Digitale Bildverarbeitung für Barcodes und Definition und Gestaltung der Übergabezone

T3100 Studienarbeit

des Studienganges TFE 20-2, TEA 20

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg

von
Robin Simanowski und Lukas Kehrer

Abgabedatum:	16. Januar 2023
Bearbeitungszeitraum:	9. Oktober 2022 – 16. Januar 2023
Matrikelnummer:	96009168, 5121766
Kurs:	TFE 20-2, TEA 20
Ausbildungsfirma:	ZF Friedrichshafen AG
Betreuer der Studienarbeit:	Prof. Dr. Dietmüller, B. Eng. Koirala
Gutachter der Dualen Hochschule:	Prof. Dr. Dietmüller

i. Eidesstattliche Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 25.07.2018.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Projektarbeit mit dem Thema:

Digitale Bildverarbeitung für Barcodes und Definition und Gestaltung der Übergabezone

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 15. Januar 2023

_____

Robin Simanowski

_____

Lukas Kehrer

ii. Kurzfassung

Im Rahmen dieser Arbeit und der auf ihr aufbauenden Weiterführung im Sommer 2023, soll eine Station eines Produktionssystems konzipiert und umgesetzt werden. Kernaufgabe der Station ist die Übernahme eines Werkstückes, die Bereitstellung von Werkstückträgern, sowie das Auslesen eines QR-Codes mit weiteren Fertigungsinformationen.

Die zu fertigenden Werkstücke werden mit einem Transportfahrzeug angeliefert, welches in einem definierten Übergabebereich ankommt. Anschließend wird das Werkstück mittels eines Knickarmroboters vom Fahrzeug auf einen Werkstückträger im Bandsystem gehoben. Die Bereitstellung und Lagerung der Werkstückträger ist ebenso Bestandteil dieser Projektarbeit. Außerdem wird ein an das Werkstück und den Werkstückträger angepasstes Greifwerkzeug für den Roboter entwickelt. Nachdem das Werkstück auf das Bandsystem gesetzt wurde, wird mittels des QR-Readers ein auf dem Werkstück angebrachter QR-Code gescannt. Die auf ihm gespeicherten Daten werden dem gesamten Produktionsnetzwerk zu Verfügung gestellt.

Ziel der Projektarbeit ist die Aneigung des benötigten Wissens, die Entwicklung der benötigten Konzepte, die Schaffung der Schnittstellen zu anderen Projektgruppen und die technische Umsetzung der Aufgabenstellung.

iii. Abstract

Within the scope of this work and the continuation based on it in the summer of 2023, a station of a production system is to be designed and implemented. The core task of the station is the acceptance of a workpiece, the provision of workpiece carriers, and the reading of a QR code with further production information.

The workpieces to be manufactured are delivered by a transport vehicle, which arrives at a defined transfer area. The workpiece is then lifted from the vehicle onto a workpiece carrier in the conveyor system by means of an articulated robot. The provision and storage of the workpiece carriers is also part of this project work. In addition, a gripping tool adapted to the workpiece and the workpiece carrier is developed for the robot. After the workpiece has been placed on the belt system, a QR code attached to the workpiece is scanned using the QR reader. The data stored on it is made available to the entire production network.

The aim of the project work is to acquire the required knowledge, develop the necessary concepts, create the interfaces to other project groups and technically implement the task.

iv. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 10er Regel Fehlerkosten 2
Abbildung 2: QR-Code Erfassung auf einem Transportsystem 3
Abbildung 3: Knickarmroboter UR5 4
Abbildung 4: S7 SPS-Steuerung 5
Abbildung 5: Technische Zeichnung Werkstückträger 7
Abbildung 6: Sensorportal zur gemeinsamen Nutzung 10
Abbildung 7: Verkabelungsplanung 12
Abbildung 8: SPS in einem Schaltschrank 14
Abbildung 9: EVA Prinzip 15
Abbildung 10: redundante SPS 16
Abbildung 11: Drucktaster in einem Gehäuse 18
Abbildung 12: Elektrisches Feld eines kapazitiven Abstandssensors 18
Abbildung 13: QR-Reader der Firma ifm 19
Abbildung 14: Laboraufbau der Sensorkomponenten 22
Abbildung 15: Fixierung des Roboterwagens am Bandsystem 23
Abbildung 16: Montageadapter des QR-Readers 24
Abbildung 17: Gummierung an der Innenseite eines Greifwerkzeuges 25
Abbildung 18: Skizze des Greifwerkzeuges 26
Abbildung 19: Lagerberiech der Werkstückträger 27
Abbildung 20: Werkstück auf Werkstückträger im Bandsystem 29
Abbildung 21: Spannverschlüsse zur Fixierung des Roboterwagens 32

v. Sachwortverzeichnis

QR-Code	Quick Response Code
UR5	Universal Robots 5 Generation
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
VPS	Verbindungsprogrammierte Steuerung
EVA	Eingabe Verarbeitung Ausgabe
CPU	Central Processing Unit
TIA	Totally Integrated Automation Portal

vi. Inhalt

1. Vorwort 1
2. Problemstellung 2
   2.1 QR-Code 3
   2.2 Roboter 4
   2.3 SPS 5
   2.4 Werkstückübergabe 6
   2.5 Werkstückträger Bereitstellung 7
3. Projektorganisation 8
4. Schnittstellen 9
   4.1 Absprache Gruppe Transport 9
   4.2 Absprache Gruppe End of Line Testing 10
   4.3 Absprache Gruppe Bandsystem 11
   4.4 Verkabelungsplanung 12
   4.5 Datenweitergabe an das System 13
5. Komponenten 14
   5.1 SPS 14
   5.2 UR5 17
   5.3 Sensorik 18
6. Vernetzung mittels Profinet 20
7. Umsetzung 21
   7.1 UR5, Sensorik und SPS vernetzen 21
   7.2 Laboraufbau 22
   7.3 Positionierung Roboter am Bandsystem 23
   7.4 Positionierung QR-Code Reader am Bandsystem 24
   7.5 Konzept Greifwerkzeug 25
   7.6 Bereitstellung Werkstückträger 27
   7.7 Aufnahme des Werkstückes 28
   7.8 Abgabe des Werkstückes 29
8. Software 30
   8.1 TIA 30
   8.2 IFM Vision 31
9. Material 32
10. Ausblick 33
11. Quellen 34
12. Bildquellen 35

1. Vorwort

In unserer hochtechnisierten Welt mit stark vernetzten Produktionsketten ist die Automatisierung längst in den meisten Produktionslinien angekommen. Der Mensch als Arbeitskraft wird immer öfter durch Maschinen ersetzt, die ohne Pause, Urlaub und Krankheitstagen eine gleichbleibend gute Qualität erzeugen. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Konzipierung und Umsetzung einer Teilstation innerhalb einer Produktionslinie erarbeitet. Auf dieser Linie soll ein Werkstück an zwei Standorten, mit teils automatisierten Stationen gefertigt und auch wieder demontiert werden. Es wird in kleinem Maßstab simuliert, wie eine Fertigung in der Industrie ablaufen kann und nach Möglichkeiten gesucht die Prozesse bestmöglich zu optimieren. Neben der eigentlichen Problemstellung an den einzelnen Stationen ist eine gute Kommunikation und Planung aller beteiligten Gruppen essenziell für das Gelingen des Gesamtprojektes.

2. Problemstellung

Gerade bei komplexeren Projekten ist es wichtig, die zu lösende Gesamtaufgabe auf möglichst kleine, gut zu überblickende Unteraufgaben herunterzubrechen. Somit soll sichergestellt werden, dass in der Komplexität der eigentlichen Aufgabe nichts Wesentliches übersehen wird, was letzten Endes zu erheblichem Mehraufwand oder auch dem kompletten Scheitern eines Projektes führen kann. Sind einzelne Unteraufgabenpunkte definiert, gilt es diese möglichst genau zu beschreiben und am besten schon in der frühen Planungsphase komplett zu durchdenken. Als Veranschaulichung dient hier die Zehnerregel aus dem Projektmanagement. Diese besagt, dass die Beseitigung eines Fehlers in der Planungsphase eine Summe x kosten würde. Übersieht man diesen würde die Beseitigung in der Fertigung bereits das 10-fache, in der Endprüfung das 100-fache und beim Kunden das 1000-fache kosten (Kamiske und Brauer 2011). Somit wird deutlich, dass eine gründliche Planung essenziell für das Gelingen eines Großprojektes ist.

Aus diesem Grund wurde unsere Aufgabe „Übernahme und Übergabe des Werkstückes, sowie Erfassen und Bereitstellen der Information auf einem QR-Code“ in mehrere Unterthemen aufgeteilt.

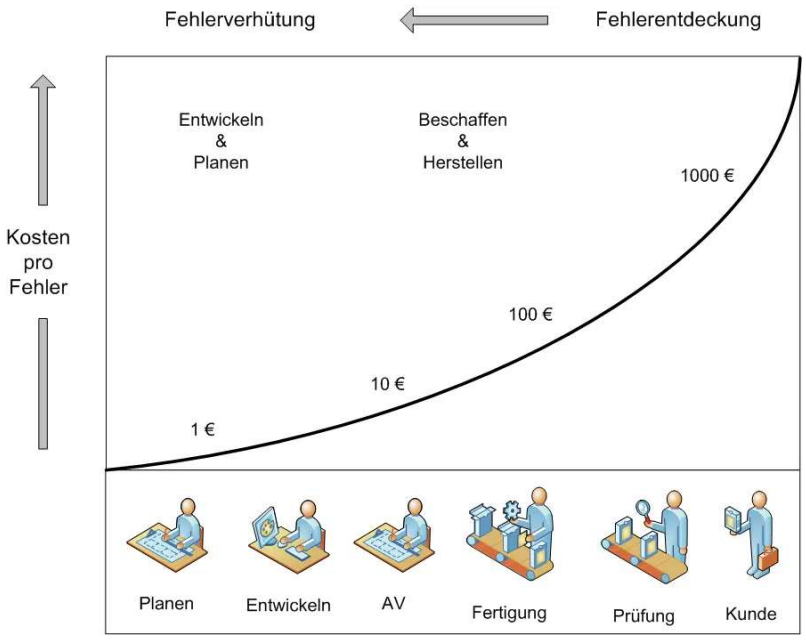


Abbildung 1: 10er Regel Fehlerkosten

2.1 QR-Code

Zum Thema QR-Code gab es mehrere Anforderungen. Jedes Werkstück soll einen QR-Code bekommen, auf dem Informationen zum Werkstück gespeichert werden. Diese Informationen sollen dem Produktionsnetzwerk zu Verfügung gestellt werden.

Es wurden daraus folgende Anforderungen definiert:

- Der QR-Code beinhaltet eine Typennummer, zu welcher in einer Datenbank Informationen abgelegt werden können.
- Der QR-Code wird auf selbstklebenden Etiketten gedruckt und auf den Werkstücken aufgebracht.
- Die Informationen des QR-Codes werden mittels eines QR-Code Readers der Firma ifm erfasst, sobald ein Werkstück auf dem Bandsystem platziert wurde.

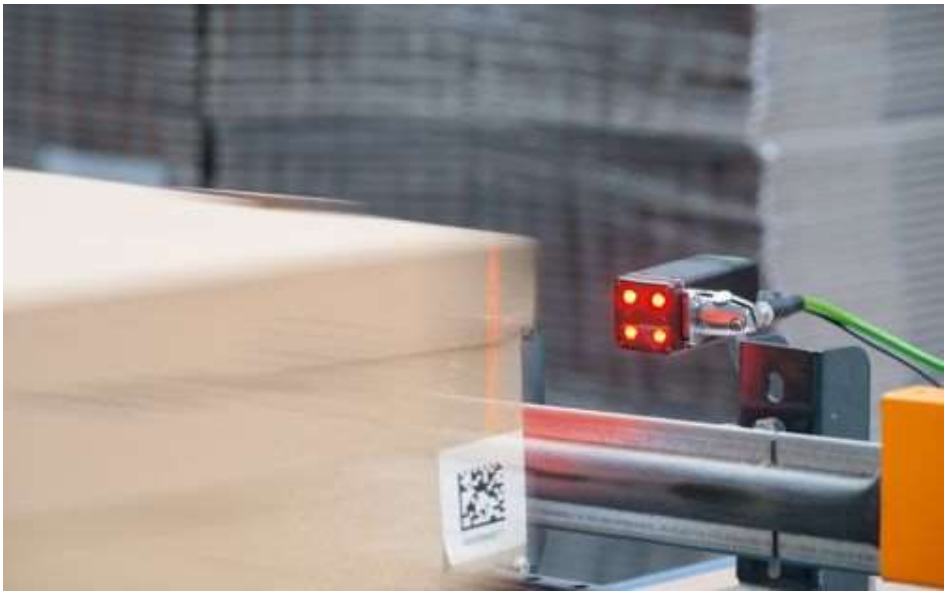


Abbildung 2: QR-Code Erfassung auf einem Transportsystem

2.2 Roboter

Als Roboter wurde der UR5 gewählt, da dieser bereits als Laborroboter zur Verfügung stand. Mittels des Roboters sollen Werkstücke und Werkstückträger auf das Bandsystem gehoben und auch wieder von diesem herunter bewegt werden.

Es wurden daraus folgende Anforderungen definiert:

- Der Roboterversuchsaufbau muss fest mit dem Bandsystem verbunden sein, da eine präzise Ablage der Werkstücke sonst nicht möglich ist.
- Der Roboterversuchsaufbau muss sich schnell vom Bandsystem trennen lassen, da er noch für andere Lehrzwecke eingesetzt wird.
- Der Greifer des Roboters muss sowohl das Bandsystem, als auch das Werkstückträgerlager und das Transportfahrzeug erreichen können.
- Der Greifer des Roboters muss sowohl das Werkstück als auch den Werkstückträger aufnehmen können, ohne einen Greifwerkzeugwechsel vornehmen zu müssen.



Abbildung 3: Knickarmroboter UR5

2.3 SPS

Die zentrale Steuerkomponente des gesamten Produktionsnetzwerkes ist eine SPS-Steuerung. Alle fertigungsrelevanten Informationen fließen hier ein und auch die gesamte Aktorik wird von hier aus gesteuert. Diese Steuerkomponente wird stationsübergreifend von allen Gruppen genutzt. Somit ist die Definition der Anforderungen an diese Komponente besonders wichtig.

Es wurden folgende Anforderungen definiert:

- Der Roboter kommuniziert mit der SPS mittels Profinet.
- Der QR-Reader kommuniziert mit der SPS mittels Profinet.
- Andere Sensorik erzeugt digitale Schaltsignale.
- Die Information des QR-Codes wird in einem Datenbaustein abgelegt.
- Die SPS ist in einem zentralen Schaltschrank verbaut und nicht an der Übergabestation verortet.



Abbildung 4: S7 SPS-Steuerung

2.4 Werkstückübergabe

Zu den Kernaufgaben der ersten Station gehört die Übernahme sowie Übergabe des Werkstückes von und zu einem Transportfahrzeug. In der Anfangsphase wird dieses Fahrzeug noch bodengebunden agieren, aber eine spätere Lösung per Lufttransport mittels Drohne soll bereits jetzt bedacht und mit in den Konzeptentwurf eingebracht werden.

Es wurden folgende Anforderungen definiert:

- Anfangs wird das Werkstück bodengebunden angeliefert und abgeholt, die Möglichkeit eines späteren Lufttransportes solle aber bereits jetzt berücksichtigt werden.
- Das Transportfahrzeug fährt selbständig eine Übergabeposition an und erreicht diese mit einer maximalen Abweichung von zwei Millimetern.
- Über Sensorik muss geprüft werden, ob das Fahrzeug an der Übergabeposition ist und ob es ein Bauteil bringt oder eines aufnehmen kann.
- Das Bauteil wird mittels UR5 zwischen Fahrzeug und Bandsystem bewegt.

2.5 Werkstückträger Bereitstellung

Um ein Werkstück auf dem Bandsystem bewegen zu können werden an das System angepasste Werkstückträger benötigt. Diese müssen in einem Lagerbereich bevorratet werden und bei Bedarf auf das Bandsystem umgesetzt werden. Außerdem muss es möglich sein diese Werkstückträger in den Lagerbereich ein- und auch wieder auszulagern.

Es wurden folgende Anforderungen definiert:

- Es werden neun Werkstückträger im Bereitstellungsraum eingelagert.
- Es gibt einen Übergabebereich, in den Werkstückträger per Hand eingelegt werden können, um sie dem Werkstückträgerlager zuzuführen.
- Der Übergabebereich wird auch genutzt, um Werkstückträger wieder aus dem Werkstückträgerlager auszulagern.
- Werkstückträger fahren nicht ohne Werkstück im Bandsystem.

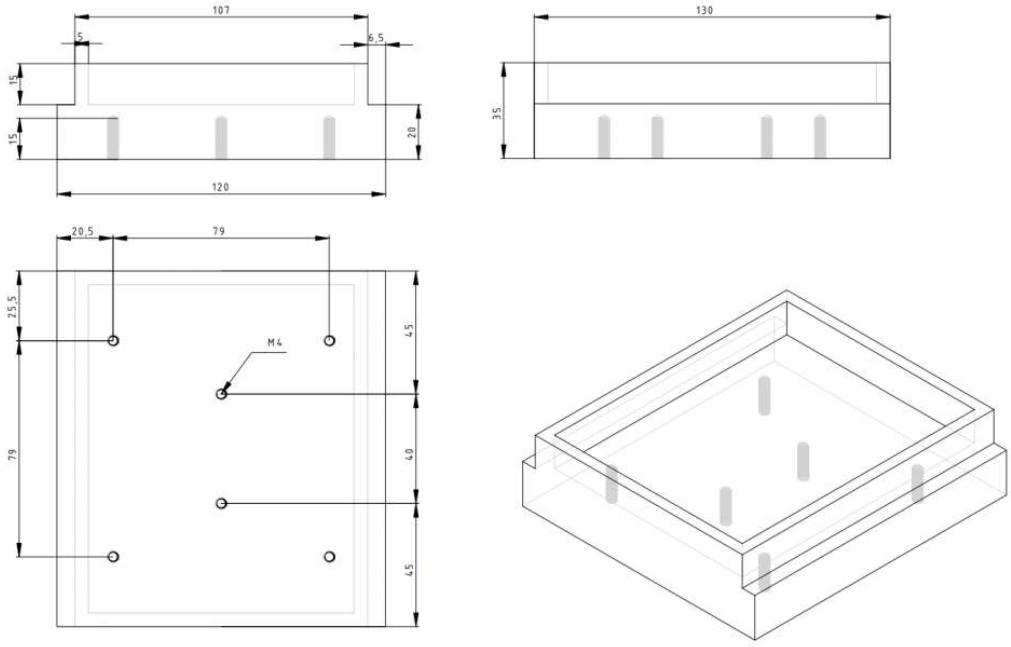


Abbildung 5: Technische Zeichnung Werkstückträger

3. Projektorganisation

4. Schnittstellen

In diesem Abschnitt werden nun die Anforderungen und die Spezifikation der benötigten Schnittstellen betrachtet. Da es sich um Schnittstellen zu verschiedenen anderen Gruppen des Projektes handelt und diese nicht in einem direkten Zusammenhang zueinander stehen, sind sie im Folgenden nach Themengebieten gegliedert.

4.1 Absprache Gruppe Transport

Da das Werkstück mit einem Fahrzeug an das Bandsystem angeliefert und auch wieder abgeholt wird, ist eine enge Kommunikation zu dieser Gruppe sehr wichtig. Gerade die genaue Definition der Übergabe ist essentiell für eine erfolgreiche Umsetzung des Gesamtprojektes. Hierzu wurde definiert, dass sich das Transportfahrzeug in einem definierten Übergabebereich, mit einer maximalen Abweichung von zwei Millimetern einfindet. Somit ist gewährleistet, dass der UR5 zielgenau nach dem Werkstück greifen kann und es auch sicher wieder auf dem Fahrzeug platzieren kann.

Außerdem wurde definiert, dass die Erfassung, ob sich das Transportfahrzeug im Übergabebereich befindet und ein Werkstück bringt oder abholt, durch die Sensorik am Bandsystem erfolgt.

Für spätere Lufttransporte mittels Drohne wurde eine grobe Planung eines möglichen Übergabebereichs, oberhalb des UR5 definiert, um sich im weiteren Voranschreiten des Projektes keine Optionen zu verbauen. (Robin Simanowski)

4.2 Absprache Gruppe End of Line Testing

Die letzte Station vor der Übergabe des Werkstückes stellt das End of Line Testing dar. Da das Bandsystem in U-Form aufgebaut ist, kommt das fertige Werkstück wieder am Anfang des Bandsystems an. Sowohl beim End of Line Testing als auch beim Einlesen des QR-Codes wird ein Sensor oberhalb des Förderbandes benötigt. Um Material und Platz zu sparen wurde hier definiert, dass es ein gemeinsames Portal über beide Förderbänder geben wird. Auf der einen Seite wird das Werkstück zu Beginn durch das Portal fahren und der QR-Code kann ausgelesen werden. Auf der anderen Seite wird das Werkstück am Ende der Produktionslinie durch das Portal fahren und das End of Line Testing kann durchgeführt werden. (Robin Simanowski)



Abbildung 6: Sensorportal zur gemeinsamen Nutzung

4.3 Absprache Gruppe Bandsystem

Die Gruppe, die das Bandsystem in Betrieb nimmt, ist ein zentraler Ansprechpartner für alle anderen Gruppen. Zum einen wird von ihr der Schaltschrank mit der SPS aufgebaut und zum anderen sind alle übrigen Gruppen an das Bandsystem gebunden, da dort die Werkstücke zwischen den Stationen verfahren werden. Zusammen mit dieser Gruppe wurde die genau Stopp-Position des Werkstückträgers definiert, um festzulegen wohin der Roboter später nach dem fertigen Werkstück greifen soll. Außerdem wurde definiert an welche Stelle im Bandsystem ein neuer Werkstückträger gesetzt wird. Eine weitere Absprache betraf den Aufbau des Werkstückträgers. Dieser wird mit einer 3-D gedruckten Adapterplatte versehen, was beim Entwurf des Greifwerkzeuges berücksichtigt werden muss. Zuletzt wurde definiert, dass eine programminterne Variable signalisiert, wann der Roboter ein Werkstück aus dem Bandsystem heben soll oder auch zu welchem Zeitpunkt ein Werkstück auf das Bandsystem gesetzt wurde. (Robin Simanowski)

4.4 Verkabelungsplanung

Beim Aufbau des Bandsystems war es sehr wichtig genau zu definieren welche Anschlüsse an die SPS benötigt werden. Da diese zentrale Steuerkomponente von einer separaten Gruppe betreut wird, mussten die Anforderungen jeder Station genau definiert werden. Hierzu wurde eine Excel-Tabelle angelegt, in die jede Gruppe ihren Bedarf und die Art an Ein- und Ausgängen der SPS eintragen konnte. Außerdem wurde auch die benötige Stromversorgung definiert, um zentrale Netzteile dimensionieren zu können.

Gruppe	Leitung	Leitungstyp	Querschnitt	AC / DC	Spanunng	Leitsung	Einzelabsicherung nötig	Verbraucher	Schnittstelle SPS
4	1	H07RN-F	3 x 1.5 mm²	AC	230 V	max. 5A	ja	UR5 Laborwagen	-
4	2	CAT Leitung	-	-	-	-	-	UR5 Laborwagen	Profinet
4	3	Sensorleitung ifm electronic EVT006	4 x 0,34 mm²	DC	24 V	max. 600mA	nein	QR Reader	-
4	4	CAT Leitung	-	-	-	-	-	QR Reader	Profinet
4	5	Ölflex	7 x 0,5 mm²	DC	24V	max. 50mA	nein	Schaltpaneel	3x Digitaleingang
4	6	Sensorleitung ifm electronic EVT006	4 x 0,34 mm²	DC	24 V	max. 50 mA	nein	Sensor 1	1x Digitaleingang
4	7	Sensorleitung ifm electronic EVT006	4 x 0,34 mm²	DC	24 V	max. 50 mA	nein	Sensor 2	1x Digitaleingang
4	8	Sensorleitung ifm electronic EVT006	4 x 0,34 mm²	DC	24 V	max. 50 mA	nein	Sensor 3	1x Digitaleingang

Abbildung 7: Verkabelungsplanung

4.5 Datenweitergabe an das System

5. Komponenten

In den folgenden Abschnitten werden die wesentlichen Komponenten unserer Station genauer erklärt. Hierbei wird auf die speicherprogrammierbare Steuerung, kurz SPS, sowie die Sensorik und Aktorik in Form des UR5 Knickarmroboters eingegangen.

5.1 SPS

Im Alltag begegnet uns eine Vielzahl an elektronischen Steuerungen, ohne dass wir diese noch bewusst wahrnehmen. Die Steuerungstechnik ist aus der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken, da sie uns eine Vielzahl an Aufgaben abnimmt oder zumindest stark erleichtert. Der Mensch verlässt sich oftmals komplett auf diese Steuerungen, umso wichtiger ist es, dass diese Steuerungskomponenten zuverlässig funktionieren und fehlerfrei programmiert werden.

Um Steuerungen zu realisieren, gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten. Zum einen die verbindungsprogrammierten Steuerungen, kurz VPS. Zu ihnen zählen einfache Schütz-Schaltungen, welche einmal fest verdrahtet werden und anschließend ihre Aufgabe erfüllen. Zum anderen gibt es die speicherprogrammierbaren Steuerungen, kurz SPS. Diese benötigen zwar immer noch Schütz-Schaltungen, um Lasten wie Motoren zu betreiben, allerdings wird die Logik des Steuerstromkreises rein softwaretechnisch realisiert. Somit ist eine spätere Anpassung jederzeit möglich, ohne aufwendige Hardwareumbauten durchführen zu müssen. Außerdem können SPS mittels Datenbustechnik und Fernzugriff kommunizieren und Daten austauschen. Somit liegt der große Vorteil der SPS bei der flexiblen Handhabung. Als Nachteil ist aber ebenso zu beachten, dass die Kosten meist höher sind als bei einer VPS und Fachkenntnisse in der Programmierung der SPS erforderlich sind. (Heinrich et al. 2015a)



Abbildung 8: SPS in einem Schaltschrank

Es gibt verschieden SPS-Grundsysteme. Zum einen Siemens Produkte, welche heutzutage mit der Software Step 7 oder TIA Portal programmiert werden. Oder SPS anderer Hersteller, welche meist mit CoDeSys programmiert werden.

Jede SPS funktioniert nach dem EVA-Prinzip (Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe). Als erstes findet die Eingabe der zu verarbeitenden Werte statt. Dies geschieht über digitale oder analoge Sensorik an den Eingangsbaugruppen der SPS. Im nächsten Schritt findet die Verarbeitung der Eingangsdaten statt. Dies erfolgt durch das Steuerprogramm der SPS, welches zyklisch immer wieder abläuft. Am Ende werden die Ausgänge der SPS entsprechend des Steuerprogramms geschaltet und der Kreislauf startet von neuem. (Heimbold 2015)



Abbildung 9: EVA Prinzip

Eine SPS ist eine modular erweiterbare Steuerung. Im Minimalfall besteht sie aus einem Netzteil, einer CPU und einer Ein-/Ausgangskarte. Je nach Notwendigkeit werden weitere Ein- und Ausgangskarten hinzugefügt. Diese können neben digitalen auch analoge Signale bedienen. Außerdem können Datenbusschnittstellen wie ProfiBus und Profinet angesteuert werden. Bei größeren Anlagen macht es Sinn die Ein- und Ausgangsbaugruppen separat von der CPU, nahe bei der Sensorik oder Aktorik zu verbauen. In diesem Fall werden die einzelnen Module mittels Datenbusleitungen verbunden. Als Bedieneinheit werden oftmals Displaylösungen oder auch PC-basierte Visualisierungen verwendet. Diese lassen sich ebenfalls mittels Datenbussen mit der SPS verbinden.

Bei hochsensiblen Steuerungen, bei denen eine maximale Ausfallsicherheit gewährleistet werden muss, werden redundant aufgebaute speicherprogrammierbare Steuerungen verwendet. Diese beinhalten alle wichtigen Komponenten in redundanter Ausführung, was beim Ausfall einer CPU zu einer Übernahme durch die zweite CPU führt, ohne dass der eigentliche Prozess gestört wird. (Seitz 2021)



Abbildung 10: redundante SPS

5.2 UR5

5.3 Sensorik

Für die erste Station werden drei Arten von Sensoren verwendet. Den ersten stellt ein einfacher Taster dar, welcher bei Betätigung einen Stromkreis schließt und somit ein Signal an die SPS weitergibt.



Abbildung 11: Drucktaster in einem Gehäuse

Die zweite Art von Sensoren sind kapazitive Näherungssensoren. Diese fungieren als berührungslose Schalter und geben beim Erreichen eines bestimmten Abstandes zu einem Objekt ein digitales Signal aus. Kapazitive Sensoren können sowohl leitende als auch nichtleitenden Materialien erfassen. Grundlage dieser Sensoren ist ein Kondensator. Es gibt zwei Platten, zwischen denen sich ein elektrisches Feld aufbaut. Dieses Feld hat eine konstante Kapazität. Dringt nun ein Gegenstand in das Feld ein, wird das elektrische Feld gedämpft, was zu einer Kapazitätsänderung führt. Aus dieser Änderung lässt sich im Falle von digitalen Sensoren ein Schaltsignal erzeugen, sobald sich ein Gegenstand nahe genug am Sensor befindet. (ifm)

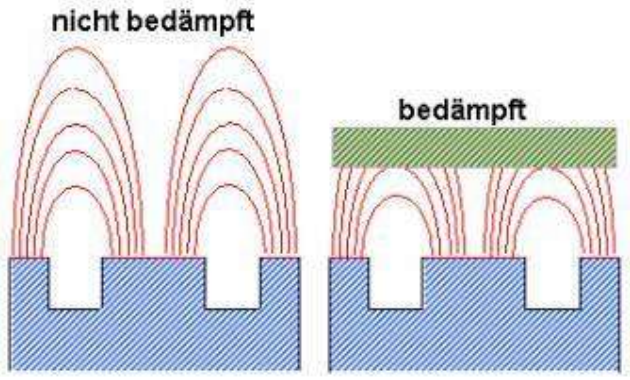


Abbildung 12: Elektrisches Feld eines kapazitiven Abstandssensors

Die dritte und auch komplexeste Sensor-Art ist ein optischer QR-Reader. Hier wird mit einer Kamera das gesamte Werkstück gescannt und mittels einer bildverarbeitenden Software nach einem QR-Code gesucht. Ist ein QR-Code gefunden worden wird dieser gelesen und die in ihm enthaltene Information angezeigt. Meist verweisen QR-Codes mittels Links auf Webseiten, es kann aber auch jede andere geschriebene Information hinterlegt sein. Der verwendete QR-Code Reader besteht neben der Kamera auch aus einer Optik, die es ermöglicht, den Sensor auf die genaue Entfernung zum Werkstück zu kalibrieren. Außerdem ist eine Beleuchtung verbaut um ideale Lichtverhältnisse beim Lesen des Codes zu schaffen. Neben der eigentlichen Information des QR-Codes wird beim verwendeten Sensor noch ein Triggerimpuls gesendet. Dieser signalisiert, dass der Code erfolgreich gelesen wurde und kann zum Beispiel zum Auslösen des Bandanlaufes genutzt werden. (Lambert 1991; Heinrich et al. 2015b; ifm)



Abbildung 13: QR-Reader der Firma ifm

6. Vernetzung mittels Profinet

7. Umsetzung

7.1 UR5, Sensorik und SPS vernetzen

7.2 Laboraufbau

Zu Beginn des Projektes entschieden wir uns einen gesonderten Laboraufbau der zentralen Komponenten zu realisieren. Diese stellendie SPS, der UR5 und der QR-Code Reader dar. Ziel des Laboraufbaues war es, die Vernetzung der Komponenten untereinander zu realisieren. Durch diese Vorarbeit ist gewährleistet, dass die gewählten Komponenten Ihren Zweck erfüllen und wie geplant miteinander kommunizieren können. Wäre in dieser frühen Phase der Entwicklung ein größerer Fehler aufgefallen, hätte man ihn beseitigen können, ohne das bereits viel Zeit und Geld in aufwendige Hardwareaufbauten gesteckt wurde.



Abbildung 14: Laboraufbau der Sensorkomponenten

7.3 Positionierung Roboter am Bandsystem

Aus den oben definierten Anforderungen wurde eine Schnellspannvorrichtung für die Fixierung des Roboters am Bandsystem gewählt. Hierzu wurde aus Profilen und Winkeln ein Dock an das Bandsystem gebaut, in das man den Roboterwagen schieben kann. Somit ist seine exakte Ausrichtung gewährleistet. Für die Fixierung im Dock wurden vier Spannverschlüsse gewählt, da diese schnell und einfach in der Handhabung sind und den Roboterwagen sicher im Dock halten.

Für die Spannungsversorgung und die Kommunikation mit der SPS wird jeweils eine Steckdose am Dock installiert, in die die Versorgungsleitungen des Roboters eingesteckt werden können.



Abbildung 15: Fixierung des Roboterwagens am Bandsystem

7.4 Positionierung QR-Code Reader am Bandsystem

Mittels des QR-Code Readers werden die Informationen auf den QR-Codes der Werkstücke gelesen und den anderen Stationen zur Verfügung gestellt. Somit ist sichergestellt, dass nicht jedes Werkstück den selben Produktionsablauf durchläuft, sondern nur die Fertigungsschritte bearbeitet werden, die auch für das Werkstück vorgesehen sind. Um diese Informationen möglichst früh zu erhalten muss sich der QR-Code Reader am Beginn des Bandsystems befinden. Es gab mehrere mögliche Einbaupositionen, wie zum Beispiel direkt am UR5 Greifer, an der Übergabestation des Transportfahrzeuges oder auch bereits im Bandsystem. Schlussendlich wurde die Variante im Bandsystem gewählt, da hier immer noch rechtzeitig die Information bereitgestellt werden und man durch die gemeinsame Nutzung des Sensorportals, mit einer anderen Gruppe, Platz, Material und Kosten bei der Umsetzung spart. Somit war es die wirtschaftlichste Lösung. Die Befestigung des Sensors findet mittels einer an den Sensor angepassten Adapterplatte statt. Anschließend wird die Optik des Sensors auf den Abstand zum QR-Code auf dem Bauteil kalibriert.

Sobald ein QR-Code erfasst wird und die dazugehörige Information in der Datenbank gefunden wurde, wird ein Freigabe Merker gesetzt und das Werkstück fährt weiter zur ersten Fertigungsstation. Sollte der QR-Code nicht gefunden werden oder keine Information hinterlegt sein, wird des Werkstück nicht weiter zur nächsten Station verfahren und es gibt eine Fehlermeldung.



Abbildung 16: Montageadapter des QR-Readers

7.5 Konzept Greifwerkzeug

Der UR5 verfügt über eine Greifautomatik, welche es ermöglicht Gegenstände zu greifen. Da der Greifweg nur sehr gering ist wird dieser durch den Anbau eines Greifwerkzeuges optimal an das Werkstück und den Werkstückträger angepasst. Somit kann mit einem fest montierten Werkzeug sowohl der Werkstückträger als auch das Werkstück selbst gegriffen werden. Eine weitere Besonderheit ist der sehr einseitige Schwerpunkt des Werkstückes. Somit ist es nötig auf beiden Seiten an je zwei Punkten zu greifen, um ein sicheres Anheben gewährleisten zu können. Die Greifbacken sind deshalb T- Förmig geformt, um einen Druckpunkt im vorderen und hinteren Bereich des Werkstückes zu erhalten. Zusätzlich sind die Innenseiten der Greifbacken mit Gummierung versehen, um einen besseren Halt am Werkstück zu bekommen.

Da der Greifweg des UR5 zu gering ist, um sowohl die Breite des Werkstückträgers als auch die des Werkstückes zu bedienen gibt es zwei „Ebenen“ in denen das Greifwerkzeug angesetzt wird. Die Ebenen haben einen Breitenversatz zueinander, um die unterschiedlichen Breiten von Werkstück und Werkstückträger bedienen zu können. Im unteren, breiten Bereich wird nach dem Werkstückträger gegriffen und im oberen, schmaleren nach dem Werkstück. Um bei einem Greifvorgang nicht automatisch beide Objekte zu greifen sind im oberen Greifbereich die Toleranzen zwischen Greifwerkzeug und Werkstück geringer. Somit wird nach einem Greifweg von 8 Millimetern das Werkstück gegriffen. Für den Werkstückträger hingegen ist ein Greifweg von 18 Millimetern nötig.

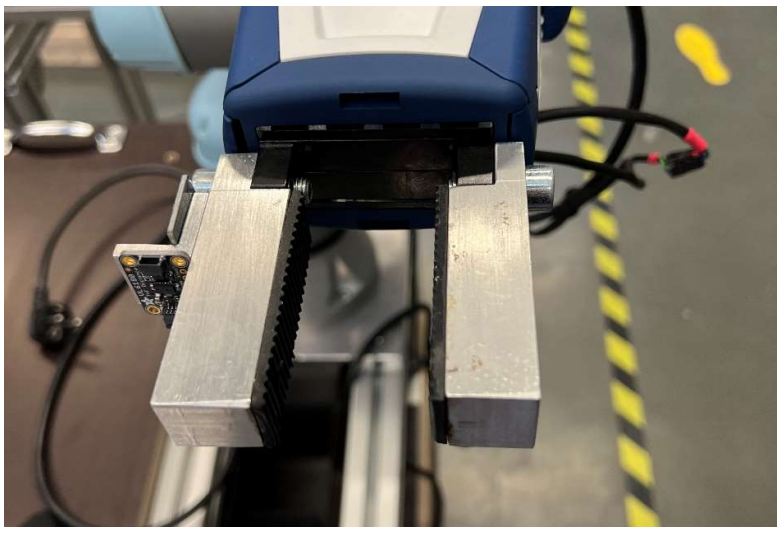


Abbildung 17: Gummierung an der Innenseite eines Greifwerkzeuges

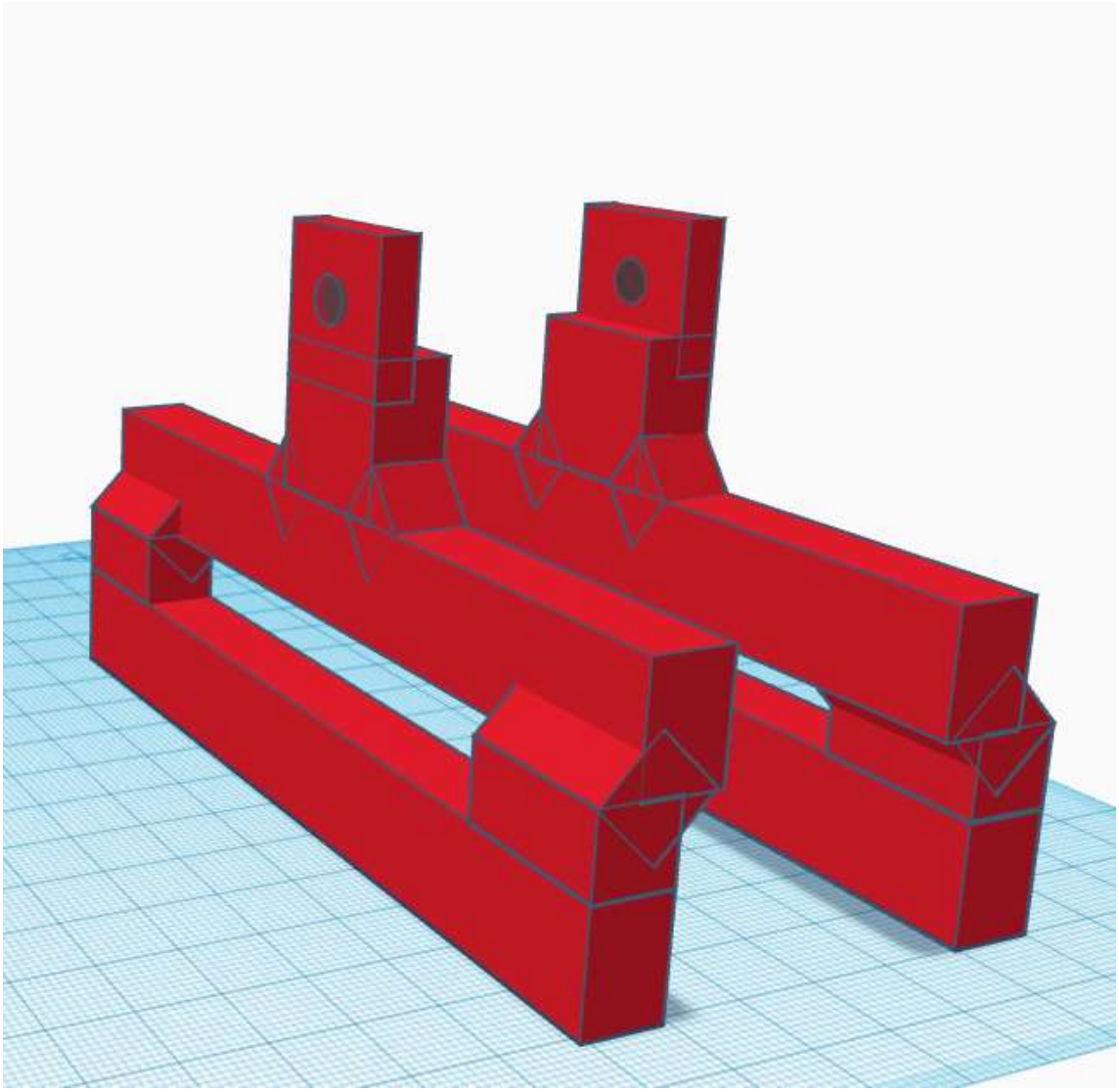


Abbildung 18: Skizze des Greifwerkzeuges

7.6 Bereitstellung Werkstückträger

Neben dem UR5 gibt es einen Bereitstellungsplatz für die Werkstückträger. Solange sich kein Werkstück im Produktionssystem befindet, lagern hier alle Werkstückträger. Um neue Werkstückträger einzulagern, gibt es einen Übergabepunkt. Hier wird der Werkstückträger händisch eingelegt und dann mittels des UR5 auf seinen Lagerplatz versetzt. Sobald ein Werkstückträger im Übergabebereich abgelegt ist, wird dies über einen Sensor detektiert. Anschließend muss der Taster „Werkstückträger einlagern“ betätigt werden, um den Einlagerungsprozess mittels UR5 zu starten.

Zum Auslagern eines Werkstückträgers wird der Taster „Werkstückträger auslagern“ betätigt. Es wird nun mittels Sensors geprüft, ob sich ein Werkstückträger im Übergabebereich befindet. Sollte dies der Fall sein, kann kein Werkstückträger ausgelagert werden. Ist der Übergabebereich frei, wird ein Werkstückträger ausgelagert und in den Übergabebereich versetzt.

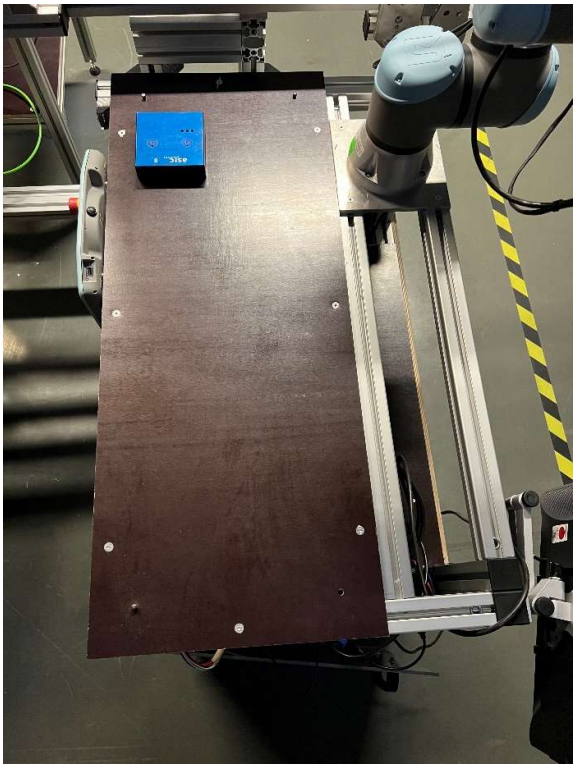


Abbildung 19: Lagerberiech der Werkstückträger

7.7 Aufnahme des Werkstückes

Sobald ein Transportfahrzeug an den Werkstückübergabepunkt heranfährt, wird dies mittels eines Sensors detektiert. Ein zweiter Sensor überprüft, ob das Fahrzeug ein Werkstück geladen hat. Sollte dies der Fall sein wird, durch den UR5 ein leerer Werkstückträger aus dem Werkstückträgerlager auf das Bandsystem gesetzt. Anschließend wird das Werkstück vom Transportfahrzeug auf den bereitgestellten Werkstückträger gesetzt. Sobald dieser Vorgang abgeschlossen ist, wird über die SPS das Bandsystem aktiviert und das Werkstück zur nächsten Station befördert. Da das Transportfahrzeug auf 2 Millimeter genau an seine Warteposition fährt, kann das Werkstück blind versetzt werden, ohne über Sensorik die genaue Position bestimmen zu müssen. Sollten sich keine Werkstückträger mehr im Lager befinden, ist das Bandsystem komplett ausgelastet und es muss gewartet werden bis ein Werkstück fertiggestellt wird, bevor ein neues in das System übergeben werden kann.

7.8 Abgabe des Werkstückes

Sobald ein Werkstück am Ende des Bandsystems angekommen ist, wird mittels Sensor überprüft ob sich ein Transportfahrzeug am Übergabepunkt befindet und ob dieses leer ist und ein Werkstück aufnehmen kann. Sind diese Bedingungen erfüllt wird das Werkstück durch den UR5 auf das Transportfahrzeug gesetzt. Anschließend wird der nun freie Werkstückträger zurück in das Werkstückträgerlager gesetzt. Da das Transportfahrzeug auf 2 Millimeter genau an seine Warteposition fährt kann das Werkstück blind versetzt werden, ohne über Sensorik die genaue Position bestimmen zu müssen.

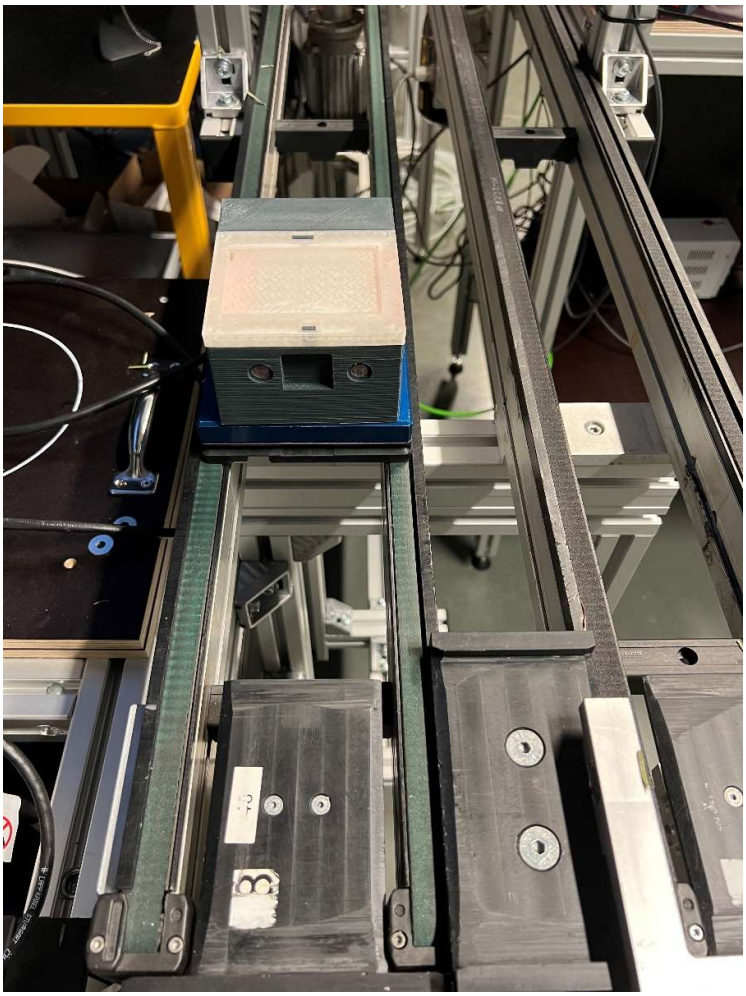


Abbildung 20: Werkstück auf Werkstückträger im Bandsystem

8. Software

8.1 TIA

8.2 IFM Vision

9. Material

Für grundlegende Aufbauten, wie das Dock und das Sensorportal konnte auf Material aus dem PTZ zurückgegriffen werden. Der QR-Code Reader sowie der UR5 Roboter sind ebenfalls im Voraus beschafft worden. Weitere benötigte Materialien wurden nach Bedarf bestellt.

Spannverschlüsse für das Roboterdock:



Abbildung 21: Spannverschlüsse zur Fixierung des Roboterwagens

10. Ausblick

11. Quellen

Heimbold, Tilo (2015): Einführung in die Automatisierungstechnik. Automatisierungssysteme, Komponenten, Projektierung und Planung ; mit 43 Tabellen. München: Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl.

Heinrich, Berthold; Linke, Petra; Glöckler, Michael (2015a): Grundlagen Automatisierung. Sensorik, Regelung, Steuerung. Wiesbaden: Springer Vieweg (Lehrbuch).

Heinrich, Berthold; Linke, Petra; Glöckler, Michael (2015b): Grundlagen Automatisierung. Sensorik, Regelung, Steuerung. Wiesbaden: Springer Vieweg (Lehrbuch).

ifm: Betriebsanleitung O2I5xx.

ifm: Betriebsanleitung Kapazitive Sensoren.

Kamiske, Gerd F.; Brauer, Jörg-Peter (2011): Qualitätsmanagement von A bis Z. Wichtige Begriffe des Qualitätsmanagements und ihre Bedeutung. 7., aktualisierte und erweiterte Auflage. München, Wien: Hanser.

Lambert, Miklós (1991): Grundlagen der Sensortechnik. Aachen: Elektor-Verl.

Robin Simanowski: Grundsätzlicher Aufbau und Definition Bandsystem/ Schnittstellen. Interview mit Gruppe 01 - Bandystem.

Robin Simanowski: Grundsätzlicher Aufbau und Definition Sensorportal. Interview mit Gruppe 08 - End of line testing.

Robin Simanowski: Grundsätzlicher Aufbau und Definition Transportsystem/ Schnittstellen. Interview mit Gruppe 09 - Transportsystem.

Seitz, Matthias (2021): Speicherprogrammierbare Steuerungen in der Industrie 4.0. Objektorientierter System- und Programmentwurf, Motion Control, Sicherheit, Industrial IoT. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Hanser (Hanser eLibrary).

12. Bildquellen

Abbildung 1: https://www.google.de/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sixsigmablackbelt.de%2Ffehlerkosten-10er-regel-zehnerregel-rule-of-ten%2F&psig=AOvVaw1feQ932a35F_3bgMKELXtR&ust=1673347618912000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjRxqFwoTCKiKiOmnuvwCFQAAAAAdAAAAABAb

Abbildung 2: https://www.ifm.com/responsive/medium/fourbythree/content/gallery/microsites/vision-sensoren/o2i/app_mcr.jpg?v=879848359

Abbildung 3: https://cdn.webshopapp.com/shops/297482/files/324107119/universal-robots-ur5-roboter.jpg

Abbildung 4: https://de.farnell.com/productimages/large/de_DE/3486467-40.jpg

Abbildung 5: https://bwsyncandshare.kit.edu/apps/files_sharing/publicpreview/dcdN3kJHokfyaT9?file=/01_Konzeption%20und%20Realisierung%20Transfersystem/30_Werkst%C3%BCcktr%C3%A4ger/Konzept_Werkst%C3%BCcktr%C3%A4ger/technischezeichnungHalterungK1.png&fileId=2596063030&x=1920&y=1080&a=true

Abbildung 6: Robin Simanowski

Abbildung 7: Robin Simanowski

Abbildung 8: https://www.besa.biz/content/1-elektro/3-schaltschrankbau/modules/2-karussell-referenzen/besa-gmbh-schaltschrankbau-mit-sps.jpg

Abbildung 9: https://kfz-aufgaben.de/can/uploads/tx_rlmpflashdetection/control_unit.jpg

Abbildung 10: https://www.all-electronics.de/files/upload/post/all/wp-content/uploads/migrated/image/artikel/185008_4.jpg

Abbildung 11: https://cdn-reichelt.de/bilder/web/artikel_ws/C200/EATON_216522_01.jpg

Abbildung 12: https://ueba.elkonet.de/multimedia/MM_DOCBOX/Industrieautomation/Sensoren_Befehls_und_Meldegeraete/Kapazitive_Naeherungsschalter/Kapazitive_Naeherungsschalter_01-height-201-width-336.jpeg

Abbildung 13: https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/rendition/8c59a2fb572b664495895929f287096e/-B900-FJPG/O2I512

Abbildung 14: Robin Simanowski

Abbildung 15: Robin Simanowski

Abbildung 16: Robin Simanowski

Abbildung 17: Robin Simanowski

Abbildung 18: Robin Simanowski

Abbildung 19: Robin Simanowski

Abbildung 20: Robin Simanowski

Abbildung 21: https://m.media-amazon.com/images/I/51Th72f+xBL._AC_.jpg