

Ostfalia Hochschule für
angewandte Wissenschaften

Bachelorarbeit

Aufbau einer Modellfabrik am Campus Wolfsburg

Autor:

Caner Durgut

Zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Engineering

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. H.-R. Hoffmann

Dipl.-Ing Roland Keller

Studiengang:

Fahrzeugtechnik (Produktion und Umwelt)

Abgabe der Arbeit: 14.08.2018

Inhalt

1. Einleitung	3
1.1. Zielsetzung	4
2. Stand der Forschung	5
2.1 Lean Management	5
2.2 Gestaltungsprinzipien	6
3. Lösungsansatz	8
3.1 Arbeitsgegenstand	8
3.2 Inventar der Modellfabrik	8
3.3 ITEM Rollenbahnen	9
3.3.1 ITEM-Lean Baukasten	10
3.3.2 Modulares Rollenbahnsystem	10
3.4 Werkstückträger	12
3.4.1 Kommisionierregal	12
4 Umsetzung der Fertigung im One-Piece-Flow	13
4.1 Umsetzung der Fertigung im One-Piece-Flow	13
4.2 Materialflussplanung und Logistik	13
5 Stufenmodell der Modellfabrik	14
5.1 Stufe 1 - analoge Modellfabrik	14
5.2 Stufe 2 - Smart Factory	15
5.2.1 Digitale Werkerführung	15
5.2.2 Pick-to-Light	15
5.2.3 Tracking des Arbeitsgegenstandes	16
5.2.4 Laborstrukturierung mit Elementen der Digitalisierung	17
5.3 Stufe 3: Industrie 3.5	17
5.3.1 Mensch-Roboter-Kollaboration	17
5.3.2 Digitale Qualitätssicherung	18
6. Zusammenfassung	19
4. Literaturverzeichnis	21

1. Einleitung

Die Studienrichtung Produktion und Umwelt benötigt nach Änderung des Curriculums eine Modellfabrik. Die Notwendigkeit einer Modellfabrik resultiert aus der Integration von Zusatzqualifikationen im Bereich des Industrial Engineerings. Integriert wurden folgende Qualifikationen:

- REFA Grundausbildung 2.0
- REFA Ingenieur
- Kuka Roboterschein
- MTM Basis (MTM1 und UAS)

Im letzten Modul der neuen REFA Ingenieursausbildung werden die in den vorigen sechs Modulen erlernten Fähigkeiten in einem Praxisteil angewandt. In diesem Praxisteil -der Modellfabrik- werden nahezu alle Aspekte der modernen Fabrikplanung umgesetzt.

1.1. Zielsetzung

Im Rahmen der Einführung des neuen Curriculums in der Studienrichtung Produktion und Umwelt bedarf es eines neuen Labors. Das bisherige Labor zum zugehörigen Fach Arbeitsorganisation ist für die Einführung der REFA GA 2.0 und des REFA Ingenieurs nicht geeignet, da der Umfang und Inhalt der Laborveranstaltung nicht ausreichend ist.

Ziel ist es, REFA Methoden, Elemente der Digitalisierung und des Lean Managements, homogen mit einander zu verbinden, sodass eine konsistente Veranstaltung entsteht.

2. Stand der Forschung

Die fortschreitende Digitalisierung birgt neue Herausforderungen für den Industrial Engineer der Zukunft. Während das Lean Management sich seit 1990 in modernen Unternehmen weiterhin etabliert, liefert REFA viel mehr als nur einen Werkzeugkasten zum generieren von Arbeitsdaten für die Visualisierung im Lean Management.

2.1 Lean Management

Das Lean Management hat seinen Ursprung in Japan. Das durch Taiichi Ohno nach dem zweiten Weltkrieg entwickelte Toyota Produktionsprinzip ist heute gleichzusetzen mit dem Lean Prinzip. Der Begriff Lean wurde jedoch erstmals 1990 im Rahmen einer Studie des MIT durch John Krafcik genutzt. Lean bedeutet zu Deutsch „schlank“.

Das Toyota Produktionsprinzip hatte bereits 1950 einen anderen Blickwinkel auf die Themen Effizienz, Optimierung und Wirtschaftlichkeit. Während europäische Unternehmen sich mit hohen Beständen gegen Produktionsstillstand absicherten und nur große Lose bearbeiteten, setzte Toyota auf eine andere Strategie. Der Hauptgedanke des Lean Managements ist:

Die Vermeidung von Verschwendung jeglicher Art.

Die Verschwendung bezieht sich in diesem Kontext nicht allein auf die Verschwendung von Ressourcen sondern vielmehr um einen ganzheitlichen Ansatz, der im gesamten Unternehmen gelebt wird. Das Lean Management ist somit ein methodisches Regelwerk, das für alle Prozesse im Unternehmen gilt.

Die mit dem Lean-Gedanken zu eliminierenden Verschwendungen lassen sich wie folgt aufzählen:

- Zeit
- Geld
- Material
- Fläche/Raum
- Arbeitskraft
- Ressourcen/Reserven

Zur Minimierung von Verschwendung werden verschiedene Methoden angewandt, die in den Bereichen unterschiedlich, aber in der Vision identisch sind. Nachfolgend dargestellt ist das Toyota Produktionsprinzip mit seinen Kernelementen.

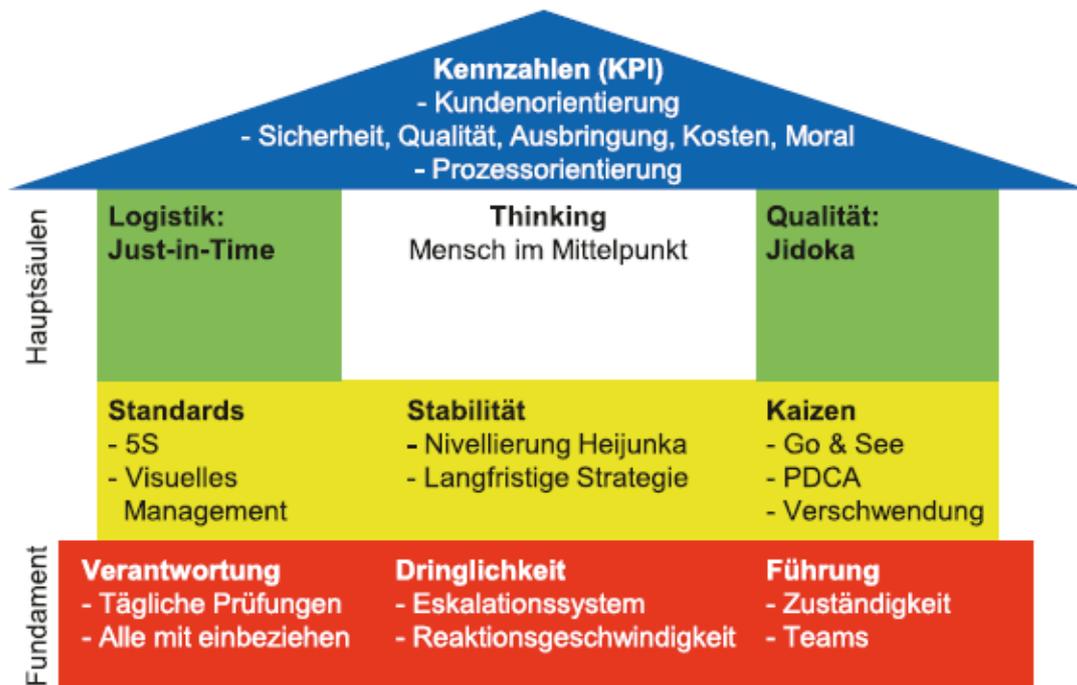


Abbildung 1 - Toyota-Produktions-System

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass der Mensch mit seinem Denken und Handeln im Mittelpunkt des Produktionssystems als Schlüsselfunktion fungiert. Demzufolge ist auch der Erfolg des Unternehmens im Kern von den Mitarbeitern abhängig. Die Mitarbeiter im Produktionssystem von Toyota leben den Gedanken der Eliminierung von Verschwendung und gestalten das Unternehmen durch ihr Handeln effizienter und somit wirtschaftlicher. Durch das disziplinierte Umsetzen des TPS setzte Toyota die Benchmark für effiziente Produktion und ließ europäische und amerikanische Unternehmen im Schatten.

2.2 Gestaltungsprinzipien

Die Methoden und Werkzeuge der ganzheitlichen Produktionssysteme, insbesondere die Instrumente des TPS wurden in der VDI Richtlinie 2870-2 zusammengefasst und Gestaltungsprinzipien zugeordnet. Um eine unternehmensspezifische Entscheidung über die Einführung von Methoden zur Optimierung von Prozessen in produzierenden Betrieben treffen zu können, wird vorerst das Gestaltungsprinzip gewählt, um im Anschluss daran die richtige Methode zu wählen. In der VDI2870-2 wird dies in Form einer Tabelle mit folgenden Kriterien aufgetragen: Qualität, Kosten, Zeit



Abbildung 2 - magisches Dreieck

Die im magischen Dreieck dargestellten Anforderungen stehen insbesondere in produzierenden Betrieben in Zielkonkurrenz zueinander. Wird eine der Anforderungen mit dem Ziel der Verbesserung verändert, so werden auch die zwei anderen stets verändert. So stellt sich über der Frage nach der geeigneten Methode stets die Frage nach dem Unternehmensziel. Solche Entscheidungen lassen sich in modernen Unternehmen mit Hilfe der Balanced Score Card treffen.

Über verschiedene Nutzwertanalysen wurden folgende Methoden des Lean Management für das Konzept der Modellfabrik aufgenommen:

1. Methode der 5S
2. 5x-Warum
3. 8D-Report
4. Poka Yoke
5. Andon
6. Shopfloor-Management (KATA-Verbesserung)
7. Deming-Zyklus (PDCA)
8. Zielmanagement
9. First-in-first-out
10. One-Piece-Flow

3. Lösungsansatz

Nach Erweiterung der bereits integrierten Methoden der REFA Methodenlehre durch Elemente des Lean Managements, wird nachfolgend ein Konzept zu Hardware-Komponenten der Modellfabrik ausgearbeitet. Im Fokus steht hierbei die Beibehaltung möglichst vieler Freiheitsgrade, um Teilnehmern maximale Entscheidungsfreiheit in der Gestaltung ihrer Prozesse zu überlassen.

3.1 Arbeitsgegenstand

Der Arbeitsgegenstand ist in der Konzeptphase der Modellfabrik ein Kernelement. Die Auswahl dieses Gegenstandes erfolgt hier über eine Nutzwertanalyse.

Zur Auswahl stehen zwei Akkuschauber sowie ein selbst konstruiertes Getriebe. Über eine Nutzwertanalyse mit vorangehendem paarweisen Vergleich wird eine Entscheidung getroffen.

Tabelle 1 - Nutzwertanalyse zur Auswahl des Arbeitsgegenstandes

	2-Gang-Getriebe			Makita DDF481		Einhell TE-CD	
	Gewichtung	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Montagefreundlichkeit	50	7	350	9	450	3	150
Anzahl Montagetechniken	15	4	60	8	120	6	90
Anzahl Einzelteile	25	5	125	7	175	6	150
Größe des Arbeitsgegenstandes	10	8	80	7	70	7	70
	100		615		815		460

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse zeigt, dass der Makita Akkubohrschauber im Vergleich zu den anderen zwei Varianten am meisten Übereinstimmungen mit den Anforderungen besitzt.

3.2 Inventar der Modellfabrik

Nachfolgend wird anhand bereits vorhandener Einrichtung sowie zusätzlich benötigtem Inventar, die Modellfabrik bestückt. Ziel ist es das Inventar so zusammenzustellen, dass durch modulare Zusammenstellung mehrere Ablaufarten realisierbar bleiben, um Studenten den Freiraum für eigene Überlegungen zu geben.

Aus der Laborveranstaltung Arbeitsorganisation sind bereits zahlreiche Elemente im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung vorhanden. Zu diesem Inventar zählen vier ITEM Montagetische, die höhenverstellbar sowie durch Rollen flexibel sind.



Abbildung 3 - ITEM Arbeitsplatz aus dem Labor "Arbeitsorganisation"

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, besteht die Möglichkeit die Teileträger, Arme und Werkzeugaufnahmen im Rahmen der Montagearbeitsplätze der Modellfabrik weiter zu nutzen. Durch den modularen Zusammenbau der ITEM-Elemente kann der Arbeitsplatz gemäß den Anforderungen der Modellfabrik angepasst werden. Durch die angebrachten Rollen sind die Tische im Raum flexibel und können verschoben und gedreht werden.

3. I7(05ROOHQEDKQH)

Für die Verkettung von Arbeitsplätzen werden im Rahmen der Modellfabrik Rollenbahnen benötigt. Nachfolgend erläutert wird die Verkettung mittels Lean Baukasten der Firma ITEM.

3.3.1 ITEM-Lean Baukasten

Das Portfolio der Profile wurde im Hinblick auf die Flexibilität von Montageeinrichtungen um den Lean Baukasten erweitert. Während herkömmliche ITEM Profile als Rechteckprofile angeboten werden, besteht der Lean Baukasten aus Rundrohrprofilen. Die daraus entstehenden Vorteile spiegeln sich in der Einfachheit der Einrichtung von Arbeitsplätzen wieder.



Abbildung 4 - Rohrprofile ITEM Lean und 40x40

Die Abbildungen 4 zeigt den Unterschied zwischen dem Profilen D30 und 8. Für die Anbindung an die Rechteckprofile der bestehenden ITEM-Tische werden Adapter genutzt.

3.3.2 Modulares Rollenbahnsystem

Das Rollenbahnsystem in der Modellfabrik besteht aus Profilen und individuell nutzbaren Rolleneinsätzen. Die Rolleneinsätze werden in das Profil eingesteckt und können leicht ersetzt werden. Die Einsätze variieren sowohl in Form als auch in der Farbe. Nachfolgend abgebildet sind die verschiedenen nutzbaren Rolleneinsätze.



Abbildung 5 - Rolleneinsätze in verschiedenen Ausführungen

Die Profile für Rollenbahnprofile werden in den folgenden Längen bereitgestellt:

- 1800mm
- 1000mm
- 500mm
- 400mm
- 300mm

Die Vorgabe von verschiedenen Längen in der Modellfabrik resultiert aus dem Umfang des Labors sowie den Möglichkeiten im Bereich des eigenen Zuschnittes. Diese Restriktion der Rollenbahnen hat jedoch in der Erprobung keinerlei bedeutende Hindernisse dargestellt.

Über die Nutzung von Gleiteinsätzen in der Rollenbahn kann direkt auf der Rollenbahn montiert werden. Ein entsprechender Aufbau könnte wie folgt aussehen.



Abbildung 6 - Beispielhafter Aufbau

3.4 Werkstückträger

Der Werkstückträger der Modellfabrik am Campus Wolfsburg ist eine Kombination aus einer Aluminiumplatte sowie Elementen aus dem 3D-Drucker. Für die Gestaltung des 3D-Drucks wurden die beiden Varianten des Akkubohrschraubers eingescannt. Die daraus entstandene Punktwolke wurde mittels Catia V5 in einen Volumenkörper überführt. Aus diesem Volumenkörper wurde im Nachgang ein Negativmodell konstruiert, das als Auflage für Akkubohrschrauber während der Montage dient. Zur Vormontage des Getriebes wurde eine Vorrichtung konstruiert. In diese Vorrichtung wird das Bohrfutter eingesetzt, sodass die Montage des Getriebes vereinfacht wird. Im folgenden Montageschritt bietet die gedruckte Vorrichtung die Möglichkeit das Spannfutter samt Getriebeeinheit in die vormontierte untere Gehäusehälfte einzusetzen. Die Konstruktion definiert einen exakten Sitz des Akkuschaubers auf dem Werkstückträger. Im Hinblick auf die mögliche Erweiterung des Labors mit Robotertechnik stellt dies eine Vorarbeit dar.

3.4.1 Kommissionierregal

Das zentrale Kommissionierregal wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Pek3 konstruiert. Das Regal besteht aus einem Rundrohrsystem, in welches Rollenbahnen eingehängt werden. Das Regal besteht modular aus drei Teilen und kann durch das Öffnen von Haken auseinander geschoben werden. So ergibt sich im Bereich der Materialbereitstellung eine enorme Flexibilität. So können Einzelteile für die Linie entweder in einem zentralen großen Regal oder in drei separaten Regalen in direkter Liniennähe untergebracht werden. Bei der direkten Nutzung als Materialbereitstellung am Arbeitsplatz lassen sich die Teile des Kommissionierregals mit den höhenverstellbaren Tischen verhaken, sodass diese beim Verstellen der Tische mit angehoben werden. Somit sind keine weiteren Justierungen nötig.

Seite 64

ist. Bei der Konstruktion der Regale die Möglichkeit der nachträglichen Integration von Pick-By-Light berücksichtigt. Gleichzeitig steht das Regal auf Rollen und ist somit flexibel im Raum einsetzbar.

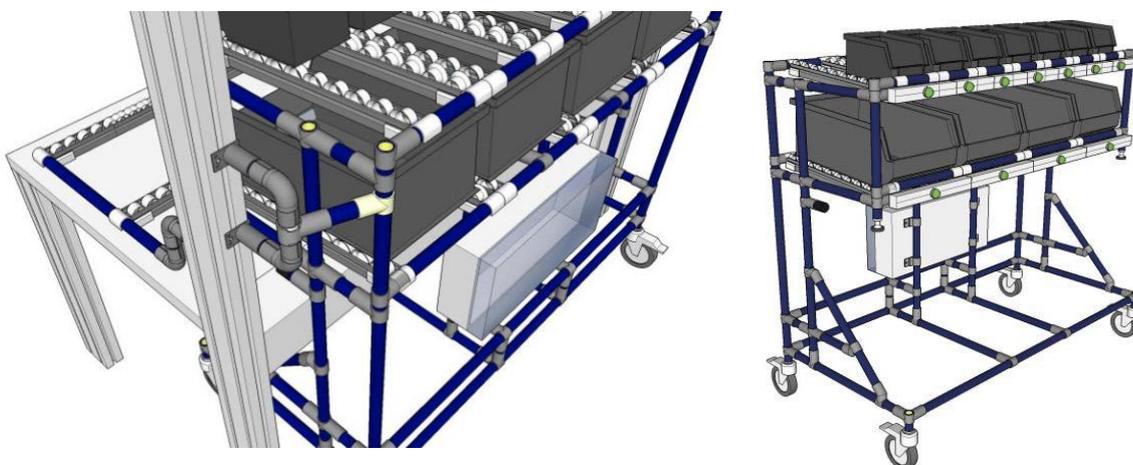


Abbildung 7 - Konzept Kommissionierregal

4 Umsetzung der Fertigung im One-Piece-Flow

Nachfolgend soll beispielhaft die Planung einer Fertigung im One-Piece-Flow erarbeitet werden. Der Fokus liegt hierbei in der Planung der Montageschritte sowie der Materialflussplanung und Logistik.

4.1 Umsetzung der Fertigung im One-Piece-Flow

Die Montage des Akkuschraubers wird auf vier Arbeitsplätze aufgeteilt:

1. Elektronik und Motor in untere Gehäusehälfte einsetzen
2. Getriebe vormontieren
3. Getriebe in Motor einstecken sowie obere Gehäusehälfte montieren
4. Kontrolle und Verpackung

4.2 Materialflussplanung und Logistik

Die Logistik wird über einen Milkrunner realisiert. Alle an der Linie benötigten Einzelteile werden durch den Milkrunner nach dem Kanban-System kommissioniert und bereitgestellt. Während die Mitarbeiter im inneren der U-Linie die Montage durchführen, beliefert der Milkrunner von außen die Linie.

Der Materialfluss innerhalb der Linie ist durch das One-Piece-Flow Prinzip und der U-Linie vorgegeben. Die U-Anordnung wurde gewählt, um Start- und Endpunkt der Montage nah beieinander zu halten und somit überflüssige Wege zu vermeiden.

4.3 Einrichten der Montage im One-Piece-Flow

Nachfolgend abgebildet ist die virtuell aufgebaute Montage der Akkuschrauber DDF481 und DHP481 im One-Piece-Flow, mit dem Milkrun-Prinzip der Logistik.

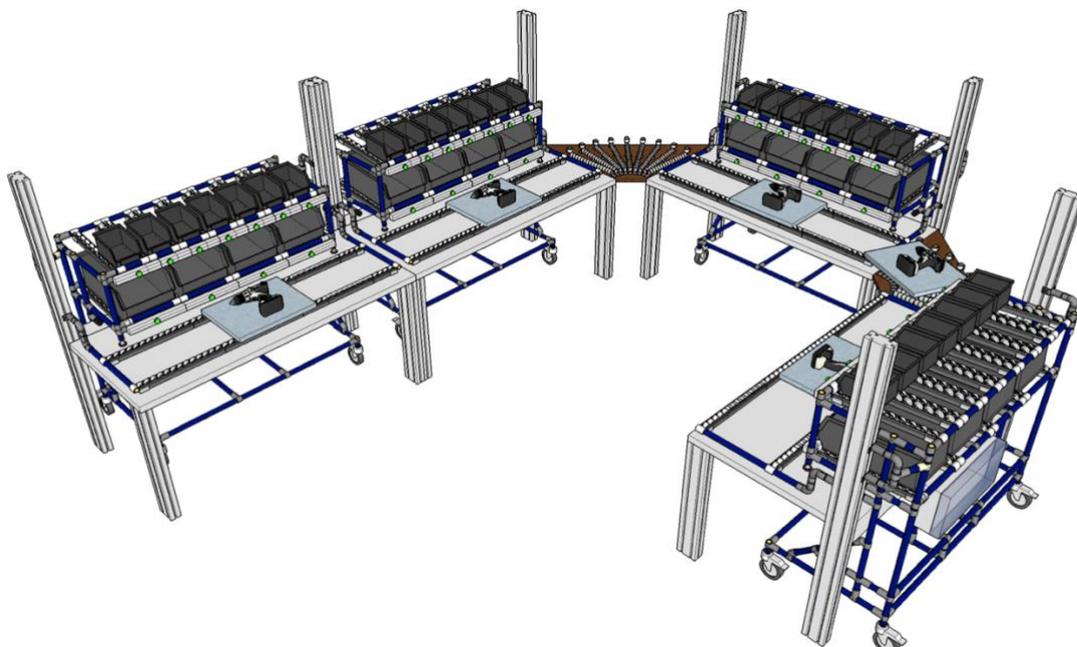


Abbildung 8 - Montage im One-Piece-Flow

5 Stufenmodell der Modellfabrik

Der Aufbau der Modellfabrik soll aus einem Stufenmodell heraus erfolgen. In drei aufeinander folgenden Stufen wird die Modellfabrik im Funktionsumfang sowie in den durchzuführenden Aufgaben expandiert. Nachfolgend werden Stufen separiert und beschrieben.

5.1 Stufe 1 - analoge Modellfabrik

Im ersten Schritt des Aufbaus der Modellfabrik wurde ausgehend von vorhandenen Materialien, dem Erweitern durch ITEM und der Auswahl eines geeigneten Arbeitsgegenstandes die Basis für die Veranstaltung gelegt. Ziel ist es, in diesem Schritt des Aufbaus Fehler auszumerzen und Verbesserungspotential zu eruieren. Die Studenten werden in Teamarbeit die folgenden Aufgaben durchführen:

- Einteilung der Gruppenmitglieder nach Funktionen (Werker, Hancho, Zeitnehmer)
- Kapazitäten, Schichtmodell, etc. erarbeiten
- Unternehmensziele auf Montage übertragen (BSC)
- Wahl des Produktionssystems
- Montageschritte separieren
 - o Montagevorranggraph erstellen
- Logistik, Materialfluss planen
- Montage einrichten
 - o Ergonomie
- Arbeitsplatzbeschreibungen erarbeiten
- Zeiten messen (REFA-Zeitstudie)
- Verbesserungen im Shopfloor besprechen (KATA-Verbesserung)

5.2 Stufe 2 - Smart Factory

Die zweite Ausbaustufe der Modellfabrik beinhaltet topaktuelle Themen im Bereich der Smart Factory. Zu implementieren sind Systeme, die Prozesse stabilisieren und den Werker in seiner Arbeit unterstützen. Gleichzeitig werden Inhalte zur Prozessüberwachung eingeführt, um zahlreiche Daten zur Montage zu erhalten.

1. Digitale Werkerführung
2. Werkeranmeldung am Arbeitsplatz
3. Pick-By-Light
4. Tracking des Arbeitsgegenstande
5. Einbindung von EC-Schraubern

5.2.1 Digitale Werkerführung

Die digitale Werkerführung dient der Vermeidung von Ausschuss durch fehlerhafte Montage. Sie unterstützen den Werker und begleitet ihn durch den Montageprozess. Die Werkerführung wird an einem Touchscreen am Arbeitsplatz realisiert. Visualisiert werden Montageschritte mit Hilfe von Abbildungen oder Videos. Gleichzeitig werden dem Werker die richtigen Betriebsmittel und Werkzeuge angezeigt. Das Quittieren des Arbeitsschrittes dient zur Selbstüberwachung des Werkers und kann auf verschiedene Weise erfolgen. Bei einem angeschlossenen EC-Schrauber wird nach Erreichen des Drehmoments eigenständig quittiert, eine zusätzliche Quittierung durch den Werker ist nicht nötig. Bei Anbindung eines Pick-to-Light Systems, kann die Quittierung manuell am Modul oder über eine automatische Eingriffskontrolle durchgeführt werden. Die Werkerführung ist eine Zusammenarbeit mit der Firma Turck und dem Hause CSAE.

5.2.2 Pick-to-Light

Die moderne Applikation zur fehlerfreien Kommissionierung Pick-to-light wird an den Kommissionierregalen realisiert. Das Regal wird an der Front mit Pick-to-light Modulen erweitert. Diese Module werden auf Profilschienen angebracht, welche an das Kommissionierregal geschraubt werden. Die Profilschienen besitzen eine Stromversorgung sowie eine Busleitung, auf der die Kommunikation erfolgt. Die Pick-to-Light Module der Firma Turck werden manuell per Knopfdruck quittiert oder besitzen in einer anderen Ausführung eine Lichtschranke, die bei Unterbrechung eine eigenständige Quittierung des Pick- Vorgangs tätigt. Die gesammelten Signale der 50 PTL Module werden an IO-Link-Module geleitet, welche am Netzwerk des Labors angeschlossen sind. Die Ansteuerung der Module erfolgt über hinterlegte Stücklisten. Der Kommissionierer hat die Möglichkeit, über das Handlesegerät einen Barcode zu scannen, der eine Pick-Reihenfolge auslöst. Des Weiteren besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Kommissionierung über die zentrale Produktionssteuerung anzustoßen.

Die Quittierung der Entnahme kann über drei Wege erfolgen:

1. Manueller Quittierung am Modul
2. Manuelle Quittierung am Handterminal
3. Automatische Quittierung über eine Lichtschranke



Abbildung 9 - Beispiel Pick-to-Light

5.2.3 Tracking des Arbeitsgegenstandes

Das Tracking des Arbeitsgegenstandes wird über HF Schreibleseköpfe der Firma Turck realisiert. Am ersten Arbeitsplatz wird dem Werkstückträger die Seriennummer des Akkuschraubers zugewiesen. Parallel wird eine Produktlebensakte erstellt. Die PLA wird mit folgenden Informationen gefüllt:

- Wo befindet sich der Akkuschrauber?
- Von welchem Mitarbeiter wird er bearbeitet?
- Seit wann ist der Akkuschrauber dort?

Es werden alle prozessrelevanten Daten gesammelt und sind jederzeit abrufbereit. Der Arbeitsgegenstand wird in den nachfolgelagerten Arbeitsplätzen erneut erfasst. Die an den jeweiligen Arbeitsplätzen durchgeführten Montageschritte werden in die Produktlebensakte (PLA) gespeichert und können ausgewertet werden. Gleichzeitig können durchgeführte Arbeiten den angemeldeten Werkern zugeordnet werden. Hier ist zu beachten, dass dies ausschließlich im Laborbetrieb erfolgt. Im Bereich der Industrie ist dies unzulässig

5.2.4 Laborstrukturierung mit Elementen der Digitalisierung

Die Modellfabrik ist mit seinen Elementen ein Trainingselement zur Anwendung erlangter Fähigkeiten im Bereich der Fabrikplanung sowie insbesondere der REFA Methodenlehre und des Lean Managements. Angewendet werden sollen demnach:

- das REFA Arbeitssystem
- Zeitaufnahmemethoden: REFA Zeitstudie
- REFA Multimomentaufnahme
- REFA Verteilzeitanalyse
- Arbeitsplatzgestaltung
- Lean-Methoden
- Elemente der Digitalisierung
- Produktionsplanung und – steuerung

Für die Unterbringung dieser Elemente in einem strukturierten Laborablauf wurden aus einzelnen Elementen der Fabrikplanung, Prozessoptimierung, dem Lean Management, REFA Inhalten sowie Führungselementen zusammenhängende Aufgaben zu einem Laborablauf zusammengefasst. Ziel es demnach, über Erkenntnisse, Nachbesserungen und erneuter Kontrolle der Ergebnisse eine Tendenz der Optimierung zu erkennen. Über Zeitaufnahmen werden Ist-Zeiten festgehalten und auf Shopfloor-Tafeln visualisiert. Die Zeitaufnahmen dienen gleichzeitig als Kennzahl zur Optimierung der Durchlaufzeit.

5.3 Stufe 3: Industrie 3.5

Im Endzeitszenario der Modellfabrik am Campus Wolfsburg werden innovative Elemente im Bereich der Fertigung eingebunden. Während Mensch-Roboter-Kollaborationen sowohl die Mitarbeiterkosten senken, als auch den Werker entlasten, dienen optische Merkmalkontrollen der Qualitätssicherung in der Montage des Akkuschauber

1. Mensch-Roboter Kollaboration
2. Digitale Qualitätssicherung (CAQ)
3. Virtuelle Fabrikplanung mittels Microsoft Hololens

5.3.1 Mensch-Roboter-Kollaboration

Die Mensch-Roboter-Kollaboration ist ein Kernaspekt der Industrie 4.0. Angestrebt werden demnach Prozesse, in denen Werker und Roboter gemeinsam arbeiten. Vorteile bietet dies hinsichtlich der Prozessstabilität sowie der Reduzierung von Mitarbeiterkosten. Im Endzeitszenario der Modellfabrik am Campus Wolfsburg werden Roboter der Universal genutzt. Die Roboter sind vielseitig einsetzbar und können mit wenig Aufwand in die Prozesse eingebunden werden. Vorarbeit leistet hier die in Stufe 2 umgesetzte Herstellung von Werkstückträgern aus einer Kombination zwischen einer Blechplatine und 3-D gedruckten Montageaufsätzen. Die gedruckten Werkstückträger platzieren den Arbeitsgegenstand immer exakt. Diese Genauigkeit wird für die Einbindung von Robotern benötigt, da diese programmierte Wege abfahren und auf Abweichungen nicht reagieren. Die Programmierung dieser Roboter erfolgt über einen simplen Teaching-Prozess. Der Werker führt den Arm des Roboters an die zu verschraubende Stelle und führt den Schraubprozess manuell am Arm des Roboters aus. Nach Durchführung der ersten Verschraubung setzt sich dieser Prozess weiter fort, bis alle Verschraubungen angelernt wurden.

Nach dem der Teach-Prozess in der Visualisierung des Roboters quittiert wurde, ist die Programmierung abgeschlossen.

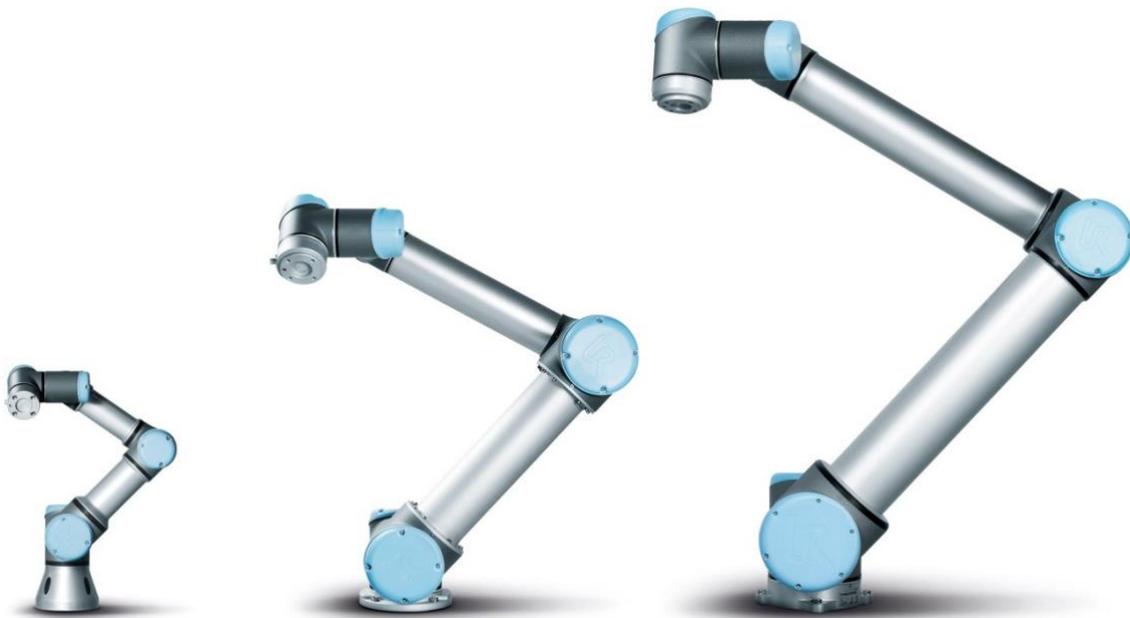


Abbildung 10 - Universal Robots

5.3.2 Digitale Qualitätssicherung

Zu digitalen Qualitätssicherung werden optische Sensoren zur Merkmalerkennung genutzt. Integriert werden in Stufe 3 der Modellfabrik optische Sensoren der Marke ifm electronic. Die eingesetzten Sensoren haben die Kennung O2D22x. Programmiert werden können 32 Anwendungen. Bei einer Entfernung von 50mm zum Objekt lassen sich Merkmale in einem Feld von 16x12mm kontrolliert werden. Die Visualisierung am Bildschirm gibt Aufschluss über fehlende Verschraubungen.



Abbildung 11 - ifm Objekterkennungssensor O2D220D

6. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, eine Modellfabrik für die Integration der Zusatzqualifikationen von REFA und MTM zu entwickeln. Um einen Grundrahmen für die Umsetzung der Modellfabrik zu setzen, wurden in einer vorangehenden Arbeit die Inhalte der Zusatzqualifikationen REFA Ingenieur, MTM BASIC sowie der REFA Grundausbildung aufgearbeitet und in das Curriculum der Studienrichtung Produktion und Umwelt integriert. Zur Umsetzung des siebten Moduls des REFA Ingenieurs wird eine Modellfabrik zur Anwendung erlernter Methoden benötigt. Durch Ausarbeitung der anzuwendenden Methoden sowie dem Kernaspekt des Lean Managements und der Digitalisierung wurde ein Konzept zum Aufbau einer Modellfabrik erarbeitet.

Inhalte der Fabrikplanung sowie der Produktionsplanung und –steuerung sind weitestgehend durch die Lerninhalte gesetzt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden entlang der acht Gestaltungsprinzipien von ganzheitlichen Produktionssystemen nach VDA2870 geeignete Methoden des Lean Managements zur Integration in die Modellfabrik beschrieben und gewichtet.

Die erlernten Methoden werden anhand der kompletten Einrichtung einer Fertigung für einen Arbeitsgegenstand umgesetzt. Zur Auswahl eines Arbeitsgegenstandes wurden mögliche Varianten erarbeitet und diskutiert. Über eine Nutzwertanalyse erwies sich die Anschaffung von Akkuschraubern der Firma Makita als geeignet. Die Variantenbildung in der Modellfabrik erfolgt über die Einspeisung von Akkus Schlagbohrschraubern der gleichen Modellreihe in die Fertigung. Durch die Integration einer Variantenfertigung ergeben sich auch im Bereich der realitätsnahen Prozessoptimierung sowie der Fabrikplanung im Allgemeinen neue Herausforderungen. Beschafft wurden insgesamt 28 Akkuschrauber von denen sieben eine Schlagfunktion besitzen.

Nach der Auswahl eines geeigneten Arbeitsgegenstandes erwiesen sich die Flexibilität und das Beibehalten von Freiheitsgraden als Herausforderung. Um die Einschränkung in Bezug auf die umsetzbaren Produktionssysteme so gering wie möglich zu halten, wurde im Bereich der Fördermittel, der Materialbereitstellung am Arbeitsplatz sowie der Logistik ein Konzept ausgearbeitet, das den Studierenden maximale Freiheit liefert. Über den ITEM Lean Baukasten wurde das vorhandene Inventar des Lean Labors erweitert.

Die Visualisierung erfolgt unter Verwendung von Lean- und KATA-Tafeln direkt im Shopfloor der Modellfabrik. Unter Zuhilfenahme von Lean Methoden im Shopfloor werden die Teilnehmer strukturierte und nachhaltige Lösungen für auftretende Probleme erarbeiten und die Ergebnisse auf den Lean-Tafeln festhalten, sodass über diese Tafeln die kontinuierliche Verbesserung in der Modellfabrik stets im Fokus der Veranstaltung liegt. Gleichzeitig werden Zeitaufnahme-Methoden wie die REFA Zeitstudie geeignete Kennzahlen über den aktuellen Stand der Fertigung und Aufschluss über den Nutzen der erarbeiteten Problemlösungen geben.

Im Rahmen der Logistik wird den Studierenden ein rollbares Kommissionierregal mit 50 Fächern zu Verfügung gestellt. Das Regal wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Pek3 konstruiert und besteht aus Rundrohrprofilen mit Rollenbahnen. Im Rahmen der zweiten Ausbaustufe der Modellfabrik wird dieses Regal mit Pick-by-Light ausgestattet, die notwendigen Vorkehrungen wurden in der Konstruktion berücksichtigt. Gleichzeitig bildet ein separater Kommissionierwagen das Betriebsmittel für den innerbetrieblichen Logistiker.

Für die Weitergabe des Arbeitsgegenstandes zum nächsten Arbeitsplatz wurden Werkstückträger aus einer Kombination von Additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck) sowie lasergeschnittenen Blechplatten konstruiert. Hierzu wurden die beiden Varianten des Akkuschraubers dreidimensional vermessen und mittel GOM-Software und Catia V5 in Volumenkörper überführt. Die Negativmodelle wurden nach der Bearbeitung mit 3D- Druckern des Typs ZMorph gedruckt. Das gedruckte 3D-Modell wurde anschließend mit der Blechplatte verschraubt und bildet den Werkstückträger der Modellfabrik. Gleichzeitig ist dies eine Vorarbeit für Stufe 3 der Modellfabrik, in die Mensch-Roboter-Kollaboration integriert wird.

Das erarbeitete Stufenmodell der Modellfabrik baut den Umfang und die Technologien im Rahmen der Digitalisierung von Stufe zu Stufe aus. Während in Stufe 1 der Modellfabrik die Montage analog ohne den Werker unterstützende Systeme durchgeführt wird, werden in Stufe 2 die ausgearbeiteten Digitalisierungselemente eingebunden. In modernen Produktionssystemen sind diese Systeme bereits im Einsatz. Pick-By-Light und das Tracking des Arbeitsgegenstandes über RFID sind innovative Technologien, die im Rahmen der Modellfabrik eingebunden werden. Nachdem Stufe 2 erfolgreich umgesetzt wurde, wird auf Stufe 3 erweitert. Die gedruckten Werkstückträger stellen im Bereich der Integration von MRK fähigen Robotern eine Vorarbeit dar. Der Arbeitsgegenstand wird exakt positioniert, wodurch Roboter die obere Gehäusehälfte verschrauben können.

Die Stufe 1 der Modellfabrik wurde am Campus Wolfsburg erfolgreich realisiert und wird den Studierenden zum Wintersemester 18/19 neue Möglichkeiten der Weiterentwicklung geben und schließt die Integration der genannten Zusatzqualifikationen in das Curriculum der Studienrichtung Produktion und Umwelt ab.

4. Literaturverzeichnis

- [1] Abbildung 22 - Explosionszeichnung DDF4
http://www.makita.de/fileadmin/user_upload/DDF458.pdf - 26.02.2018 / 15:21
- [2] Abbildung 23 - Explosionszeichnung - Einhell TE-CD 18Li
https://der-rasenmaeher.de/bilder/et_isc/451369111012.jpg - 10.03.2018 / 12:58
- [3] <https://www.awf.de/wp-content/uploads/2014/12/Visuelles-Management-aufwandsarme-Steuerung-der-Unternehmensprozesse.pdf> – 03-04-2018/15:41
- [4] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/refa-verband-fuer-arbeitsstudien-betriebsorganisation-und-unternehmensentwicklung-e-v.html>
- [5] Abbildung Montagegerechte Produktionsgestaltung
[http://refablog.de/img/151125%20IE_Montagegerechte%20Produktgestaltung/Bild%202.jpg]
- [6] Abbildung 1 – REFA Standardprogram „Auswertung von Zeitstudien“ – REFA GA 2.0 Teil 2A Kap. 4 Seite 35
- [7] REFA Multimomentaufnahme – REFA GA 2.0 Modul 2A Kap. 6 Seite 5FF
- [8] Abbildung 2 – 8 Schritte der Multimomentaufnahme
- [9] REFA GA 2.0 / Modul 2B Kap. 5 Seite 9
- [10] Brenner, Jörg; Tempel, Frank; Lean Production: praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung. 3. Auflagen. München: Hanser 2018
- [11] Brunner, Franz J.; Japanische Erfolgskonzepte: Kaizen, Lean Production Management, KVP, TPM, TPS, GD3 – Lean Development; München : Hanser, 2017
- [12] Betagnolli, Frank; Lean Management: Einführung und Vertiefung in die japanische Management Philosophie. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018
- [13] Becker, Torsten; Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. 3. Auflage Berlin : Springer Vieweg, [2018]
- [14] Hitoshi, Takeda; LCIA: Low Cost Intelligent Automation: Produktivitätsvorteile durch Einfachautomatisierung. 1. Auflage. München : mi-Fachverlag, Redline GmbH
- [16] Masaaki Imai; Kaizen der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerben Langen Müller / Herbig 1993
- [17] Philipp Dickmann Hrsg. Schlanker Materialfluss mit Lean Produktion Kanban und Innovationen 3. Auflage Springer 2014
- [18] MTM Basic Lehrgangsunterlagen [19] VDI 2870, 2871
- [20] N. Bleher, Produktionssysteme erfolgreich einführen, Springer Fachmedien Wiesbaden 2014
- [21] Pötters, Patrick; Shopfloor Management: Führen am Ort des Geschehens. München Hanser, 2017