

# *Automatisierung*



## **Abschlussbericht der Kooperationsphase 2018/19**

Durchgeführt am wbk Institut für Produktionstechnik

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Betreuer: MBA Daniel Gauder, Dario Weis

*Quenzer, Jonas*  
Vermontring 13A  
76149 Karlsruhe

*Badea, Dan*  
Stettiner Str. 24  
76139 Karlsruhe

# Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	3
1. Einleitung.....	4
2. Lernfabrik.....	5
2.1 Ziele und Angebote.....	5
2.2 Aufbau.....	6
2.3 Ablauf.....	7
2.4 Lager und Transport.....	9
3. Durchgeführte Projekte.....	10
3.1 Entwicklung eines Transportwagens.....	10
3.1.1 Aufgabenstellung.....	10
3.1.2 Vorgaben und Anforderungen.....	10
3.1.3 Planung.....	11
Entwurf 1: Wagen mit beweglicher Etage.....	11
Entwurf 2: Vernetzter Wagen.....	11
3.1.4 Ergebnis und Diskussion.....	13
Entwurf: Konstruktionsskizze vernetzter Wagen.....	13
3.2 Automatische Kontrolle.....	14
3.2.1 Aufgabenstellung.....	14
3.2.2 Planung.....	15
Entwurf 1: Gravimetrische Kontrolle.....	15
Funktionsweise des Programms.....	15
Entwurf 2: Optische Kontrolle.....	15
3.2.3 Ergebnis und Diskussion.....	16
4. Fazit.....	17
5. Anhang.....	18
5.1 Bildquellen.....	18
5.2 Literaturverzeichnis.....	18
6. Danksagung.....	19
7. Selbstständigkeitserklärung.....	20

## **Abstract**

The following final report deals with the further improvement based on the extent of automation in the so called Learning Factory for Global Production of the wbk Institute of Production Science at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Therefore, the production chain for electric engines was analyzed in order to find further solutions for an automatized production. These examinations led to two projects: The aim of the first project was to create a transportation dolly, which simplifies the conveyance between the warehouse and the different stations of assembly, thus reducing the transportation time noticeably. The second project dealt with methods of quality control considering the packing of cable channels. As soon as the content is not correct, a visible notification should appear so that the laborer may react. Although this is still in progress, however we have already succeeded in some aspects. The usage of a weighing scale is not sufficient; an additional optic control by a laser is necessary.

The basis of this final report is the cooperation phase as part of the “Hector-Seminar” and the methods of the “wbk”-Institute, including text and visual materials.

This work is the result of the cooperation between Hector Seminar and wbk Institute of Production Science, aiming to introduce scientific work to students.

# 1. Einleitung

Die Automatisierung umfasst das autonome Ausführen von Arbeitsschritten in einem Produktionsablauf. Sie ist ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung industrieller Produktionsprozesse. Die Automatisierung ermöglicht die Überwachung, Steuerung und Regelung einzelner Teilbereiche der Produktion. Hierbei wird die bisher vom Menschen verrichtete Arbeit durch einen automatisiert stattfindenden Arbeitsvorgang ersetzt.

Bei maschinenbetriebenen Arbeitsprozessen spricht man in diesem Zusammenhang von einer so genannten Mechanisierung. Dabei kann der Prozess sowohl nicht automatisiert, teilautomatisiert, bei dem der Mensch den Prozess steuert, die Maschine aber ausführt, als auch vollautomatisiert ablaufen. Der Grad der Automatisierung eines gesamten Produktionsprozesses, auch Automatisierungsgrad genannt, setzt sich aus dem Anteil an vollständig automatisierten, teil-automatisierten und nicht automatisierten Arbeitsschritten zusammen.

Ein Beispiel für eine Produktionsstätte mit skalierbarem Automatisierungsgrad ist die „Lernfabrik für globale Produktion“ am Institut für Produktionstechnik (wbk) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Dort werden Elektromotoren in einer Montagelinie zusammengebaut. Die verschiedenen Arbeitsschritte bei der Produktion der Elektromotoren werden in der Lernfabrik mit verschiedenen manuellen und automatisierten Stationen nachgebildet und sind an industrielle Fertigungsverfahren angepasst.

In unserer Arbeit haben wir uns damit beschäftigt, Möglichkeiten zu entwickeln, Produktionsprozesse in der Lernfabrik weiter zu automatisieren und zu optimieren. In unserem ersten Projekt haben wir einen vernetzten Transportwagen für die „Lernfabrik für globale Produktion“ entworfen, der die jeweiligen für den Produktionsschritt benötigten Komponenten vom Lager an die entsprechenden Stationen transportiert.

Ziel unseres zweiten Teilprojektes war es, am Beispiel einer Packstation für Kabelkanäle eine Möglichkeit zur automatisierten Qualitätskontrolle zu entwickeln.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen helfen, die bestehende Montagelinie für Elektromotoren weiterzuentwickeln und an reale Abläufe anzupassen. In Workshops können so Studierende und Beschäftigte in der „Lernfabrik für globale Produktion“ verschiedene Möglichkeiten der Automatisierung praktisch kennenlernen.

## 2. Lernfabrik

Die Lernfabrik bietet die Möglichkeit, einen Elektromotor aus den Einzelteilen an aufeinander folgenden Montagestationen zusammenzubauen (Abb. 1, 2). Diese sind auf Rollen montiert und können beliebig, modular verschoben oder ausgetauscht werden.



Abb. 1: Einzelne Montagestationen



Abb. 2: Anordnung der Stationen

Dadurch kann untersucht werden, welche Anordnung der Arbeitsschritte sich als besonders effizient erweist oder welche, zum Beispiel durch sich kreuzende Laufwege der Beschäftigten, ein erhöhtes Unfallrisiko bergen.

### 2.1 Ziele und Angebote

Das Ziel der „Lernfabrik für globale Produktion“ ist es, den Ablauf einer Produktion eines Elektromotors zu veranschaulichen. Die Lernfabrik ist ein Modell einer in der Industrie existierenden Fabrik. Zwar findet in der Lernfabrik keine Massenproduktion statt, dennoch sind die einzelnen Stationen auf Massenproduktion ausgelegt. In der Lernfabrik wird vor allem an neuen Automatisierungslösungen gearbeitet, aber sie kann auch für Workshops (Abb. 3) genutzt werden. Diese fungieren als eine Art Planspiel, sodass die Teilnehmenden, unter anderem auch Studierende oder Auszubildende einen Eindruck davon bekommen, wie ein Produktionsprozess abläuft und welche Probleme dabei auftreten können.

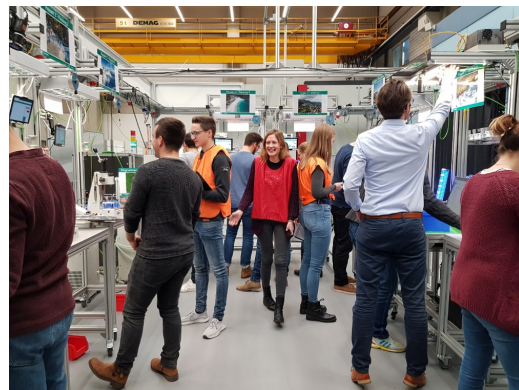


Abb. 3: Workshop mit Studierenden



## 2.2 Aufbau

In der Montage durchläuft ein Elektromotor neun Stationen. Diese lassen sich in drei verschiedene Kategorien unterteilen: Pressen, Fügen und Schrauben. Zusätzlich ist eine Station erforderlich, an der nach den Presstationen magnetisiert wird. Die Reihenfolge des Montageablaufs ist dabei vorgegeben. So kann der Elektromotor beispielsweise nicht erst magnetisiert werden, wenn dieser fertig ist. Zum Schluss wird an der Prüfstation kontrolliert, ob der Elektromotor korrekt montiert wurde.

Die Montagestationen werden bevorzugt in "U-Form" angeordnet, da dies zum einem platzsparend ist und zum anderen einen guten Zugang und Überblick bei der Kontrolle des Produktionsablaufs bietet.

Die Bauteile werden entlang der Montagelinie manuell über Beistelltische oder Metallteller (Abb. 4) weitergegeben.

Der Einsatz eines Roboterarms (Abb. 5) zum Transport zwischen den Stationen würde sich nicht lohnen, da so keine Arbeitskraft eingespart wird. Ein Roboter in der Produktion birgt neben den Anschaffungskosten noch Reparatur- und Unterhaltungskosten. Durch das sogenannte "Teachen" über ein Eingabepad (Abb. 6) muss der Roboter zunächst an die Produktionsumgebung angepasst werden. Des Weiteren braucht ein Industrieroboter einen Sicherheitsaufbau zum Schutz der Beschäftigten.

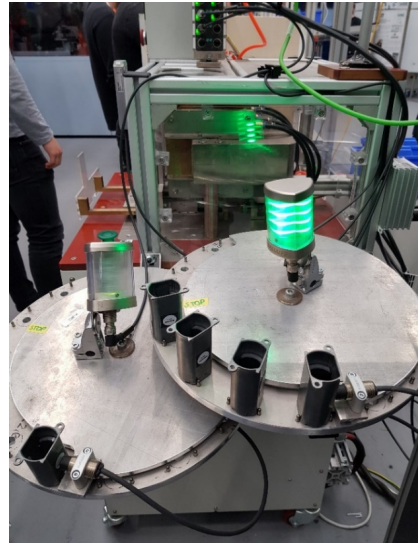


Abb. 4: Metallteller zwischen den Stationen



Abb. 5: Arm eines Industrieroboters



Abb. 6: Eingabepad mit Roboter

## 2.3 Ablauf

Zu Beginn der Poduktionslinie werden zwei Eisenscheiben und die zugehörigen Klemmfedern in ein metallisches Polgehäuse gepresst (Pressen 1; Abb. 7). Dann werden eine Sinterbuchse (Pressen 2; Abb. 8) und eine Lagerbuchse (Pressen 3) eingepresst.

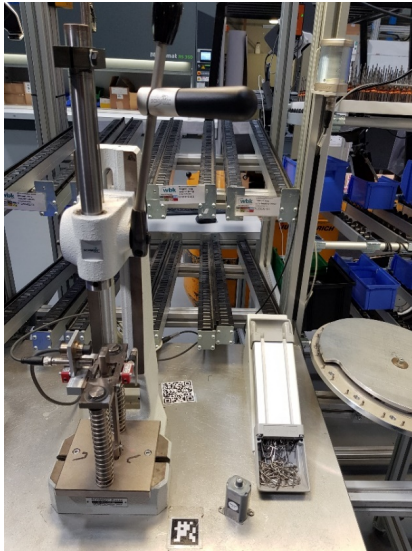


Abb. 7: Pressen 1

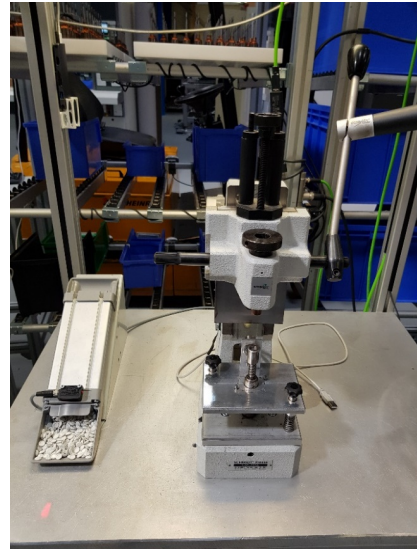


Abb. 8: Pressen 2

Anschließend werden die Eisenscheiben aus Pressen 1 an der nächsten Station magnetisiert. Danach wird ein Anker (Abb. 9) in die Mitte des Polgehäuses gesetzt und ein Ringmagnet auf die Welle geschoben (Pressen 4). An der sechsten Station werden ein Bürstenträger, ein Schneckengetriebe und ein Getriebegehäuse in den Aufbau gefügt (Fügen 1). Nun kann das Gehäuse an das Polgehäuse geschraubt werden (Schrauben 1). Dann werden in das Gehäuse Zahnräder gelegt, sodass das Ganze mit einem Deckel gefügt (Fügen 2) und der Getriebegehäusedeckel anschließend verschraubt (Schrauben 2; Abb. 10) werden kann. Zuletzt wird der fertige Elektromotor an der Prüfstation auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft.



Abb. 9: Anker für Elektromotoren

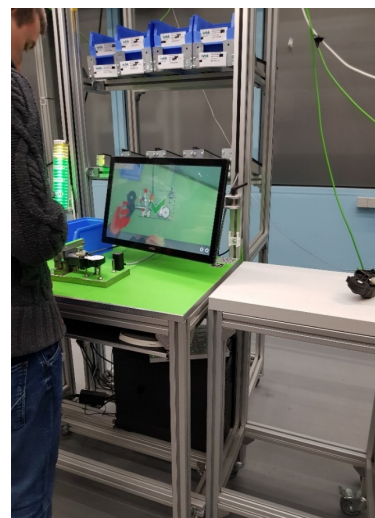


Abb. 10: Schrauben 2

Die nachfolgende Tabelle fasst die einzelnen Arbeitsschritte noch einmal zusammen:

<b>Station</b>	<b>Ablauf</b>
Pressen 1	zwei Eisenscheiben und zugehörige Klemmfedern werden in ein Polgehäuse gepresst
Pressen 2	Sinterbuchse wird eingepresst
Pressen 3	Lagerbuchse wird eingepresst
Magnetisierstation	Eisenscheiben werden magnetisiert
Pressen 4	Anker wird ins Polgehäuse gesetzt Ringmagnet wird auf die Welle geschoben
Fügen 1	Bürstenträger, Schneckengetriebe und Getriebegehäuse werden in den Aufbau gefügt
Schrauben 1	Gehäuse wird an Polgehäuse geschraubt
Fügen 2	Zahnräder werden eingelegt Deckel wird mit Getriebegehäuse gefügt
Schrauben 2	Getriebegehäusedeckel wird verschraubt
Prüfstation	Elektromotor wird auf Funktionsfähigkeit und Vollständigkeit getestet



## 2.4 Lager und Transport

Die Organisation der Komponenten in der „Lernfabrik für globale Produktion“ erfolgte bisher manuell. Die Bauteile, welche für den Bau des Elektromotors verwendet werden, befinden sich in Aufbewahrungskisten, die auch als "Rucksack" bezeichnet werden. Mit Hilfe spezieller Transportwagen, die so genannten Kommissionierwagen, werden aufgebrauchte Komponenten aus dem Lager angeliefert. Diese Transportwagen verbinden das Komponentenlager mit den verschiedenen Montagestationen der Lernfabrik. Zu Beginn unseres Projektes waren die diversen Komponenten, welche für den Zusammenbau des Elektromotors benötigt werden, noch in mehrstöckigen Metallregalen verstaut (Abb.11). Diese befanden sich in einem separaten Raum, sodass die Nachlieferung viel Zeit beanspruchte. Das alte Lager wurde durch einen so genannten Paternoster (Abb. 12), ein elektrisch steuerbares, mehrstöckiges Lager ersetzt. Um die gewünschten Teile zu erhalten, muss die Ebene auf der diese sich befinden manuell eingegeben werden, sodass der Paternoster an die richtige Stelle fährt.

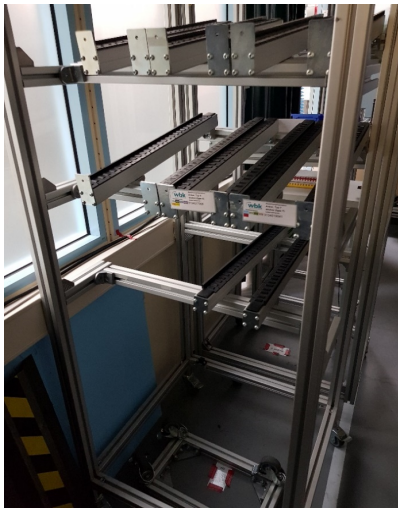


Abb. 11: Altes Lager



Abb. 12: Paternoster

Die vorhandenen Kommissionierwagen passten durch ihre Maße nicht zum neuen Paternoster und konnten deshalb ihre Funktion nicht mehr richtig erfüllen.

### 3. Durchgeführte Projekte

Für die bestehende Montagelinie wurden zwei Konzepte entwickelt mit dem Ziel, die Produktion weiter zu automatisieren. Durch die Planung und Konstruktion eines Transportwagens soll das Lager und damit die Logistik automatisiert und an die Montagelinie der Lernfabrik angebunden werden. Das zweite Konzept betrachtet den Bereich der Qualitätssicherung. Am Beispiel einer Packstation für Kabelkanäle sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, mit denen Fehler im Packprozess vermieden werden können.

#### 3.1 Entwicklung eines Transportwagens

##### 3.1.1 Aufgabenstellung

Ziel war es, einen Transportwagen zu entwickeln, der automatisch mit dem Paternoster kommuniziert und kontrolliert, ob die gewünschten Teile angeliefert werden. Dazu haben wir einen solchen Wagen geplant und Konstruktionsentwürfe angefertigt.

##### 3.1.2 Vorgaben und Anforderungen

Der Transportwagen sollte den folgenden Anforderungen entsprechen:

- Der Wagen soll gut lenkbar und auch auf engem Raum wendig sein.
- Der Wagen soll Stauraum für die benötigten Komponenten bieten.
- Fast alle Komponenten werden in Kisten aufbewahrt, die in drei verschiedenen Größen vorhanden sind (Abb. 13). Diese sollten alle mit dem Wagen transportiert werden können.
- Der Wagen soll mit dem Paternoster vernetzt sein.
- Der Paternoster soll erkennen, wenn sich der Wagen vor ihm befindet, zum Beispiel mithilfe eines RFID-Sensors (Abb. 14).



Abb. 13: Regal mit verschiedenen Kistengrößen

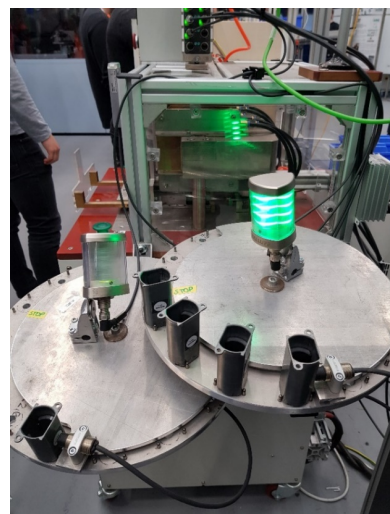


Abb. 14: Metallteller mit RFID-Sensor

- Der Wagen soll dem Mitarbeiter Informationen über die erforderlichen Teile wie Kennnummer, Bild, Abmessungen oder Variante des Elektromotors anzeigen.
- Bereits angelieferte Teile und die Komponenten, die sich auf ihm befinden, soll der Wagen erkennen und die fehlenden Teile, ähnlich wie auf einem virtuellen Einkaufszettel, markieren.
- Der Wagen soll auf die Höhe der Ladefläche des Paternosters angepasst sein, dass auch bei schwereren Kisten die körperliche Belastung der Beschäftigten möglichst gering gehalten wird.

### **3.1.3 Planung**

#### **Entwurf 1: Wagen mit beweglicher Etage**

Im Fokus stand bei diesem Entwurf, einen Wagen zu entwickeln, mit dem möglichst flexibel die verschieden großen Teile bzw. Kisten transportiert werden können.

Der vorgeschlagene Entwurf beschreibt einen Wagen mit 2 Ebenen, wobei die obere Ebene sich auf Höhe des Paternosters befinden soll. Sie soll sich aufklappen lassen und so den Zugang von oben zur zweiten Etage ermöglichen. Diese Etage ist vor allem für große und schwere Kisten gedacht. Sie soll mithilfe von mechanischen Federn nach oben gedrückt werden, sodass sie sich ohne Belastung knapp unterhalb der Ersten befindet. Damit die untere Etage beim Fahren nicht hoch und runter schwingt und so hinderlich ist, soll sie unter Belastung einrasten. Wenn die Kiste wieder vom Wagen genommen wird, kann der Arbeiter die Verriegelung lösen und die Kiste soll von den Federn nach oben gedrückt werden. Die obere Etage ist für kleine und mittlere Kisten gedacht. Dort soll neben den Kisten auch Platz für andere Module, z. B. zur Sortierung der Komponenten sein.

Der vorgeschlagene Entwurf betrachtet vor allem die Anforderungen für den Transport verschiedener Kistengrößen. Da dies nach Aussage der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter jedoch in der Praxis wenig relevant ist und vergleichsweise wenig Nutzen bringen würde, wurde der Entwurf im Folgenden nicht weiter verfolgt. In der Regel werden kleine und mittlere Kisten benötigt. Größere Kisten werden nur außerhalb der Workshops transportiert.

Darüber hinaus erschien dieser Entwurf in der Umsetzung als sehr aufwändig gegenüber dem niedrigen Nutzen und wurde daher nicht weiter verfolgt.

#### **Entwurf 2: Vernetzter Wagen**

Der Fokus des zweiten Entwurfs lag darauf, einen Wagen zu entwickeln, der mit dem Paternoster vernetzt ist, um so die Verteilung an die einzelnen Stationen und den Transport der Komponenten vom Lager in die Lernfabrik weiter zu automatisieren. Dem Paternoster soll automatisch mitgeteilt werden, welche Teile benötigt werden, sodass dieser automatisch auf die richtige Ebene fährt, die Kisten mit den angeforderten Teilen holt und anliefert. Da große Kisten außerhalb spezieller Testläufe nur selten transportiert werden, ist nur eine Etage für kleine und mittlere Kisten geplant. Das untere Fach dient somit vor allem zur Stabilisierung des Wagens. Die obere Etage ist auf die

Maße der Kisten abgestimmt, d. h. dass beispielsweise drei kleine Kisten in der Länge nebeneinander passen. Dazu ist die obere Etage von einer 5 cm hohen Umrandung umgeben, sodass die Kisten beim Transport nicht verrutschen können.

Für eine mögliche Umsetzung wurde eine technische Skizze mit einem CAD-Programm angefertigt. Dazu wurden die exakten Maße der einzelnen Kisten, der Höhe der Ablage des Paternosters und der Durchmesser der Wagenrollen bestimmt:

- I) große Kisten: 680 mm x 460 mm x 310 mm
- II) mittlere Kisten: 350 mm x 210 mm x 250 mm
- III) kleine Kisten: 230 mm x 150 mm x 220 mm
- IV) Paternoster: h: 1010 mm
- V) Wagenrollen: h: 110 mm; d: 70 mm

Das CAD-Programm verwendet die Werkstücke aus den Datenbanken der Hersteller. So kann man die Zeichnung später mit den entsprechenden Teilen und Verbindungsschrauben direkt umsetzen. Für die Verbindung der Werkstücke stehen verschiedene Funktionen zur Auswahl. Die Werkstücke können manuell verschoben, an anderen Teilen ausgerichtet und fixiert werden. Über gewählte Abstände und Winkel lässt sich so die genaue Lage der Werkstücke zueinander einstellen. Jedes Teil muss drei Verbindungsstellen aufweisen (Abb. 15 a), jeweils eine für jede Richtung des Raumes (x-, y-, z-Achse).

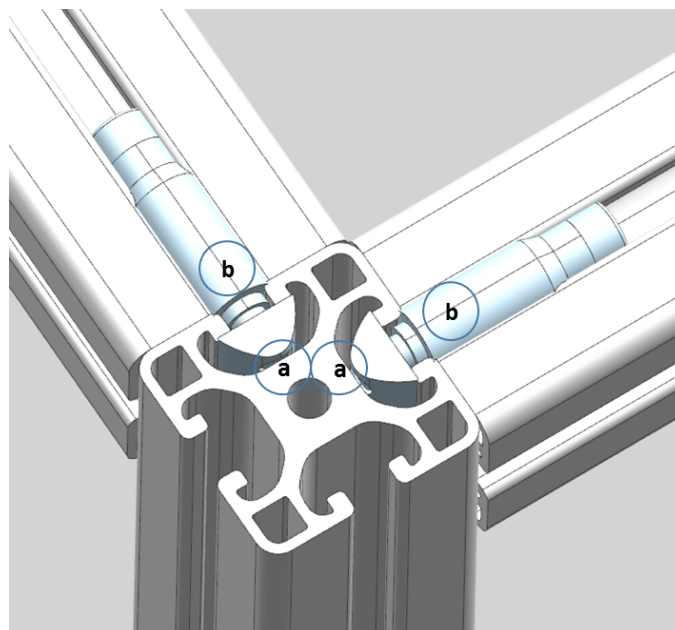


Abb. 15: Verbindungsstelle (a) der Verbindungsschrauben (b)

Auf entsprechende Weise werden Verbindungsschrauben (Abb. 15, b) mit den zugehörigen Muttern in die Skizze eingefügt.

### 3.1.4 Ergebnis und Diskussion

#### Entwurf: Konstruktionsskizze vernetzter Wagen

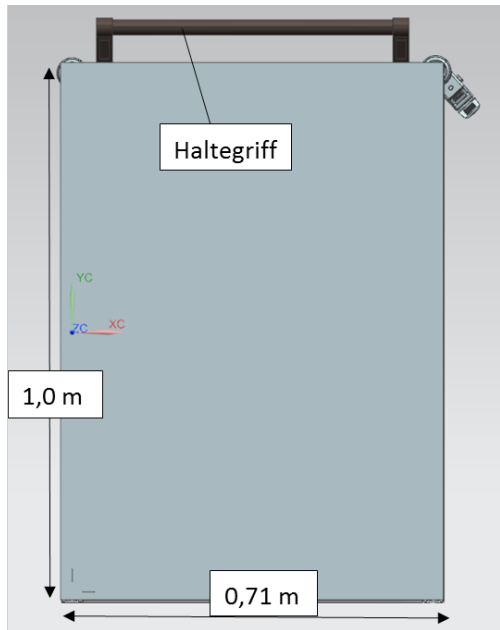


Abb. 16: Ansicht von oben

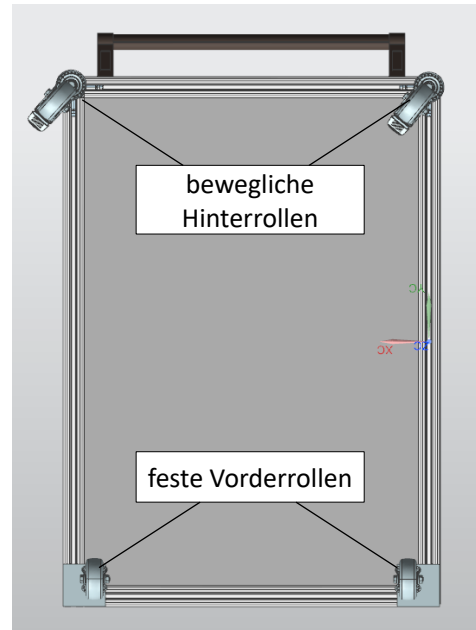


Abb. 17: Ansicht von unten

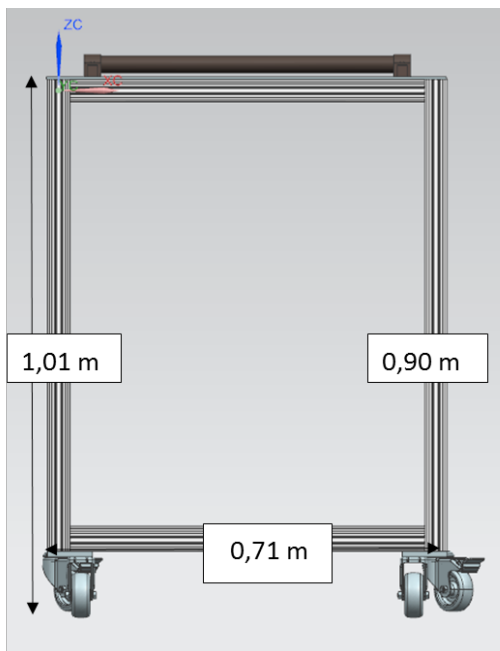


Abb. 18: Ansicht von vorne

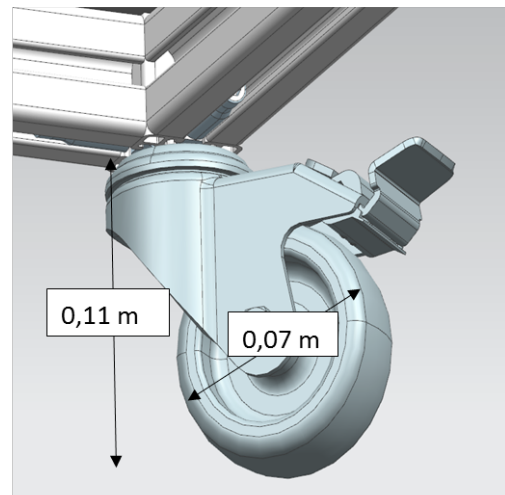


Abb. 19: Rollenansicht

Die geplante Kommunikation des Transportwagens mit dem Paternoster konnte aus Zeitgründen nicht mehr umgesetzt werden.

Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen könnte die Montagelinie auch im Bereich Logistik weiter automatisiert und an den Paternoster angebunden werden. Um den Kontakt zwischen Wagen und Lager bereitzustellen, könnte ein RFID-Tag (Abb. 14) verwendet werden, der an verschiedenen Stellen der Lernfabrik zur Überwachung der Poltöpfe an den einzelnen Stationen genutzt wird.



## 3.2 Automatische Kontrolle

### 3.2.1 Aufgabenstellung

Ein externer Auftraggeber, der Kabelkanäle herstellt, will neben der Kontrolle durch die Arbeitskräfte eine zusätzliche, automatisierte Maßnahme zur Qualitätssicherung einführen, um fehlerhafte Bestellungen zu minimieren. An diesem Projekt haben wir nicht allein gearbeitet. Es fand in Kooperation mit Beschäftigten des wbk statt.

Fehlerhafte Bestellungen, die falsch verpackt, bei denen Teile beschädigt sind oder fehlen, erzeugen hohe Kosten.

Kommt ein Paket mit der falschen Anzahl an Kabelkanälen beim Kunden an, wird dieses meist komplett zurückgeschickt. Die Retouren müssen aufgenommen und wieder in das Lager integriert werden. Neben den Versandkosten entstehen hier zusätzliche vermeidbare Kosten. Der Kunde muss unterdessen auf die vollständige Lieferung warten, worunter die Kundenzufriedenheit leidet.

Die meisten Fehler beim Versand der Kabelkanäle entstehen beim Packprozess. Die Kabelkanäle werden in Zehner-Gebinden versandt. Sie bestehen aus U-förmigen Unterteilen und passenden flachen Deckeln. Das optimale Packmaß wird erreicht, indem jeweils zwei Unterteile zusammengesteckt werden. Je fünf Paare werden von Hand mit den aufeinander gestapelten Deckeln zu zwei Dreier-Reihen (Abb. 20) in den Karton geschichtet. Dabei entstehen vor allem beim Abzählen der Deckel Fehler. Die Idee ist, eine automatisierte Kontrolle des Paketinhaltes direkt nach dem Packprozess durchzuführen, sodass die Bestellung bei Bedarf korrigiert werden kann.

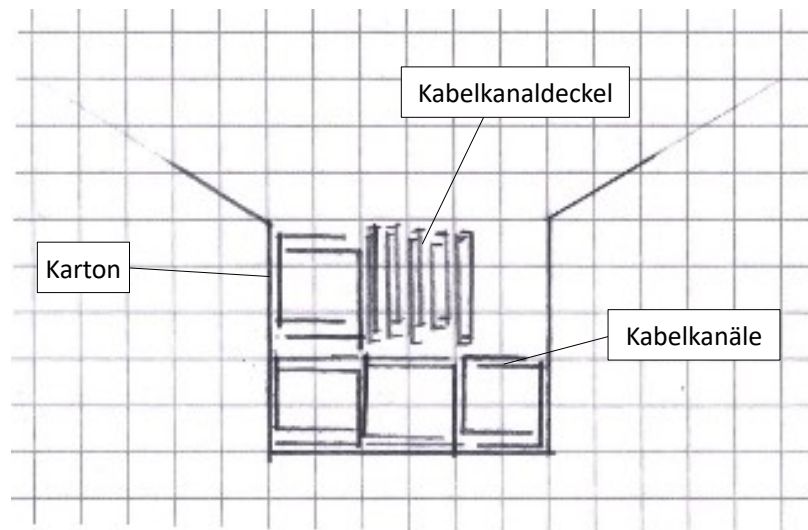


Abb. 20: Anordnung der Kabelkanäle (Querschnitt des Kartons)

## 3.2.2 Planung

### Entwurf 1: Gravimetrische Kontrolle

Mit einer Waage soll das Gewicht der Pakete ermittelt und anschließend mit einem aus den Einzelteilen berechneten Referenzwert verglichen werden. Die Waage besteht aus zwei Teilen, sodass die Masse für die gesamte Länge der Kabelkanäle erfasst werden kann. Sie gibt über eine Schnittstelle den Wert digital an und kann mit der Programmiersprache Python angesteuert werden.

### Funktionsweise des Programms

Das Programm addiert die Werte der beiden Balken der Waage zusammen und rundet das Ergebnis auf eine Dezimale. Es folgt eine wenn-Funktion, welche erst aktiviert wird, wenn der Wert der beiden Waagen das Gewicht des leeren Kartons überschreitet. Danach wird die Differenz des Leergewichts des Kartons und des tatsächlichen Gewichts ermittelt. Dieser Wert wird durch die Anzahl gleicher Teile einer Bestellung, z. B. der Unterteile, geteilt. Dann prüft das Programm, ob das Ergebnis ganzzahlig ist und dem Gewicht eines Teils entspricht. Das Programm erkennt aktuell nur eine Sorte von Teilen, entweder Deckel oder Kabelkanäle, da die Gewichtskombination zweier Teile bei der Erstellung noch nicht berücksichtigt wurde.

Die verwendete Handelswaage ist für die Unterscheidung des Gewichtes zwischen Kabelkanal und Kabelkanaldeckel unzureichend, da diese eine Ungenauigkeit von bis zu 6 g pro Kilogramm aufweist. Das sind bei 800 g Masse bei dieser Handelswaage der Klasse 1, Ungenauigkeiten von +/- 4 g. Ein Kabelkanal wiegt wenige Gramm mehr als sein zugehöriger Deckel. Somit sind bei einer Messung Fehler nicht auszuschließen. Bei einer Verpackung mit 6 Kabelkanälen und 4 Kabelkanaldeckeln unterscheidet die Waage nicht immer von einer anderen Lieferung mit 5 Kabelkanälen und genauso vielen Kabelkanaldeckeln.

### Entwurf 2: Optische Kontrolle

Eine andere Idee war die Kontrolle über ein optisches Erkennungsgerät durchzuführen, zum Beispiel eine Kamera oder ein Laser. Während Studierende versuchen das Problem mit Hilfe einer Kamera, die über unterschiedliche Farbwerte im Bild die Stückzahlen ermittelt, zu lösen, haben wir uns mit der Möglichkeit einen Laser einzusetzen beschäftigt.

Die verschiedenen Modelle unterscheiden sich vor allem in Stärke, Reichweite und Genauigkeit des Lasers. So gelten bei den verschiedenen Modellen unterschiedliche Sicherheitsbestimmungen. Als Laser wurde das Gerät Profiler der Firma Cognex (Abb. 21) ausgewählt. Er kann das Profil eines Gegenstands erfassen und Abstände ausmessen. Er sollte die Oberfläche des Kartoninhaltes erfassen. Der Scan sollte kurz nach dem Packprozess erfolgen, bevor der Karton geschlossen wird. Über das Profil der Oberfläche sollte dann ein Programm die einzelnen Vertiefungen analysieren und so die Anzahl der Deckel erfassen.



Abb. 21: Cognex Profiler

### 3.2.3 Ergebnis und Diskussion

Der Scanner ist wahrscheinlich besser dazu geeignet, die richtige Anzahl der Deckel zu erfassen. Die Anzahl der Unterteile die sich am Boden befinden, kann er in dem geplanten Aufbau jedoch nicht ermitteln. Um auch die unteren Teile zu überprüfen, müsste man die Station wahrscheinlich aufteilen in zwei Packstationen und mit zwei Lasern Schritt für Schritt kontrollieren. Dies lässt der aktuelle Aufbau jedoch nicht zu. Das Verfahren ist demnach nur für solche Pakete geeignet, in denen die Produkte in einer Lage vorliegen. Für die Qualitätskontrolle der Kabelkanäle am Ende des Packvorgangs ist das Verfahren daher nicht geeignet.

## 4. Fazit

Die Automatisierung von Montageprozessen wird in der Industrie 4.0 eine wichtige Rolle spielen. Es ist wichtig, dass diese weiter entwickelt werden. Institutionen wie die „Lernfabrik für Globale Produktion“ können helfen, Möglichkeiten zur Verbesserung von Produktionsprozessen zu entwickeln, zu erforschen und fortzubilden.

Im Projekt konnten wir hierzu an zwei konkreten Beispielen Ideen entwickeln: Der von uns vorgeschlagene Transportwagen, welcher auf dem Weg vom „Paternoster“ zu den verschiedenen Montagestationen genutzt werden kann, oder die automatisierte Überprüfung auf Vollständigkeit von Kabelkanalverpackungen durch die Anwendung eines Lasers bzw. einer Waage, sind Beispiele wie Automatisierung umgesetzt werden kann. Sowohl der Transportwagen, als auch die automatisierte Kontrolle durch einen Laser bieten weitere Möglichkeiten zur Weiterentwicklung und zu Verbesserungen.

Sobald der Transportwagen reibungslos an den „Paternoster“ andocken kann und das Manövrieren zudem bei voller Beladung einwandfrei funktioniert, können weitere Ideen zur Verbesserung des Transportwagens umgesetzt werden. So könnte an den Griff des Transportwagens eine Halterung für ein Tablet angebracht werden, auf welchem dargestellt werden kann, welche Konstruktionsteile benötigt werden. Dabei kann die Lieferinformation direkt über das Tablet an die Beschäftigten in der Logistik geschickt werden. Bereits angelieferte Teile werden markiert und die aktualisierte Bestellliste kann so jederzeit eingesehen werden. Über RFID-Tags könnten ähnliche Teile, z. B. gleichen Typus aber unterschiedlicher Größe, die häufig gemeinsam benötigt werden, voneinander unterschieden und Fehler vermieden werden. Mit diesen Neuerungen wäre der Transportwagen besser in die automatisierten Abläufe der Lernfabrik integriert, da alle relevanten Informationen jederzeit, z. B. auf einem Tablet zur Verfügung ständen.

Durch die automatische Überprüfung der Kabelkanalverpackungen können die von Menschen verursachten Produktionsfehler deutlich reduziert werden. Bislang ist der Laser in der Lage, ein Verpackungsschema zu überprüfen. Der nächste Meilenstein wäre daher, dass der Scanner alle Teile in dem Paket erkennen und unterschiedliche Kabelkanalreliefs unterscheiden kann. Anhand entsprechender Software könnte dies mit den bestehenden Aufträgen abgeglichen und über einen Bildschirm dargestellt werden.

Die beschriebenen Lösungsvorschläge könnten somit helfen, die Automatisierung der Lernfabrik in Zukunft weiter zu optimieren.

## 5. Anhang

### 5.1 Bildquellen

Abb. 1 – Abb. 20: eigene Aufnahmen

Abb. 21: <https://www.packagingstrategies.com/ext/resources/2017-Postings/Supply-Products/Cognex-In-Sight-for-web.png?1492544946>

### 5.2 Literaturverzeichnis

Internet:

<https://www.wbk.kit.edu/3242.php>, (Zugriff am 30.07.19)

<http://globallearningfactory.com/module/modul-skalierbare-automatisierung/>, (Zugriff am 30.07.19)

<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/automatisierung-27138>, (Zugriff am 30.07.19)

<https://www.cognex.com/products/machine-vision/3d-laser-profilers/in-sight-laser-profiler>, (Zugriff am 30.07.19)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Industry\\_4.0](https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0), (Zugriff. am 30.07.19)

Workshop-Hefte:

Lernfabrik – Skalierbare Automatisierung – Maschinen-Steckbriefe, wbk Institut für Produktionstechnik

Skalierbare Automatisierung – Kompaktseminar in der Lernfabrik Globale Produktion, MBA Daniel Gauder, M.Sc. Florian Stamer, M.Sc. Raphael Wagner

Videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=1r0kkZj2tYk> (autonome Automatisierung durch KI), (Zugriff am 30.07.19)

<https://www.youtube.com/watch?v=kQLbVVPNTMQ> (zur Industrie 4.0), (Zugriff am 30.07.19)

<https://www.youtube.com/watch?v=pCVzBscu0MM> (Cognex Laser-Profiler), (Zugriff am 30.07.19)



## 6. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir der Leitung, den Beschäftigten und Studierenden des wbk Institut für Produktionstechnik danken, die uns ihre Räumlichkeiten und ihr Wissen zur Verfügung gestellt und uns dieses Projekt ermöglicht haben. Dabei geht ein besonderer Dank an unseren Betreuer, Daniel Gauder, welcher uns mit seinem breiten Fachwissen und seiner großen Begeisterung für das Thema Automatisierung und Industrie 4.0 in unserem Projekt unterstützt hat. Des weiteren möchten wir Dario Weis danken, der uns in den Umgang mit dem CAD-Programmierung eingeweiht hat und bei Problemen immer eine Lösung parat hatte. Unser Dank geht außerdem an Dr. Hans-Werner Hector und Josephine Hector, die das Hector-Seminar gegründet und somit auch die wissenschaftliche Arbeit in der Kooperationsphase erst möglich gemacht haben. Als letztes möchten wir uns bei unseren Kursleitern des Kurses KA13, Anke Richert und Dietmar Gruber bedanken, die uns bei der Realisierung unseres Projektes durch Korrektur, Organisation und bei Rückfragen geholfen haben.

## 7. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erklären wir, dass wir die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als angegeben verwendet haben. Insbesondere versichern wir, dass wir alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht haben.

Ort, Datum:

Ort, Datum:

---

Unterschrift:

Unterschrift:

---