

Steuerung einer industriellen Produktionsanlage mit SAP ERP: Konzeption einer Lehreinheit für Industrie 4.0

Alexander Richter¹, Robert Heininger¹, Michael Kramler²,
Miriam Voß², Helmut Krcmar¹

¹ TUM Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (I17)
a.richter@tum.de, {robert.heininger|krcmar}@in.tum.de

² TUM School of Education
{kramler|miriam.voss}@tum.de

Abstract. Aktuelle Studien zeigen, dass in Deutschland dringender Bedarf an einer Erhöhung des Schulungsangebots im Themengebiet Industrie 4.0 besteht. Dieser Beitrag beschreibt eine Lehreinheit für einen Workshop zum Thema Industrie 4.0, der die Steuerung einer industriellen Produktionsanlage mit SAP ERP beinhaltet. Aufbauend auf einem Modellunternehmen wurden mehrere Szenarien zur Integration der Produktionsanlage in die Geschäftsprozesse entworfen und bewertet, das gewählte Zielszenario im Rahmen einer Softwareentwicklung technisch umgesetzt sowie ein Ablaufplan anhand fachdidaktischer Theorien und durch Auswertung bestehender Curricula konzipiert. Der Workshop wurde zudem mit einer Testgruppe von Schülern einer Fachoberschule mit Fachrichtung Wirtschaft durchgeführt und mittels Fragebogen evaluiert.

Keywords: Lehreinheit, Industrie 4.0, IoT, SAP ERP, Festo Didactic

1 Einleitung

Produktionsunternehmen sehen sich mit gestiegenen Anforderungen hinsichtlich ihrer Flexibilität, Produktvielfalt, Termintreue und Entwicklungszyklen konfrontiert, welche sowohl durch die gestiegenen Kundenanforderungen, als auch durch den Preisdruck auf den Käufermärkten verursacht werden [1]. Dieser Entwicklung kann durch intelligente Fabriken begegnet werden, welche durch eine umfassende Vernetzung und unter Berücksichtigung verschiedener Umweltfaktoren selbstständig Entscheidungen über anstehende Produktionsprozesse treffen können [1,2]. In Anlehnung an die vergangenen drei industriellen Revolutionen und zur Verdeutlichung der zu erwartenden disruptiven Umwälzungen wird dieser Wandel als *Industrie 4.0* bezeichnet [3].

Bei der Realisierung kommen cyber-physische Systeme zum Einsatz, bei welchen Objekte wie beispielsweise Produktionsanlagen, Maschinen, Geräte und Logistikkomponenten mit Sensorik ausgestattet und über eine Kommunikationsinfrastruktur miteinander vernetzt werden, wodurch die systematische Auswertung von Echtzeitdaten und die Erstellung virtueller Abbilder der Realität ermöglicht werden [2]. Diese Objekte werden auch als Dinge bezeichnet und da zur Vernetzung oftmals Internettechnologien

zum Einsatz kommen, ist der Begriff *Internet der Dinge* beziehungsweise *Internet of Things* (IoT) entstanden [4].

Die Umsetzung von Industrie 4.0 ist jedoch nicht nur eine technologische Herausforderung; zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit müssen auch bisherige Geschäftsmodelle kritisch hinterfragt sowie äußere Einflussfaktoren berücksichtigt werden [5]. So wurde in diversen Studien [5,6] festgestellt, dass zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland eine Erhöhung des Schulungsangebots für Schülerinnen und Schüler zum Thema Industrie 4.0 erforderlich ist.

In diesem Beitrag wird die Entwicklung und Evaluation einer Lerneinheit für Industrie 4.0 vorgestellt. Dabei wird eine Festo Didactic Fertigungsanlage mittels der Software LabVIEW mit einem SAP ERP-System gekoppelt. Im Vordergrund steht dabei die Forschungsfrage: „*Wie sollte eine Lerneinheit für einen Industrie 4.0 Workshop für Schüler der Oberstufe unter Verwendung des Modellunternehmens Global Bike Inc. aussehen und wie kann dieses technisch umgesetzt werden?*“.

Methodisch wird die Konzeption der Lerneinheit mit argumentativ-deduktiver Analyse sowie Referenzmodellierung [7] durchgeführt, die technische Umsetzung als Softwareentwicklung mit einer Abwandlung des von Krcmar [8] vorgestellten Prototypen-Modells umgesetzt sowie die Evaluation der Ergebnisse mit Hilfe eines Fragebogens [9] quantitativ ausgewertet.

2 Industrie 4.0 in der Aus- und Weiterbildung in Deutschland

Die Zukunftsfähigkeit deutscher Unternehmen ist einer Studie von Jeschke et al. [5] zufolge nicht nur aufgrund des späten Erkennens der Einsatzmöglichkeiten von Industrie 4.0, dem großen Anteil von kleinen und mittleren Unternehmen mit einer zu geringen Größe für den rentablen Einsatz von Industrie 4.0, sondern auch aufgrund der Konkurrenz durch Internetkonzerne sowie Wettbewerbern aus dem asiatischen Raum und der Risikoaversion deutscher Unternehmen gefährdet. Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen nachhaltig zu sichern, werden in dieser Studie umfangreiche und ineinandergreifende Maßnahmen genannt. Kurzfristig umsetzbare operative Maßnahmen umfassen dabei den Ausbau der IT-Kompetenzen, geänderte Personalentwicklungs- und Ausbildungskonzepte sowie Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen. Zu den langfristig angelegten Maßnahmen gehört die internationale Ausrichtung der Unternehmenskultur und Unternehmensstrategie. Durch gleichzeitige Investitionsprogramme und regulatorische Maßnahmen muss dieser Prozess durch die öffentliche Hand und den Gesetzgeber unterstützt werden [5]. Als eine konkrete Handlungsempfehlung im operativen Bereich wird in derselben Studie der Begriff *Ausbildung 4.0* eingeführt. Demnach sei es notwendig, die Inhalte und Lehrpläne anzupassen und insbesondere die Vermittlung von Informatik-Kenntnissen auszubauen, um die neue Generation auf die Herausforderungen der kommenden Jahre vorzubereiten [5].

In einer Studie der bayerischen Metall- und Elektroarbeitgeber, welche von der Universität Bremen durchgeführt wurde, sind die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Aus- und Weiterbildung untersucht worden [6]. Dort wird konkret beschrieben, dass

- eine gewerblich-technische Ausbildung weiterhin gute Beschäftigungschancen bietet, wenn eine Weiterbildung in Industrie 4.0 verfolgt wird,
- für die Arbeitsplatzsicherheit in Zukunft Kenntnisse im Umgang mit dezentralen, intelligenten Systemen sowie mit Daten und deren Analyse notwendig sind,
- die Anzahl der Arbeitsplätze für Un- und Angelernte abnehmen wird,
- zwar keine neuen Berufsbilder erforderlich sind, die momentan vorhandenen aber mit Industrie 4.0-Inhalten angereichert werden müssen und
- Bildungsanbieter das Angebot über Industrie 4.0, cyber-physische Systeme, Datenanalyse und IT-Sicherheit erheblich erweitern müssen.

Beide Studien zeigen, dass es von dringender Notwendigkeit ist, das Schulungsangebot für Schülerinnen, Schüler, Studierende und Auszubildende, aber auch für Fachkräfte mit langjähriger Berufserfahrung, zu erhöhen, um die vierte industrielle Revolution erfolgreich bewältigen zu können. Zugleich zeigt eine weitere Studie, dass das ERP-System der Firma SAP SE im Jahre 2013 in Deutschland mit mehr als 54% den höchsten Marktanteil besaß [10]. Es ist damit sehr wahrscheinlich, dass Schülerinnen und Schüler in ihrer zukünftigen Arbeit mit SAP-Systemen konfrontiert werden und es erscheint sinnvoll, für ein praxisnahes Schulungsangebot die marktführende Unternehmenssoftware in eine entsprechende Lehreinheit zu integrieren. Zur realitätsnahen Gestaltung kann zusätzlich z.B. eine Festo Didactic Fertigungsanlage verwendet werden.

3 Der Industrie 4.0 Workshop

Um das Schulungsangebot im Bereich Industrie 4.0 zu erweitern, wurde eine Lehreinheit für einen Workshop „Industrie 4.0“ entworfen. Als Zielgruppe wurden vorerst Schülerinnen und Schüler ab 16 Jahren definiert, da diese einerseits die für die Komplexität des Themas benötigten Vorerfahrungen besitzen und andererseits kurz vor dem Schulabschluss eine Entscheidung für die eigene berufliche Zukunft zu treffen haben. Der entworfene Workshop kann aber auch Basis für die Arbeit mit anderen Zielgruppen sein. So erscheint es sinnvoll, dass sich beispielsweise Informatikstudierende mit Hilfe dieses Workshops mit den Auswirkungen der Digitalisierung auseinandersetzen.

3.1 Randbedingungen des Workshops

Modellunternehmen Global Bike. U.a. um auf die Notwendigkeit von Schulungen zu reagieren, wurde von der SAP SE das SAP University Alliances Program (UA) ins Leben gerufen, welchem mittlerweile mehr als 2.300 Bildungseinrichtungen in 90 Ländern weltweit angehören. Ziel des Programms ist es, Schülerinnen, Schülern und Studierenden Zugriff auf SAP-Software zu ermöglichen. Zur Schulung an einem SAP ERP-System sind plausible Stamm- und Bewegungsdaten notwendig. Der Industrie 4.0 Workshop wurde daher aufbauend auf dem Modellunternehmen *Global Bike Inc.* (GBI) entworfen, welches im Rahmen des SAP UA Programms für Schulungszwecke bereitgestellt wird [11]. Hierbei handelt es sich um einen fiktiven Fahrradkonzern mit zwei Produktionsstandorten, der Marktführer im Privatkundenbereich und Spitzensport ist.

TUMLab im Deutschen Museum. Das TUMLab ist ein von der Technischen Universität München (TUM) betriebenes Experimentierlabor für Schülerinnen und Schüler und befindet sich im Ausstellungsbereich des Deutschen Museums in München. Durch das Angebot an Kursen aus verschiedenen Fachbereichen soll das Interesse an Naturwissenschaft und Technik nachhaltig gefördert werden.

Festo Didactic Fertigungsanlagen. Das TUMLab besitzt für einen Automatisierungskurs zwei didaktische Fertigungsanlagen der Firma Festo. Jede dieser Anlagen besteht aus vier Stationen, die mit Sensoren und Aktuatoren ausgestattet sind.

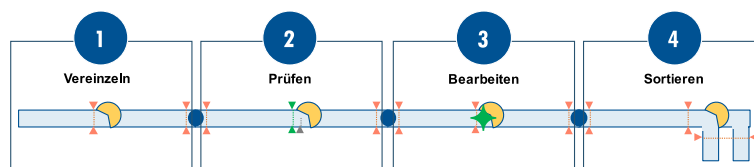


Abbildung 1. Festo Didactic Fertigungsanlage (eigene Darstellung)

Station 1 dient dem *Vereinzeln* der Werkstücke: durch eine mechanische Schranke, welche konstruktionsbedingt immer nur ein Werkstück weiterleiten kann, ist sichergestellt, dass ausschließlich ein Werkstück die weiteren Stationen passiert. Station 2 dient zum *Prüfen* der Farbe des Werkstücks: die Signale eines Reflex- sowie Induktivsensors werden logisch miteinander verknüpft, sodass eine eindeutige Zuordnung zu den drei Farben Silber, Rot und Schwarz möglich ist. Station 3 dient zum *Bearbeiten* des Werkstücks: ein an einer Linearachse montierter Bohrer kann zur Bearbeitung gehoben und gesenkt werden. Station 4 dient zum *Sortieren* der Werkstücke: über eine mechanische Weiche kann das Werkstück gezielt auf eine der beiden Rutschen geleitet werden und durch die verbaute Sensorik kann zugleich eine Rückmeldung erfolgen.

3.2 Ziele des Workshops

Einer der wichtigsten Vorgänge der Unterrichtsplanung ist Hubwieser [12] zufolge die Definition von Lernzielen, mit denen beschrieben wird, was mit einer Unterrichtseinheit erreicht werden soll. Dies lässt sich auch auf einen außerschulischen Kontext übertragen, beispielsweise einen Industrie 4.0 Workshop im TUMLab. Die Taxonomie von Lernzielen nach Krathwohl [13] sieht vor, dass die Beschreibung eines Lernziels sowohl eine *Wissensdimension* als auch eine *Kognitive Prozessdimension* umfasst.

Neben diesen Ausführungen wurden bei der Formulierung der folgenden zehn Lernziele die Studienergebnisse zum Thema *Industrie 4.0 in der Aus- und Weiterbildung*, bestehende Curricula des SAP UA Programms sowie Diskussionen mit Mitarbeitern des TUMLabs berücksichtigt:

- LZ01 Die Teilnehmenden können die Bedeutung des Begriffes Industrie 4.0 einordnen und dessen geschichtlichen Hintergrund erklären.
- LZ02 Die Teilnehmenden können die Notwendigkeit und Vorteile von ERP-Systemen in Industriebetrieben sowie deren grundlegenden Begrifflichkeiten anhand eines Modellunternehmens unterscheiden.

- LZ03 Die Teilnehmenden können mit Hilfe der SAP GUI und geeigneten Transaktionen die Stammdaten in einem SAP ERP-System erkunden.
- LZ04 Die Teilnehmenden können mit Hilfe der SAP GUI und geeigneten Transaktionen die Materialstücklisten sowie Bestände im SAP ERP-System überprüfen.
- LZ05 Die Teilnehmenden können mit Hilfe der SAP GUI und geeigneten Transaktionen die Stücklisten von verschiedenen Fertigerzeugnissen im SAP ERP-System analysieren und die Unterschiede bewerten.
- LZ06 Die Teilnehmenden können mit Hilfe der SAP GUI und geeigneten Transaktionen Fertigungsaufträge im SAP ERP-System erzeugen sowie die verschiedenen Fertigungsauftragsstatus sowie die Kostenkalkulation analysieren.
- LZ07 Die Teilnehmenden können mit Hilfe der Rollenbeschreibungen die Produktionsschritte den einzelnen Stationen zuordnen.
- LZ08 Die Teilnehmenden können mit Hilfe eines papierbasierten Fertigungsauftrags und der SIM-Box (manuelle Steuerung der Festo-Anlage) die Produktion an der Fertigungsstraße selbstständig durchführen und eigene Fertigprodukte erzeugen.
- LZ09 Die Teilnehmenden können anhand der durch die LabVIEW-SAP-Schnittstelle automatisiert ablaufende Produktion die Verbesserungspotentiale für betriebswirtschaftliche Prozesse durch eine automatisierte Fertigung identifizieren.
- LZ10 Die Teilnehmenden können im Rahmen einer Diskussion die Auswirkungen einer vollständigen Automatisierung im Industrie 4.0 Kontext auf Wirtschaft und Gesellschaft erkennen und kritisch bewerten.

Zur Begrenzung der Lerninhalte wurden als Nicht-Ziele festgelegt, dass weder die technische Ansteuerung einer Fertigungsanlage, noch die zu deren Vernetzung mit einem SAP ERP-System verwendeten Technologien und Methoden im Fokus stehen sollen. Stattdessen soll ein Überblick der Chancen und Risiken von Industrie 4.0 an einem praktischen Beispiel vermittelt werden sowie auf die Verwendung von Unternehmenssoftware wie SAP ERP zur Produktionsprozesssteuerung eingegangen werden.

Zur Überprüfung der Reihenfolge der Lernziele und deren Eignung für die geplante Zielgruppe wurden diese in der Taxonomischen Tabelle (Tabelle 1) klassifiziert [14].

Tabelle 1. Klassifikation der Lernziele in der Taxonomischen Tabelle in Anlehnung an Anderson et al. [14], Übersetzung ins Deutsche nach Baumgartner [15]

Wissensdimension	Kognitive Prozessdimension					
	1. Erinnern	2. Verstehen	3. Anwenden	4. Analysieren	5. Bewerten	6. Erzeugen
A. Faktenwissen		LZ01 LZ02				
B. Konzeptionelles Wissen			LZ03			
C. Prozedurales Wissen		LZ09		LZ04 LZ07	LZ05	LZ06 LZ08
D. Metakognitives Wissen					LZ10	

3.3 Szenario des Workshops

Das fallbasierte Lernen hat bei Lernformaten wie diesem Workshop eine große Bedeutung für das Verständnis sowie den Transfer des Gelernten in die Praxis [16]. Aus diesem Grund wurde für die Integration der Festo Fertigungsanlagen in die Prozesse des Modellunternehmens *GBI* ein eigenes Szenario entworfen:

Zur Steigerung des Umsatzes und zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit beschließt die *GBI* ihre Touringbikes zukünftig nicht nur einzeln, sondern auch in einem Bundle mit Zubehör anzubieten. Das mitgelieferte Zubehör umfasst eine Wasserflasche zusammen mit einem Wasserflaschenhalter. Um diese am Fahrrad befestigen zu können, sind jedoch weitere Bohrungen am Rahmen notwendig. Diese werden während des Fertigungsprozesses nur an den Fahrrädern vorgenommen, welche als Bundle ausgeliefert werden sollen. Somit müssen alle Fertigungsaufträge zukünftig mit Losgröße 1 als kundenindividuelle Auftragsfertigung durchgeführt werden. Dieses Szenario wurde durch die Einführung neuer Fertigerzeugnisse sowie der Anpassung von Stücklisten und Arbeitsplänen in das SAP ERP-System des Modellunternehmens eingepflegt.

3.4 Technische Umsetzung

Zur Realisierung des Workshops war eine verteilte und mit verschiedenen Technologien umgesetzte Softwareentwicklung notwendig. Der globale Systementwurf ist in Abbildung 2 dargestellt und die einzelnen Artefakte werden in den folgenden drei Abschnitten zusammengefasst.

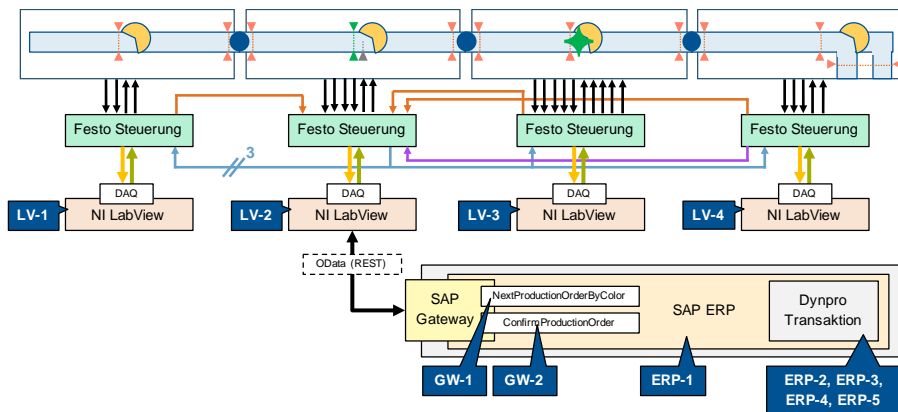


Abbildung 2. Globaler Systementwurf (eigene Darstellung)

Fertigungsanlagensteuerung. Die Steuerung der Fertigungsanlage selbst wurde mit LabVIEW realisiert, welches digitale Signale an die Steuereinheit der Festo-Anlage sendet. Hierzu wurde für jede Station der Fertigungsanlage ein eigenes Programm geschrieben, welche über eine hartverdrahtete 3-Bit Leitung einen Statuswert überträgt. Über LabVIEW wurden die ermittelten Sensordaten an die SAP-Gateway Schnittstellen übertragen (Artefakte LV-1, LV-2, LV-3 und LV-4; siehe Abbildung 2).

SAP-Schnittstellen. Zur Anbindung der Fertigungsanlage an das SAP ERP-System wurden in SAP-Gateway zwei Artefakte implementiert, welche als REST-Schnittstelle über Open Data Protocol Informationen bereitstellen. Die erste Schnittstelle dient zur Ermittlung des nächstdurchzuführenden Fertigungsauftrages, inklusive der Information, ob eine Bearbeitung des Fahrradrahmens durchgeführt werden soll, in Abhängigkeit von Werk und Farbe. Die zweite Schnittstelle dient zur Rückmeldung eines Fertigungsauftrages, wobei automatisch die Warengänge der Rohmaterialien sowie der Wareneingang des Fertigerzeugnisses systemseitig verbucht werden (Artefakte GW-1 und GW-2; siehe Abbildung 2).

Administrationsoberfläche. Zur Vorbereitung des Szenarios wurde in ABAP eine Administrationsoberfläche als SAP-Transaktion entwickelt, welche es dem Kursleiter ermöglicht, Fertigungsaufträge für die zu produzierenden Fahrräder als Massenbuchungen im System anzulegen sowie den Wareneingang der für die Produktion dieser Aufträge notwendigen Rohmaterialien im System zu verbuchen. Hierdurch ist sichergestellt, dass während des Workshops keine systemseitigen Materialverfügbarkeitsfehler auftreten. Darüber hinaus bietet die Administrationsoberfläche eine Statusübersicht, welche die in den beiden Werken geplanten Fertigungsaufträge und Lagerbestände veranschaulicht (Artefakte ERP-1, ERP-2, ERP-3, ERP-4 und ERP-5; siehe Abbildung 2).

3.5 Ablauf des Workshops

Vor der Ausarbeitung des Ablaufplanes wurden existierende und erprobte Curricula aus dem SAP UA Programm ausgewertet, wobei deren Unterlagen zur Inspiration und Orientierung im Aufbau der Übungen und Gestaltung der Medien dienten. Der Ablaufplan orientiert sich strikt an der Reihenfolge der Lernziele, welche mit Hilfe der Taxonomischen Tabelle überprüft wurden. Die Durchführung des Workshops erfolgt im TUMlab, welches sich als außerschulisches Schülerlabor versteht, weshalb rezeptive Lehrformen vermieden und stattdessen geleitet-produktive und selbstständig-produktive Lehrformen verwendet werden sollen [12,17]. Da die Teilnehmenden im Mittelpunkt stehen, soll auf lehrerzentrierte Sozialformen verzichtet werden [12]. Die Dauer eines Durchlaufs wurde auf drei Stunden für 16 Teilnehmende festgelegt, womit Schulklassen mit bis zu 32 Schülerinnen und Schülern den Workshop an einem Tag besuchen können.

Einleitung und Übung. Zu Beginn des Workshops werden die grundlegenden Begriffe zu Industrie 4.0, Unternehmenssoftware und SAP ERP erläutert sowie das Modellunternehmen vorgestellt. Danach führen die Teilnehmenden selbstständig mit dem *SAP Graphical User Interface* (SAP GUI) aufeinander aufbauende Übungen durch: einerseits wird durch die Analyse von Produkten, Stücklisten und Lagerbeständen das Modellunternehmen besser kennengelernt, andererseits durch die Erläuterung von Arbeitsplänen und Fertigungsaufträgen ein Verständnis für Produktionsprozesse gefördert.

Manuelle Produktionssteuerung. Im Anschluss soll der Produktionsablauf an den Festo Fertigungsanlagen von den Teilnehmenden manuell und selbstständig durchgeführt werden, wozu eine Einteilung in zwei Gruppen erfolgt: die eine Gruppe produziert

Deluxe Touringbikes in Heidelberg (Deutschland), die andere Gruppe produziert Profi Touringbikes in Miami (USA). Zentraler Bestandteil ist der papierbasierte Fertigungsauftrag, welcher die Arbeitsschritte dokumentiert und von Station zu Station weitergereicht wird. Die vier Stationen der Fertigungsanlage (siehe Abbildung 1) werden von jeweils zwei Teilnehmenden besetzt und repräsentieren die folgenden Rollen:

- An Station 1 befinden sich Fertigungsplaner, die im SAP ERP-System den als nächstes zu bearbeitenden Auftrag zur anstehenden Farbe herausuchen und auf dem papierbasierten Fertigungsauftrag vermerken.
- Der Auftrag wird an die Qualitätsbeauftragten an Station 2 weitergeleitet. Dort wird mit Hilfe der Sensorik der Station die auf dem papierbasierten Fertigungsauftrag angegebene Farbe überprüft und bestätigt.
- Nach erfolgreicher Prüfung wird das Material an die dritte Station zu den Produktionsmitarbeitern weitergeleitet. Je nachdem, welcher Auftrag von den Fertigungsplanern vermerkt wurde, nehmen diese die Bohrungen am Rahmen des Fahrrads vor.
- Anschließend wird das Werkstück an Station 4 zu den Lagermitarbeitern weitergeleitet. Diese sortieren das Material in Abhängigkeit des Auftrags und melden die erfolgreiche Produktion im SAP ERP-System zurück.

Durch diese manuelle Produktionsübung werden nicht nur die Abhängigkeiten zwischen den Prozessschritten, sondern insbesondere auch die Fehleranfälligkeit aufgezeigt.

Automatische Produktionssteuerung. Um nun die Vorteile und Veränderungen durch den Einsatz von Industrie 4.0 innerhalb der Produktion zu zeigen, werden die Produktionsanlagen vom Kursleiter auf die automatisierte Produktionssteuerung umgeschaltet. Hierdurch kommuniziert die Festo Fertigungsanlage über eine SAP-Gateway Schnittstelle selbstständig mit dem SAP ERP-System und ermittelt zur erkannten Farbe den nächsten zu produzierenden Fertigungsauftrag und führt diesen vollautomatisch durch. Parallel dazu werden die Fertigungsstraße und Lagerbestände überwacht. Dabei werden sowohl die bereits kennengelernten SAP-Transaktionen, als auch die für diesen Workshop implementierte Administrationsoberfläche genutzt.

Diskussion. Abschließend erfolgt eine ausführliche, geleitete Diskussion, in der die Unterschiede zwischen manueller und automatischer Produktionssteuerung sowie die Auswirkungen auf diese eine Produktionssituation, aber auch auf die Wirtschaft im Allgemeinen und langfristig auf die Gesellschaft insgesamt, besprochen werden. Hierbei sollen auch mögliche Auswirkungen auf die Berufs- und Studienwahl der Teilnehmenden zur Sprache kommen, ohne dabei jedoch Entscheidungen vorzugeben.

4 Ergebnisse des Industrie 4.0 Workshops

Zur Überprüfung der Lernziele und der Eignung für die Zielgruppe wurde der Workshop mit interessierten Schülerinnen und Schülern einer Fachoberschule mit Fachrichtung Wirtschaft aus München durchgeführt und mittels eines Fragbogens überprüft.

4.1 Evaluationsmethodik

Die verwendete Evaluationsmethodik orientiert sich am Vorgehen von Utesch, Hauer, Heininger und Krcmar [9], welche einen Fragebogen zur Studierfähigkeit auf Basis von Lernzielen entwickelt haben und dabei die Beantwortung nach der Likert-Skala vorsehen. Diese umfassen (++) *trifft auf mich zu*, (+) *trifft öfters auf mich zu*, (0) *trifft mittelmäßig auf mich zu*, (-) *trifft eher selten auf mich zu* und (--) *trifft nicht auf mich zu*. Aus den Lernzielen wurden insgesamt 15 inhaltliche Fragen zu den Themenbereichen *Industrie 4.0, Unternehmenssoftware / ERP-Systeme, SAP ERP, Produktionssteuerung und Automatisierung* sowie drei Fragen zum allgemeinen *Interesse* am Themengebiet abgeleitet. Der Fragebogen wurde von den Teilnehmenden einmal vor und einmal nach dem Workshop ausgefüllt, sodass ein direkter Zusammenhang zwischen den beiden Einschätzungen, aber auch zu den Inhalten des Workshops, hergestellt werden kann.

4.2 Auswertung der Fragebögen

Im Anschluss an den Workshop wurden die Fragebögen ausgewertet und für jede Frage die prozentualen Anteile der einzelnen Antwortmöglichkeiten berechnet. Bei allen Ergebnissen handelt es sich um eine Selbsteinschätzung der Teilnehmenden. Insgesamt umfasst die Auswertung 11 Fragebögen. Im folgenden Abschnitt werden von den 18 Fragen die 9 interessantesten Ergebnisse vorgestellt.

Industrie 4.0. Im Themenblock Industrie 4.0 (siehe Abbildung 3) wurde aufgezeigt, dass sich vor dem Workshop lediglich 27% der Teilnehmenden etwas unter dem Begriff Industrie 4.0 vorstellen konnten. Keiner von ihnen sah sich in der Lage, die Hintergründe erklären zu können. Nach dem Workshop änderte sich diese Einschätzung: 91% konnten sich unter dem Begriff etwas vorstellen und die Hintergründe erklären. Bei den Vor- und Nachteilen von Industrie 4.0 sowie dessen Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft war das Bild vor dem Workshop durchmischtes, lediglich 9% bzw. 18% waren der Meinung, diese benennen zu können. Nach dem Workshop änderte sich dies: 82% konnten die Vor- und Nachteile wiedergeben und 91% die Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft beschreiben.

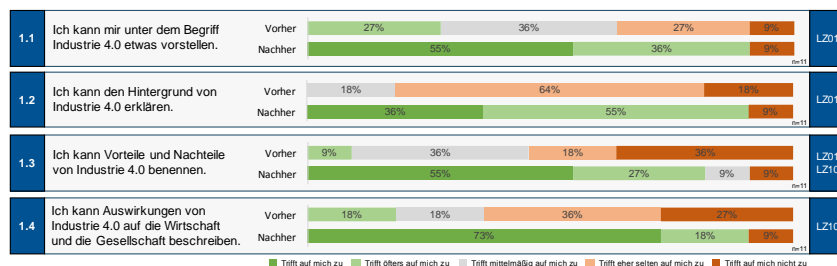


Abbildung 3. Auswertung Fragen zu Industrie 4.0 (eigene Darstellung)

Unternehmenssoftware / ERP-Systeme. Die Auswertung dieses Fragenblocks (siehe Abbildung 4) ergab, dass sich vor dem Workshop lediglich 9% unter den beiden Begriffen etwas vorstellen konnten, was danach auf 73% anstieg. Zu erklären, wofür ERP-Systeme eingesetzt werden, traute sich vorher kein Teilnehmender zu, danach waren es fast zwei Drittel (63%). Dieses Ergebnis muss unter dem Hintergrund betrachtet werden, dass keiner der Teilnehmenden, obwohl es sich um Schülerinnen und Schüler einer Wirtschaftsoberschule handelte, zuvor mit einem ERP-System gearbeitet hatte.

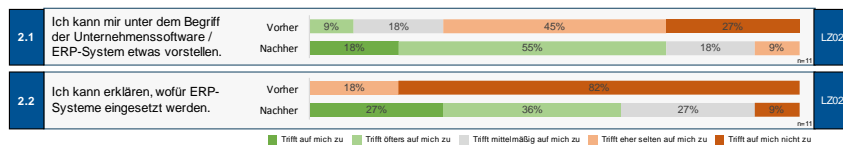


Abbildung 4. Auswertung Fragen zu Unternehmenssoftware / ERP (eigene Darstellung)

Produktionssteuerung und Automatisierung. In diesem Fragenblock (siehe Abbildung 5) gaben vorher nur 9% an, dass Sie die Zusammenhänge eines Produktionsablaufes erklären können. Nachher waren es fast alle Teilnehmenden (91%). Die Beschreibung der Tätigkeiten in einem Produktionsablauf sowie die Erklärung der Vorteile einer automatischen Steuerung trautes sich vorher nur ein Teil (27% bzw. 45%) zu. Nach dem Workshop sahen sich jedoch alle dazu mehr oder weniger in der Lage.

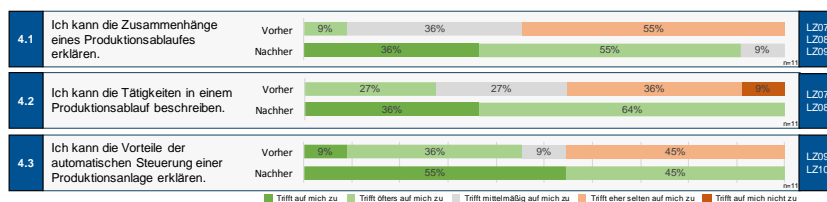


Abbildung 5. Fragen zu Produktionssteuerung / Automatisierung (eigene Darstellung)

5 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Konzeption einer Lehreinheit für einen Industrie 4.0 Workshop für Schülerinnen und Schüler der Oberstufe vorgestellt, in welchem die manuelle und automatische Steuerung einer industriellen Produktionsanlage mit SAP ERP veranschaulicht wird sowie die Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft kritisch beleuchtet werden. Hierfür wurden in einem ersten Schritt 10 Lernziele beschrieben und anhand der Taxonomie nach Krathwohl [13] überprüft. Darauf aufbauend wurde ein fünfschrittiger, insgesamt 3 Stunden umspannender Workshop entwickelt, welcher es Teilnehmenden zuerst ermöglicht den Produktionsprozess an einer didaktischen Fertigungsanlage und die Integration einer Unternehmenssoftware wie SAP ERP zu erleben. Anschließend wird demonstriert, welche Effekte durch Industrie 4.0 – insbesondere durch eine konsequente Automatisierung, hier durch Kopplung des SAP ERP-Systems mit der Fertigungsanlage – auftreten können. Mit der beschriebenen Konzeption

wurde eine realitätsnahe Industrie 4.0 Lehreinheit mit Bezug zum Berufsweg der angesprochenen Zielgruppe erstellt. Die Teilnehmenden übernehmen zunächst verschiedene Rollen, wie Fertigungsplaner, Qualitätsbeauftragter, Produktions- und Lagermitarbeiter, womit sie einen manuellen Produktionsablauf widerspiegeln. Anhand einer funktionsfähigen und extra für diesen Zweck mit SAP ERP verknüpften Fertigungsstraße wird der Wechsel von manueller Produktionssteuerung zur vollautomatisierten Industrie 4.0 nicht nur theoretisch-abstrakt eingeführt; vielmehr wird die Fertigungsstraße didaktisch in ein Anschauungsobjekt für den Wechsel der industriellen Prozesse umgewandelt. Mit der Umstellung der Fertigungsstraße auf das Industrie 4.0-Szenario geht für die Teilnehmenden ein fundamentaler Wechsel ihrer bisher im Kurs eingenommenen Arbeitsrolle einher und der gesamte Ablauf der Produktion wird deutlich einfacher und effizienter. Die Konzeption greift somit die Ambivalenz der Industrie 4.0 auf und macht die weit reichenden Chancen ebenso wie mögliche Nachteile, etwa den Verlust von Arbeitsplätzen, unmittelbar erfahrbar. Statt konfliktreichen Punkten aus dem Weg zu gehen, werden diese mit den Teilnehmenden gemeinsam diskutiert. Die für sie persönlich wesentlichen Aspekte – zum Beispiel was die anstehenden Veränderungen für ihren eigenen Berufsweg bedeuten – werden mit ihnen zusammen eingeordnet, insbesondere mit Blick auf die Relevanz der Industrie 4.0-Inhalte für ihre berufliche Aus- und Weiterbildung sowie ihre beruflichen Perspektiven und Möglichkeiten. Diese abschließende Diskussion ist ein immanent wichtiger Bestandteil der Konzeption und Durchführung des Kurses und sollte von einer Begleitperson übernommen werden, die kompetent mögliche Ängste und Sorgen der Schülerinnen und Schüler adressieren und ihnen geeignete Entwicklungsperspektiven aufzeigen kann.

Diese Form der Konzeption des Workshops gibt auf Grundlage aktueller didaktischer Methoden Antwort auf die eingangs gestellte Forschungsfrage. So wurde der Workshop mit Fachoberschülern der Fachrichtung Wirtschaft durchgeführt und die Erreichung der Lernziele mittels Fragebogen evaluiert. Da der Workshop bisher nur mit einer Gruppe von 12 Schülerinnen und Schülern durchgeführt wurde, sollte zur besseren Bewertung der Eignung des Workshops für diese und weitere Zielgruppen die Stichprobe vergrößert werden. Durch den Einsatz des entwickelten Fragebogens ist eine einfache Evaluation möglich, welche aber ggf. durch weitere Evaluationsinstrumente ergänzt werden kann. Bei einem weiterhin positiven Feedback könnte der Industrie 4.0 Workshop in das reguläre Angebot des TUMlabs aufgenommen und auch von anderen Bildungseinrichtungen, welchen ähnliche Fertigungsstraßen zur Verfügung stehen, adaptiert werden. Durch die bereitgestellte Administrationsoberfläche sind zur Durchführung des Workshops bei potentiellen Kursleitern keine tiefergehenden Kenntnisse des PP-Moduls von SAP ERP notwendig, was eine Adaption der Lehreinheit begünstigt.

6 Danksagungen

Wir bedanken uns bei Adrian Streitz und Alexander Löffler (SAP UCC TUM) sowie bei Petra Prinker (Therese-von-Bayern-Schule, München) für ihre wertvolle Unterstützung bei der Erarbeitung und Evaluierung des Workshops.

Referenzen

1. Manzei, C.: Einführung und Überblick. In: Manzei, C., Schlepner, L., Heinze, R. (Hrsg.) Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends, S. 10-16. BeuthVDE Verlag GmbH, Berlin (2016)
2. Bauernhansl, T.: Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T., Hompel, M.t., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration, S. 5-35. Springer Vieweg, Wiesbaden (2014)
3. Drath, R.: Technische Grundlagen. In: Manzei, C., Schlepner, L., Heinze, R. (Hrsg.) Industrie 4.0 im internationalen Kontext : Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends, S. 18-24. BeuthVDE Verlag GmbH, Berlin (2016)
4. Fleisch, E., Christ, O., Dierkes, M.: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: Fleisch, E., Mattern, F. (Hrsg.) Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen, S. 3-37. Springer Berlin, Heidelberg (2005)
5. Jeschke, S., Andersch, T., Schulze, K., Fritsch, D., Marquardt, K., Meisen, T., Richert, A., Hoffmann, M., Tummel, C.: Industrie 4.0 ante portas : Paradigmenwechsel im deutschen Maschinen- und Anlagenbau. In: Sprenger, F., Engemann, C. (Hrsg.) Internet der Dinge : über smarte Objekt, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt, S. 241-279. transcript, Bielefeld (2015)
6. bayme vbm: Studie Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. Universität Bremen (2016)
7. Wilde, T., Hess, T.: Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik: Eine empirische Untersuchung. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 49, 280-287 (2007)
8. Krcmar, H.: Informationsmanagement. Springer, Berlin, Heidelberg (2015)
9. Utesch, M., Hauer, A., Heininger, R., Krcmar, H.: An IT-Based Learning Approach About Finite State Machines Using the Example of Stock Trading. In: Auer, M.E., Guralnick, D., Uhomoihi, J. (Hrsg.) Interactive Collaborative Learning: Proceedings of the 19th ICL Conference - Volume 2, S. 590-604. Springer International Publishing, Cham (2017)
10. Computerwoche, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/262275/umfrage/marktanteile-der-anbieter-von-erp-software-in-deutschland/> (abgerufen von Statista am 05.09.2016)
11. Bernhardt, C.: Global Bike: Neuerungen GBI 3.0: Überblick der Änderungen in GBI 3.0. SAP University Alliances (© SAP SE) (2016)
12. Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik: Grundlagen, Konzepte, Beispiele. Springer, Berlin, Heidelberg (2001)
13. Krathwohl, D.R.: A Revision of Bloom's taxonomy: An Overview. Theory Into Practice 41, 212-218 (2002)
14. Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J.D., Wittrock, M.C.: A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (Complete edition). Longman, New York (2001)
15. Baumgartner, P.: Taxonomie von Unterrichtsmethoden - Ein Plädoyer für didaktische Vielfalt. Waxmann, Münster, New York, München, Berlin (2011)
16. Zumbach, J., Haider, K., Mandl, H.: Fallbasiertes Lernen: Theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung. In: Zumbach, J., Mandl, H. (Hrsg.) Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch, S. 1-11. Hogrefe, Göttingen (2007)
17. Uhlig, A.: Zum Begriff und zur Unterscheidung der Lehrmethoden. Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Jena 3, 497-507 (1953/54)