetzt. Die Verschmelzung von IT-Systemen mit elektronischen sowie mechanischen Systemen wurde schon in der Studie aus dem Jahre 2010 sehr gut herausgearbeitet.

Insgesamt kann man folgende Anforderungen und Aufgaben für die Instandhaltung herausheben, die für die Anforderungen »Industrie 4.0« hinzukommen:

- IT-gestützte Fehlerdiagnose unter Nutzung von Assistenz- und Diagnosesystemen,
- Netzwerkanalyse, -überwachung und -erweiterung,
- IT-gestützte Dokumentation und Wissenstransfer über die gesamte Wertschöpfungskette (Hersteller, Kunden, Expertinnen und Experten),
- Wissen über Prozesszusammenhänge innerhalb von Industrie 4.0.

Dabei ist ein Denken und Agieren in vernetzten Systemen beim Instandhalten und bei der Inbetriebnahme der Produktionsanlagen sowie der Steuerung der Anlagen unter

Beachtung des Datenschutzes und der Datensicherheit notwendig.

In wie vielen Unternehmen diese Entwicklungen schon Realität sind, kann nur schwer abgeschätzt werden, da dies stark von der Größe der Unternehmen und der Branche abhängt. Auch ist die Frage nach den Konsequenzen für die berufliche Bildung noch nicht beantwortet (vgl. WINDELBAND 2016):

- Sind ganz neue Berufsbilder für Industrie 4.0 notwendig, die vor allem software- und informationstechnische Inhalte neben produktionsspezifischen Inhalten zum Gegenstand haben?
- Werden elektrotechnische und metalltechnische Berufsbilder um software- und informationstechnische Inhalte ergänzt?
- Oder ist eine Ausweitung existierender Berufsbilder notwendig, wie der/die Mechatroniker/-in oder der/die Mechatroniker/-in mit einem Schwerpunkt IT?

### Forschungsdesiderate im Forschungsfeld »Instandhaltung – Industrie 4.0«

Eine Weiterentwicklung vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0 ist in vielen Bereichen sehr wahrscheinlich, schon heute werden vermehrt intelligente Objekte, mobile Geräte, das Internet der Dienste oder auch cyber-physische Systeme in der Produktion eingesetzt. Nutzt man die Idee der Smart Factory als hochkomplexes, wandlungsfähiges und flexibles System mit dem Menschen im Mittelpunkt, dann braucht das System auch Fachkräfte, die entscheiden, steuern, instand halten und als Expertinnen und Experten agieren. Folgende Forschungsdesiderate bleiben in diesem Zusammenhang offen:

- Was sind die aktuellen und zukünftigen Veränderungen durch Einführung und Umsetzung neuer Instandhaltungsstrategien innerhalb von Industrie 4.0? Wie groß ist deren Reichweite in der Industrie und angrenzenden Bereichen? Wie viele und welche Mitarbeitenden betrifft dies zukünftig?
- Welche erforderlichen Kompetenzen lassen sich daraus für die Fachkräfte auf der mittleren Beschäftigungsebene im Bereich »Instandhaltung 4.0« ableiten?
- Wie müssen sich gegebenenfalls die produktionstechnisch relevanten Berufe bzw. Berufsbilder für den Instandhaltungsbereich weiterentwickeln?

Für die Beantwortung der Forschungsfragen werden Forschungsprogramme benötigt, die Bildungs- und Qualifikationsfragen im Zentrum haben und nicht nur die Technologieentwicklung innerhalb von Industrie 4.0.

## Ausblick: Früherkennungsforschung ist wichtiger denn je

Es stellt sich die Frage: Warum sind die beschriebenen Entwicklungen bisher nur rudimentär erforscht? Es gibt nur wenig empirische Forschungsprojekte, die die Veränderungen konkret auf der Arbeitsebene, in den Arbeits- und Geschäftsprozessen in den Unternehmen erfassen. Oftmals werden allein Technologieentwicklungsprogramme umgesetzt sowie allgemeine Unternehmensbefragungen durchgeführt, die nur die Führungs- und Leitungsebene adressieren. Zu wenig werden etablierte forschungsmethodische Instrumente der Früherkennungsforschung eingesetzt. Hier zeigt sich der Fehler der Politik, die Früherkennungsforschung in Deutschland nicht weiter fortzuführen.

Die Früherkennungsforschung hatte genau die Zielstellung, die heute in anderen Forschungsprogrammen nur ansatzweise berücksichtigt wird. Im Mittelpunkt der Forschung stand die Untersuchung neuer Qualifikationen in der Früh-

phase ihrer Entstehung und die Beurteilung ihrer zukünftigen Entwicklung (vgl. BULLINGER/TOMBEIL 2000, S. 23). In der ersten Phase der Früherkennungsinitiative (1999 bis 2008) wurden dafür unterschiedliche Methoden, Instrumente und Verfahren entwickelt und praktisch erprobt (u. a. Trendanalysen, Stellenanzeigenanalysen, Fallstudien und Betriebsbefragungen). Der Kern der Früherkennungsansätze konzentriert sich vor allem auf eine Analyse auf der Mikroebene. Dabei werden Veränderungen der Qualifikationsanforderungen innerhalb von Berufen und Arbeitsprozessen und damit innerhalb der betrieblichen Arbeitswelt identifiziert. Schlussfolgernd sollen Informationen bereitgestellt werden, um eine systematische Beobachtung der Qualifikationsentwicklung zu ermöglichen (WINDELBAND 2015, S. 719).

Auf dieser Grundlage wäre es möglich, die Entwicklungen vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0 kontinuierlich zu beobachten und daraus Schlussfolgerungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten zu ziehen. ◀

---

### Literatur

ABICHT, L.; SPÖTTL, G. (Hrsg.): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge. Bielefeld 2012

ACHTENHAGEN, C.: Der Einsatz neuer Technologien im Sinne des »Internets der Dinge« in der industriellen Produktion. In: FreQueNz-Newsletter 2010, S. 7–8

BIEDERMANN, H.: Anlagenmanagement im Zeitalter von Industrie 4.0. In: BIEDERMANN, H. (Hrsg.): Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0 – Herausforderungen und Lösungen. Köln 2014, S. 23–32

BULLINGER, H.-J.; TOMBEIL, A.-S.: FreQueNz – ein Informationsnetz zur Früherkennung von Qualifikationserfordernissen. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Qualifikationen erkennen – Berufe gestalten. Bielefeld 2000, S. 15–43

GORECKY, D.; SCHMITT, M.; LOSKYLL, M.: Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie-4.0-Zeitalter. In: BAUERNHANSL, T.; TEN HOMPEL, M.; VOGELHEUSER, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden 2014, S. 525–542

WINDELBAND, L.: Veränderungen in der Arbeitswelt, Kompetenzen und Lernen in der »Instandhaltung 4.0«. In: lernen & lehren 2016 1 (im Erscheinen)

WINDELBAND, L.: Früherkennung von Qualifikationserfordernissen. In: KLEBL, M.; POPESCU-WILLIGMANN, S. (Hrsg.): Handbuch Bildungsplanung. Ziele und Inhalte beruflicher Bildung auf unterrichtlicher, organisationaler und politischer Ebene. Bielefeld 2015, S. 769–792

WINDELBAND, L.; DWORSCHAK, B.: Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbau-robotik. In: HIRSCH-KREINSEN, H.; ITTERMANN, P.; NIEHAUS, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden 2015, S. 71–86

ZELLER, B.; ACHTENHAGEN, C.; FÖST, S.: Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge in der industriellen Produktion. In: ABICHT, L.; SPÖTTL, G. (Hrsg.): Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge. Bielefeld 2012, S. 193–267