

# Mobile IIoT-Technologien in hybriden Lernfabriken

Szenariobasierte Entwicklung von Prozessverständnis als Basis für Handlungskompetenz im Anwendungszentrum Industrie 4.0

Malte Teichmann, André Ullrich, Benedict Bender und Norbert Gronau, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme, Potsdam

Der Wandel zur automatisierten Produktion, die fortschreitende Digitalisierung der Wertschöpfungsprozesse sowie die stetige Implementierung von mobilen Industrial Internet of Things-Technologien (IIoT) in diese zur Unterstützung der Mitarbeiter stellen betriebliche Weiterbildung vor Herausforderungen. Komplexere Anforderungen und veränderte Tätigkeitsprofile erfordern Handlungskompetenzen bei Mitarbeitern im Sinne der Fähigkeit, in unbekanntem Situationen auf Basis eigenen Könnens handlungsfähig zu bleiben [1]. Jene sowie dafür notwendiges umfassendes Verständnis gegenüber digitalisierten Produktionsprozessen [2] kann jedoch durch konventionelle Lehrmethoden nicht realisiert werden, da diese der erhöhten Anforderungskomplexität und den komplexen Rückkopplungen im Rahmen der Steuer- und Regelkreise nicht gerecht werden können. Diese Aspekte aufgreifend wird im Folgenden ein szenariobasierter Weiterbildungsansatz für eine Lernfabrik vorgestellt, der insbesondere die Potenziale mobiler IIoT-Technologien zur Ausgestaltung dieser in den Blick nimmt.

Aufgrund gestiegener Anforderungen an die Flexibilität der Wertschöpfungsprozesse sind mobile IIoT-Technologien zum festen Begleiter der Mitarbeiter geworden. Digitalisierte Arbeitsprozesse erfordern von diesen die Handlungskompetenz, fluiden Situationen auf Basis eigenen Wissens und der Fähigkeit, dieses in situationsspezifische Kontexte setzen zu können, adäquat begegnen zu können. Dafür ist zuerst die Herausbildung eines umfassenden Prozessverständnisses [2] gegenüber digitalisierten Arbeitsumgebungen elementar. Beide Aspekte können in klassischen Lehrformaten (z. B. Frontalunterricht) nicht vermittelt werden. Erwachsene Lerner profitieren zudem vom Aufbau auf vorhandene Kenntnisse [3] und von nah am realen Arbeitsprozess angesiedelten Lerneinheiten [4]. Durch Implementierung mobiler IIoT-Technologien als realitäts- und prozessnahe Kommunikationsschnittstellen zwischen Mensch, Maschine(n) und digitalisierter Produktion in szenariobasierte Lernfabriken erwachsen Chancen hinsichtlich einer prozess- und arbeitsplatzorientierten Weiterbildung. Die darin gewonnene Prozessvertrautheit der Lerner ist Grundlage für eine erfolgreiche (Neu-)Entwicklung bestehender (Handlungs-)Kompetenzen. Bei Letzterer müssen gleichermaßen die individuellen Dispositionen der Adressierten

hinsichtlich der Relevanz intrinsischer Motivation für erfolgreiches Lernen [3] sowie der Wertsteigerung menschlicher Erfahrung in zunehmend digitalisierten Arbeitsumfeldern [5] im Fokus stehen.

## Mobile IIoT-Technologien auf dem shopfloor

Bezüglich der didaktischen Nutzbarmachung von mobilen IIoT-Technologien eignet sich eine Orientierung an der intelligenten Uhr, dem intelligenten Handschuh und AR-Brillen; diese haben für Arbeiten in realen Produktionsprozessen erheblich an Bedeutung gewonnen [6]. Diese IIoT-Technologien stehen einzelnen Mitarbeitern zur Verfügung und bieten sich dementsprechend als Lernhilfen in Lernumgebungen an. Ergänzend können Tablets eingesetzt werden. Aufgrund ihrer weitreichenden Verbreitung auch im privaten Umfeld sind diese vielen Mitarbeitern bereits vertraut.

## Intelligente Uhr

Eine intelligente Uhr (häufig auch „Smart Watch“) ermöglicht durch die integrierte

### Using Mobile IIoT-Technologies in Hybrid Learning Factories – a Scenario-Based Development of Acting Capability in the Application Center Industry 4.0

Recently, implementation procedures of automatic production, digitalization and Industrial Internet of Things technologies (IIoT) play an increasing role in industrial manufacturing processes. Subsequently, the competence requirements for employees change. These changes cannot be anticipated by traditional learning approaches. The following contribution faces this challenge and will show a new integrated learning factory approach which combines the application of new technologies with a flexible production environment. Thus establishing production surroundings that are familiar to the learner. The contribution demonstrates this approach using a quality control process in the context of logistics.

#### Keywords:

mobile IIoT-technologies, learning scenario, application center Industrie 4.0, digital learning factory

B.A. Malte Teichmann arbeitet als studentischer Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme an der Universität Potsdam.

Dipl.-Kfm. André Ullrich arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme und ist Leiter des Bereichs Lernfabrik im Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 an der Universität Potsdam.

M. Sc. Benedict Bender arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme und ist Bereichsleiter für Internet of Things-Technologien im Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0.

Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Gronau ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme sowie Direktor des Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 an der Universität Potsdam.

mteichmann@swi.de  
www.Industrie40-live.de



**Bild 1: Lernfabrik im  
Forschung- und Anwen-  
dungszentrum Industrie  
4.0.**

Anbindung (zumeist mittels Bluetooth) die gezielte Bereitstellung von Informationen sowie Übermittlung von Benachrichtigungen (auch mittels haptischer Rückmeldungen) und wird damit eher zur Einwirkung (wenngleich nur mittelbar) auf den Prozess genutzt. Die Interaktion kann dabei sowohl Maschine zu Mensch als auch Maschine zu Maschine umfassen. Für jeweilige Umgebungen können kontextrelevante Informationen bereitgestellt werden. Haptische Sensoren ermöglichen die Erfassung des Bewegungsablaufs. Darüber hinaus bieten sich beispielsweise im Einsatzfeld der Feinmechanik optische Sensoren an, um Helligkeitsinformationen zu ermitteln und die Hintergrundbeleuchtung entsprechend anzupassen [6].

## Intelligenter Handschuh

Ein intelligenter Handschuh zeichnet sich durch Integration von Sensorkomponenten in jeweilige Materialien aus. Diese können unterschiedliche physische Messgrößen erfassen: So sind beispielsweise Druck- oder Temperaturmessungen im Arbeitsablauf zur Qualitätssicherung möglich. Die Tätigkeitsform ist auf Wahrnehmung beschränkt, da die Einwirkung selbst bzw. die dahinterliegende Reaktion durch den Mitarbeiter erfolgt. Bezüglich Interaktionsform sind Mensch (in jedem Fall) und Maschine als Rückmeldung möglich. Haptische Sensoren stellen zumeist die typischste Form dar, wobei auch optische, z. B. in der Werkstofftechnik, möglich sind. Kommunikationsschnittstellen sind unerlässlich, da die Technologie gerade im Zusammenspiel mit anderen Komponenten und damit verbundener Informationsverfügbarkeit Potenziale ausschöpft [6].

## Augmented Reality-Brille

Eine AR-Brille ermöglicht die gezielte Einblendung von Informationen in das Sichtfeld.

Sie wird für die Erkennung von Umweltmerkmalen, den Abruf von Informationen in Kooperation mit anderen Technologien sowie die Einbindung von Informationen oder Bedarfen anderer Standorte eingesetzt. Ein Anwendungsfeld ist etwa die Unterstützung in der Montage. Hier werden sowohl Anleitungen (Informationsbereitstellung) als auch Überprüfung von Arbeitsschritten (aktive Unterstützung) bereitgestellt. Die Tätigkeitsform umfasst zumeist die Wahrnehmung (z. B. durch optische Kame-

ras) und die mittelbare Einwirkung durch die Bereitstellung von Informationen. Die Interaktion kann zum Menschen oder zur Maschine erfolgen und unterstützt die Anpassung an die Umgebung überwiegend durch Kontextinformationen. Neben optischen können weitere Sensoren, z. B. Lage- und Beschleunigungssensoren, ergänzend zum Einsatz kommen [6].

Die Schulung des Umgangs mit mobilen IIoT-Technologien allein kann noch nicht als Herausbildung von Prozessverständnis oder Handlungskompetenzen verstanden werden. Zwar kann die Handhabung durch die Auseinandersetzung mit der jeweiligen Technologie verbessert werden, ein Verständnis von prozessualen Zusammenhängen bzw. den inhärenten individuellen Handlungsoptionen innerhalb der digitalisierten Arbeitsumgebung bleibt jedoch aus. Werden mobile IIoT-Technologien jedoch als Lernhilfen verstanden und in den Kontext von Szenarien in Lernfabriken gesetzt, kann die Generierung von Handlungskompetenzen bzw. notwendiger Prozessvertrautheit durch Einbezug einer prozess- und realitätsnahen Lernumgebung gelingen.

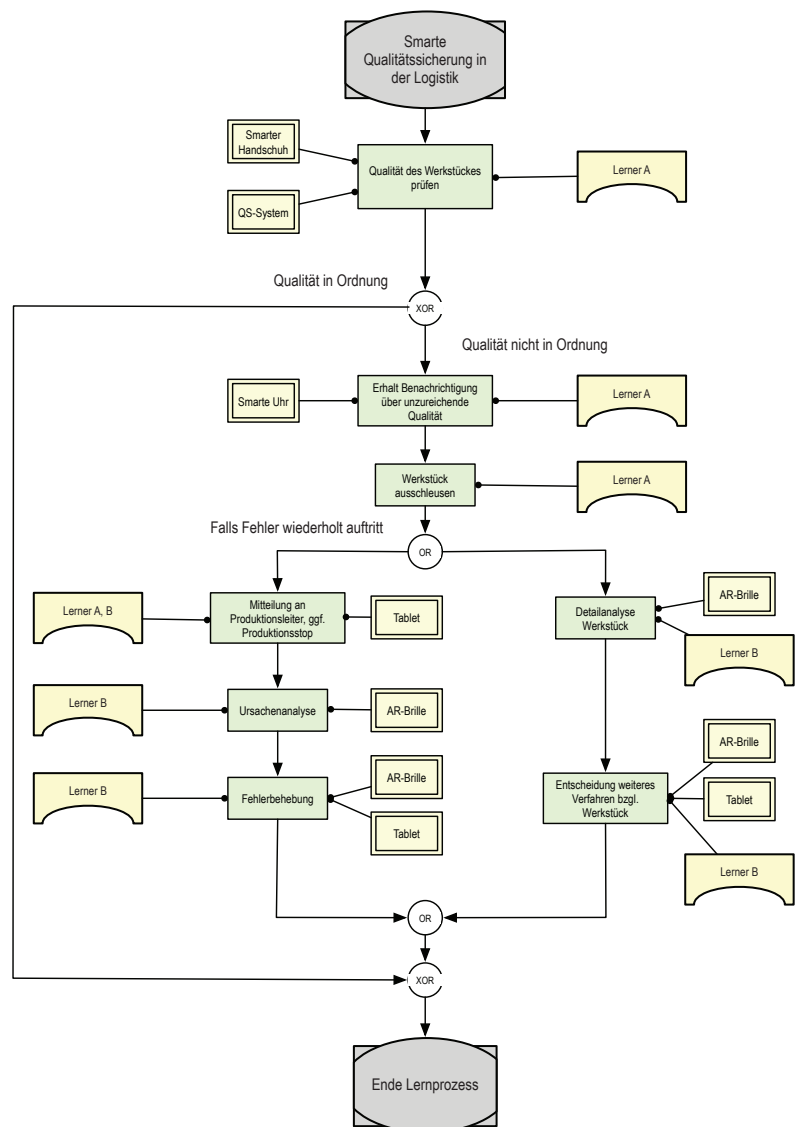
## Das Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0

Lernfabriken ermöglichen Simulationen von Produkten, Prozessen und Ressourcen in einer erlebnisorientierten [7] sowie partizipativen Lernumgebung. Die darin abgebildeten interdisziplinären sowie mehrdimensionalen Lernsituationen ermöglichen es, sowohl Wissen über Prozesse und Abläufe als auch konkrete Handlungsfähigkeit innerhalb dieser zu entwickeln [8]. Dabei kommen die direkte, fassbare Anwendung von Lerninhalten sowie die Abbildung realer Betriebsstrukturen zum Einsatz. Beteiligte Akteure können in einer geschützten Lernumgebung

neue Technologien und verbundene Abläufe ausprobieren und gemäß eigener Dispositionen Verständnis für digitalisierte Arbeitsprozesse sowie prozessnahe Handlungskompetenzen entwickeln. Insbesondere die Möglichkeit der passgenauen Konfiguration an die Erfahrungen und Voraussetzungen der Lerner sowie praxisorientierte Lerninhalte machen die Lernfabrik zu einem didaktischen Instrument, welches sowohl individuelle Interessen als auch unternehmerische Bedürfnisse in den Blick nimmt.

Das Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 (Bild 1) greift diese Aspekte auf und ermöglicht die praktische Umsetzung arbeitsplatzorientierter Weiterbildungsformate durch eine hybride Simulationsumgebung, die virtuelle und reale Produktionskomponenten und damit die Vorteile beider Bereiche vereint [9]. Dies ermöglicht neben der Konstruktion realitätsnaher und authentischer Lernszenarien ebenfalls die Analyse und Gestaltung industrieller Wertschöpfungsprozesse und -netzwerke. Diese Szenarien können vorhandenes Erfahrungswissen aktivieren und helfen, neue Kenntnisse zu erwerben. In jenen werden – angelehnt an reale Produktionsabläufe und deren spezifische Bedingungen – die Teilnehmer darin befähigt, selbstständig und strukturiert sowohl ein umfassendes Prozessverständnis als auch Handlungskompetenzen zu entwickeln [10].

Wesentliche physische Komponenten der Lernfabrik sind Werkstücke, Maschinendemonstratoren mit hoher Interoperabilität sowie das flexible Transportsystem, welches diese verbindet. Eine aufwandsarme Integration neuer Hardware in die Simulationsumgebung ist einfach möglich. Die Betriebssoftware ist dazu ausgelegt, bspw. Sensoren oder Aktoren, die Standardkommunikationsprotokolle wie OPC UA verwenden, schnell integrieren zu können. Der hybride Aufbau ermöglicht eine realitätsnahe Abbildung betriebsnaher Prozesse, wobei einzelne Produktionsschritte mithilfe der Demonstratoren und mit Displays ausgestatteter Werkstücke nachempfunden werden können (eine Konfiguration gemäß betriebsspezifischer Produktionsschritte ist dabei ebenfalls möglich). Reale Entitäten aus dem Betrieb der Teilnehmer können so detailgetreu simuliert werden. Das Anwendungszentrum eignet sich insbesondere zur Schulung von in der Produktion tätigen Mitarbeitern, da die vorhandenen physischen und digitalen Elemente passgenau auf die im Betrieb gegebenen Ausgangsbedingungen und individuellen Dispositionen der Teilnehmer angepasst werden können, indem reale Produktionsprozesse abgebildet werden.



**Bild 2: Prozesshafte Abbildung des Lernszenarios.**

Zusammengefasst ermöglicht die Darstellung simulierter Fertigungsprozesse mit unterschiedlichen Tätigkeitsprofilen eine große Auswahl an individuellen Lernmöglichkeiten. Teilnehmer können in geschützter Umgebung bspw. Prozessmodifikationen initiieren, die direkten Auswirkungen ihres Handelns beobachten und Erfahrungen sammeln. Darauf aufbauend können Kenntnisse gegenüber digitalisierten Prozessen sowie weiterführend Handlungskompetenzen entwickelt werden. Elementar ist die kontinuierliche Einbindung mobiler IIoT-Technologien (beispielsweise AR-Brillen oder Tablets), durch die eine realitäts- und prozessnahe Orientierung am digitalen shopfloor und darüber hinaus gelingt. Die Nähe zu realbetrieblichen Abläufen verhindert Transferproblematiken zwischen Theorie und Praxis und gibt auch einen Ausblick auf die Ausgestaltung zukünftiger Produktionen. Dadurch wird eine Identifikation mit der Lernumgebung ermöglicht, welche einen schnellen Einstieg in Lernthematiken und damit einen nachhaltigen Lernerfolg unterstützt.

## Entwicklung von Handlungs- kompetenzen durch Lernszenarios

Am Beispiel des Teilszenarios „Smarte Qualitätssicherung in der Logistik“ soll ausschnittsartig sowohl die praktische Einbindung mobiler IIoT-Technologie in eine Lernfabrik als auch deren Nutzen zur Entwicklung von Prozessverständnis innerhalb digitalisierter Arbeitsumgebungen als Grundvoraussetzung zum Aufbau von Handlungskompetenz erläutert werden. Darin werden Halbfabrikate auf Basis eintreffender Kommissionierungsaufträge an nachfolgende Abteilungen weitergeleitet sowie Qualitätsprüfungen mithilfe mobiler IIoT-Technologie durchgeführt. Bild 2 stellt die prozesshafte Abbildung des Teilszenarios dar.

Zwei Personen nehmen die Rollen des Produktionsverantwortlichen (Lerner B) sowie des technischen Qualitätsbeauftragten (Lerner A) ein. Lerner A wird mit einem intelligenten Handschuh und einer intelligenten Uhr, Lerner B mit einer AR-Brille und einem Tablet ausgestattet.

Die Aufgabe von Lerner A besteht im Folgenden darin, mithilfe des Handschuhs und der Uhr den Status der halbfertigen Werkstücke nach dem Produktionsschritt „Pulverbeschichtung“ zu kontrollieren. Dabei soll der Handschuh genutzt werden, mittels integrierter Sensoren wesentliche Qualitätsparameter der Pulverbeschichtung festzustellen. Die ermittelten Messwerte werden in einem zentralen Qualitätssicherungssystem hinterlegt und auf etwaige Grenzwertüberschreitungen geprüft. Sollten die QS-Parameter die Grenzwerte überschreiten, informiert die smarte Uhr durch visuelle und haptische Rückmeldung über die Qualität des Werkstücks. In diesem Fall wird dieses aus dem Produktionsprozess ausgeschleust. Tritt eine ähnliche Abweichung wiederholt auf, kann der Qualitätsbeauftragte (Lerner A) den Produktionsverantwortlichen (Lerner B) direkt benachrichtigen, da die Vermutung eines Systemfehlers naheliegt. In Extremfällen kann Lerner A einen Produktionsstopp veranlassen. Lerner B erhält die Meldung auf sein Tablet mit zusätzlichen Informationen (u. a. die betroffene Maschine), um sich zielgerichtet mit der Problematik beschäftigen zu können. An der Maschine erhält er auf seine AR-Brille relevante Maschinenparameter. Ein Abgleich mit den empfohlenen Richtwerten ermöglicht die Ursachenanalyse und stellt die Grundlage für die Fehlerbehebung dar. Die Detailanalyse des Werkstücks selbst wird durch die AR-Brille unterstützt. Dort erhält der Nutzer die gemessenen Parameter ebenso wie Vorschläge für

das weitere Vorgehen (z. B. Nacharbeiten oder Verschrotten). Basierend auf den Informationen und der Detailanalyse trifft Lerner B die Entscheidung über das weitere Verfahren, da dieser mit dem Prozess vertraut ist.

Zusammengefasst bekommen die Lerner im aufgeführten Lernszenario die Möglichkeit, Einblicke in die IIoT-Technologie gestützte Produktion der Zukunft in einer realitätsnahen Umgebung zu erhalten und dadurch Prozessvertrautheit zu entwickeln. Das Anwendungszentrum ermöglicht, zu verstehen, wie einzelne Produktionsstationen untereinander, mit dem Werkstück und/oder dem Menschen zukünftig miteinander kommunizieren und interagieren werden. Zudem fördert die stetige Implementierung mobiler IIoT-Technologien innerhalb der Szenarien nicht nur das Abbauen von Hemmnissen auf Seiten der Nutzer, vielmehr unterstützt der stetige Einbezug der eigenen Person die Entwicklung einer eigenen Rollenidentität für den digitalen shopfloor. In aufbauenden, an den individuellen Dispositionen der Lernenden orientierten und offen gehaltenen Lernszenarios können weiterführend Handlungskompetenzen entwickelt werden.

## Zusammenfassung

Mobile IIoT-Technologien spielen eine zunehmende Rolle in der Produktion der Zukunft. Dementsprechend bieten sich Weiterbildungsformate an, welche diese nicht nur als Gegenstand von isolierten Schulungen begreifen, sondern auch als Lernhilfe in übergeordneten Verständnisprozessen verstehen. In diesem Zusammenhang schlägt der vorliegende Beitrag eine Kombination mobiler IIoT-Technologien, Lernfabriken und Lernszenarien als einen auf die Bedürfnisse erwachsener Lerner abgestimmten Lösungsweg vor. Dafür wurden zuerst notwendig werdende Anforderungen an Mitarbeiter und relevante IIoT-Technologien identifiziert, welche im Anschluss in ein Forschungs- und Anwendungszentrum Industrie 4.0 gestütztes Lernszenario eingebettet wurden. Am Szenarioausschnitt „Smarte Qualitätssicherung in der Logistik“ konnte gezeigt werden, wie Teilnehmer praxisorientiert sowohl im Umgang mit mobilen IIoT-Technologien geschult werden als auch Ihre eigene Position innerhalb der digitalisierten Produktion reflektieren können.

Schlüsselwörter:

Mobile IIoT-Technologie, Lernszenario, Anwendungszentrum Industrie 4.0, Lernfabrik

## Literatur

- [1] Erpenbeck, J.: Kompetenzen – Eine begriffliche Klärung. In: Heyse, V.; Erpenbeck, J.; Ortmann, J. (Hrsg): Grundstrukturen menschlicher Kompetenzen: Praxiserprobte Konzepte und Instrumente. Münster 2010.
- [2] Spötl, G.; Gorltd, C.; Windelband, L.; Grantz, T.; Richter, T.: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München 2016.
- [3] Arnold, R.: Assisted Learning. A Workbook, 1. Auflage. Landau 2010.
- [4] Dehnbostel, P.: Betriebliche Bildungsarbeit. Kompetenzbasierte Aus- und Weiterbildung im Betrieb. Baltmannsweiler 2010.
- [5] Hirsch-Kreinsen, H.: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. In: WSI Mitteilungen 6 (2014), S. 421-429.
- [6] Bender, B.; Teichmann, M.; Ullrich, A.: Mobile IIoT-Technologien als Erfolgsfaktor für Fertigung und Lernszenarien - Systematisierung und Anwendung. In: Gronau, N. (Hrsg): Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation. Berlin 2017.
- [7] Wagner, U.; Al Geddawy, T.; El Maraghy, H.; Müller, E.: The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories. In: Procedia CIRP 3 (2012), S. 109-114.
- [8] Müller, E.; Plorin, D.; Ackermann, J.: Advanced Learning Factory (aLF): Ein ganzheitliches Konzept zur Fachkompetenzentwicklung als Antwort auf den demografischen Wandel. In: Industrie Management 29 (2013) 3, S. 59-62.
- [9] Gronau, N.; Theuer, H.; Lass, S.: Evaluation of Production Processes using Hybrid Simulation. In: Windt, K. (Hrsg): Robust Manufacturing Control, Lecture Notes in Production Engineering. Berlin 2013.
- [10] Gronau, N.; Ullrich, A.; Teichmann, M.: Development of the Industrial IoT Competences in the Areas of Organization, Process, and Interaction based on the Learning Factory Concept. In: Procedia Manufacturing 9 (2017), S. 254-261.