Station: Werkstückträger Be- und Entladung

Studienarbeit

in der

6. Theoriephase

im Studiengang Elektrotechnik Automation

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg

von

Lea Fischer,

Fabian Sessinghaus

10.07.2024

Bearbeitungszeitraum	6. Semester
Matrikelnummer, Kurs	7409196, TEA 21
	2953560, TEA 21
Betreuer der Studienarbeit	Prof. Dr. Thomas Dietmüller
Gutachter der Dualen Hochschule	Prof. Dr. Thomas Dietmüller

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass meine Projektarbeit mit dem Thema:

„Station: Werkstückträger Be- und Entladung“

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

Friedrichshafen, 10.07.2024



_____

Lea Fischer



_____

Fabian Sessinghaus

Gender-Hinweis

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Hausarbeit das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich - sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Kurzfassung

Diese Arbeit stellt eine Weiterführung der im Herbst 2023 begonnenen Studienarbeit dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde an der Station Werkstückträgerbeladung des Produktionsnetzwerks am Campus Friedrichshafen gearbeitet. An dieser Station lag durch die Arbeit einer Vorgängergruppe bereits ein betriebsfähiges System vor. Dieses System weist allerdings einige Optimierungsmöglichkeiten, welche in dieser Arbeit durchgeführt werden.

Aufgrund von Umbauten und Ergänzungen des Produktionsnetzwerks ergaben sich einige Probleme, weshalb ein funktionsfähiger Betrieb nicht mehr möglich war. Diese teils aufwändigen Probleme wurden in dieser Arbeit behoben, wodurch das System wieder funktionsfähig ist.

Des Weiteren wurde ein Prototyp für ein neues Lager der Rohlinge entwickelt, getestet und optimiert. Der Greifvorgang für das neue Lager wurde programmiert und in das Gesamtsystem integriert.

Zudem wurde ein Kamerasystem für die Positionserkennung des Transportroboters Husky aufgebaut. Hierfür wurde eine Vorrichtung gebaut und die Kamera daran befestigt. Diese ist so positioniert, dass sie nicht mit dem Roboter kollidiert und eine gute Erkennung des Huskys bietet.

Abstract

This work is a continuation of the student research project started in fall 2023. As part of this thesis, work was carried out on the workpiece carrier loading station of the production network at the Friedrichshafen campus. An operational system was already in place at this station thanks to the work of a previous group. However, this system has some potential for optimization, which is carried out in this work.

Due to modifications and additions to the production network, a number of problems arose, which meant that functional operation was no longer possible. These problems, some of which were complex, were resolved in this thesis, making the system functional again.

Furthermore, a prototype for a new storage system for the blanks was developed, tested and optimized. The gripping process for the new storage system was programmed and integrated into the overall system.

A camera system for detecting the position of the Husky transport robot was also set up. A device was built for this purpose and the camera was attached to it. This is positioned in such a way that it does not collide with the robot and provides good recognition of the Husky.

Inhaltsverzeichnis

ERKLÄRUNG ..... **I**

GENDER-HINWEIS ..... **II**

KURZFASSUNG ..... **III**

ABSTRACT ..... **IV**

INHALTSVERZEICHNIS ..... **V**

1 EINLEITUNG **1**

2 PROBLEMSTELLUNG **2**

3 GRUNDLAGEN **3**

3.1 KOMMUNIKATION SCHNITTSTELLEN 3

3.1.1 Digitale Eingänge und Ausgänge (GPIO) *3*

3.1.2 Serielle Schnittstelle *4*

3.1.3 Ethernet Verbindung *4*

3.2 3D-BILDVERARBEITUNG 6

3.2.1 Grundlagen der 3D- Bildverarbeitung *6*

3.2.2 Künstliche Intelligenz *8*

3.2.3 Maschinelles Lernen *10*

4 SCHNITTSTELLEN ZU ANDEREN GRUPPEN **11**

4.1 SCHNITTSTELLE GRUPPE: DIGITALER ZWILLING 11

4.2 SCHNITTSTELLE GRUPPE: TRANSPORTSYSTEM 11

4.3 SCHNITTSTELLE GRUPPE: STEUERUNG VON ANLAGEN 12

5 UMSETZUNG **13**

5.1 FUNKTIONSPRÜFUNG PICK AND PLACE 13

5.1.1 Fehlerdefinition *13*

5.1.2 Maßnahmen *14*

5.2 FUNKTIONSPRÜFUNG KEYENCE 16

5.2.1 Fehlerdefinition *16*

5.2.2 Maßnahmen *17*

5.3 ERWEITERUNG PROTOTYPLAGER 19

5.3.1 Neuer Prototyp *19*

5.3.2 Ergebnisse der Studentengruppe *20*

5.4 INSTALLATION KAMERASYSTEM 21

5.4.1 Vorbetrachtungen 21
5.4.2 Positionierung der Kamera 21
5.4.3 Signalübertragung 21
5.4.4 Integration des Kamerasystems 22
5.4.5 Verknüpfung der Komponenten 22
5.4.6 Aktueller Stand 22
6 FAZIT UND AUSBLICK 23
ABBILDUNGSVERZEICHNIS VII
LITERATURVERZEICHNIS VIII

1 Einleitung

Im Rahmen dieser Studienarbeit wird an der Station Werkstückträgerbeladung gearbeitet. Dabei wird an der Vorarbeit, der T3100, angeknüpft.
Die erste Studienarbeit war stark von theoretischer Recherchearbeit geprägt. Dabei wurde sich zunächst in das komplexe Gesamtprojekt der Zukunftsfabrik eingearbeitet, um dadurch mehr Verständnis für die Anforderungen an der eigenen Station zu gewinnen. An der Station Werkstückträgerbeladung musste sich das bestehende System im Detail angeschaut werden.
An dieser Station hat die Vorgängergruppe bereits ein funktionsfähiges Programm zur Steuerung des UR5 Roboters und der notwendigen Interaktion mit den anderen Stationen geschaffen. Dieses Programm wies allerdings einige Defizite auf. Vor allem die Interaktion mit den Transportroboter Husky erwies sich als besonders anfällig. Die Interaktion mit dem Husky und dem UR5 bestand aus dem Be- und Entladen. Dies hat leider nicht problemlos funktioniert, da das Programm einen festgelegten Standort für den Husky vorsieht und dieser, durch das autonome fahren, nicht punktgenau am gleichen Ort geparkt werden kann. Das hat zu einigen Fehlgriffen und ungenaues Platzieren geführt. Im Rahmen der letzten Studienarbeit wurde die Möglichkeit des Einsatzes einer Kamera zur Positionserkennung des Huskys geprüft. Als Resultat wurde ein Kamerasystem von ifm bestellt.
Des Weiteren wurde sich das bisher genutzte Lagersystem für die Rohlinge angeschaut. Dieses war in seiner Kapazität sehr begrenzt und von der Platzausnutzung sehr ineffizient. Hierfür wurde ein Konzept für ein neues Lagersystem entwickelt.

2 Problemstellung

Auf Basis der vorherigen Studienarbeit ergeben sich klare Anforderungen, welche im Rahmen dieser Studienarbeit erfüllt werden sollen.
Zum einem gilt es, das bestellte Kamerasystem in das bestehende System zu Integrieren. Hierfür ist zunächst zu prüfen und auszuprobieren, wo das Kamerasystem positioniert werden kann. Dafür sind notwendige Baumaßnahmen zu realisieren. Zudem ist das Kamerasystem mit der SPS zu verbinden.

Des Weiteren gilt es, das Konzept für das neue Lager umzusetzen. Hierfür wurde ein Prototyp erstellt, der getestet werden soll. Hierbei können eventuelle Änderungen am Prototyp erforderlich sein. Zudem ist ein Programm für den Roboter zu erstellen, das das Greifen der Rohlinge ermöglicht.
Das Testen des Lagerprototyps sowie das notwendige Programmieren des Roboters werden an eine Studentengruppe übergeben. Dadurch resultiert als neue Aufgabe die Betreuung der Studenten. Hierfür sind klare Abstimmungen und kontinuierliche Kommunikation erforderlich.

Als letzte Aufgabe für diese Studienarbeit steht die Durchführung einer vollständigen Funktionsprüfung an. Da im Rahmen einer anderen Studienarbeit der Schaltschrank komplett neu aufgesetzt wird, können Komplikationen im bisherigen Ablauf auftreten. Diese sind zu erkennen und zu beheben, um am Ende der Bearbeitungszeit ein funktionsfähiges Gesamtsystem zu gewährleisten.

3 Grundlagen

3.1 Kommunikation Schnittstellen

Für die Kommunikation zwischen zwei Systemen wird eine Schnittstelle benötigt. Diese bildet den Übergang zwischen zwei Systemen, die sich in elektrischen, mechanischen und physikalischen Eigenschaften unterscheiden können. Es gibt verschiedene Arten von Schnittstellen, die unterschiedlich funktionieren. Im Folgenden werden drei Arten näher erläutert und ihre Funktionsweisen beschrieben.

3.1.1 Digitale Eingänge und Ausgänge (GPIO)

Die erste Schnittstelle sind die digitalen Eingänge und Ausgänge, oft als General Purpose Input/Output (GPIO) bezeichnet. Diese verarbeiten Daten in digitaler Form und können nur zwei mögliche Werte annehmen 0 und 1. Diese binären Werte machen die Verwendung einfacher im Vergleich zu analogen Signalen, die aus unterschiedlichen Spannungen bestehen können. (siehe Abbildung 1).

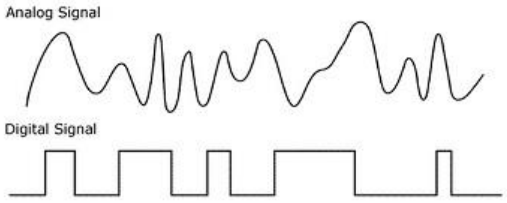


Abbildung 1: Analoge- Digitale- Signale [2]

Digitale Signale werden meist mithilfe eines Schalters gesteuert und sind ideal für Statusanzeigen von Maschinen geeignet.[1,2]

3.1.2 Serielle Schnittstelle

Die zweite Schnittstelle ist die serielle Schnittstelle, die Daten in Pakete überträgt. Das bedeutet, dass Datenmengen nacheinander über eine einzelne Leitung gesendet werden. Die Übertragung erfolgt im binären Code, wobei jede Bitfolge durch ein Start- und ein Stoppbit gekennzeichnet ist, um sie beim Empfänger eindeutig zuzuordnen.
Die Signalspannung kann zwischen -15 und +15 Volt liegen, wobei eine Eins als +15 Volt und eine Null als -15 Volt dargestellt wird.
Ein wesentlicher Vorteil der seriellen Schnittstelle ist ihre Kosteneffizienz aufgrund der geringen Anzahl von Leitungsdrähten. Zudem können Kabellängen von bis zu 20 Metern verwendet werden, was die Anfälligkeit für Störungen minimiert.
Ein großer Nachteil ist jedoch die geringe Übertragungsgeschwindigkeit, die nicht für alle Anwendungen geeignet ist.[3]

3.1.3 Ethernet Verbindung

Die dritte Schnittstelle ist die Ethernet Verbindung, eine Sammlung verschiedener Netzwerktechniken, die hauptsächlich in lokalen Netzwerken verwendet werden.
Ethernet begann mit dem Koaxialkabel als Übertragungsmedium, bei dem mehrere Stationen in einer Kette verbunden sind, sodass ein einzelner Übertragungskanal entsteht, den nur eine Station gleichzeitig nutzen kann (Bus-Topologie).

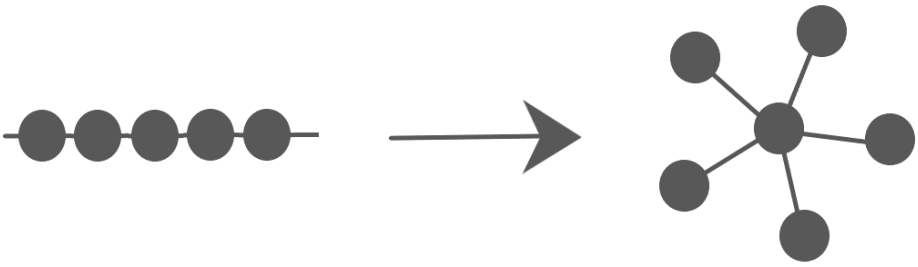


Abbildung 2: Veränderung der Topologie

(eigene Darstellung)

Der Durchbruch der Ethernet-Technologie erfolgte durch den Wechsel zur Stern-Topologie (siehe Abbildung 2), die die gleichzeitige Rückwärtskompatibilität aller Systeme zu einem Punkt ermöglicht. Diese Unabhängigkeit einzelner Systeme macht es nicht notwendig, dass alle Komponenten vom selben Typ sind, was die gleichzeitige Verwendung alter und neuer Komponenten ermöglicht.
Ethernet ist die einzige der drei Verbindungen, die Daten ohne festes Zugriffsraster überträgt, was sie für zeitkritische Anwendungen ungeeignet macht, da die Datenübertragung nicht garantiert innerhalb einer bestimmten Zeit erfolgt.
Um dieses Problem zu beheben, werden übergeordnete Protokolle wie Energy Efficent Ethernet (EEE) oder hochauflösende Zeitsynchronisation (IEEE 1588v2) verwendet. Diese Protokolle machen das fehleranfällige Übertragungsprotokoll zu einer sicheren, redundanten und schnellen Vernetzungstechnik.

Trotz der potenziellen Unzuverlässigkeit ohne diese Protokolle hat sich Ethernet durch seine einfache Implementierung über Jahrzehnte bewährt. Ein weiterer Vorteil ist die hohe erreichbare Übertragungsgeschwindigkeit, die bei Gigabit Ethernet bis zu 1.100 Mbyte/s betragen kann. [4]

3.2 3D-Bildverarbeitung

3.2.1 Grundlagen der 3D- Bildverarbeitung

Die 3D-Bilderverarbeitung ist ein Teilgebiet der Bildverarbeitung, das sich mit der Erfassung, Analyse und Interpretation von dreidimensionalen Bildern beschäftigt. Diese Technologie findet in vielen Bereichen Anwendungen, darunter Industrie, Medizin, Robotik und Unterhaltung.
Im Gegensatz zur 2D-Bildverarbeitung, bei der lediglich Höhe und Breite eines Objekts erfasst werden, beinhaltet die 3D-Bildverarbeitung auch die Tiefe. Dies ermöglicht eine präzise Analyse von Formen, Volumen und räumlichen Beziehungen.
Als Techniken zur 3D-Bildaufnahme gehören Stereo Vision, Lichtstreifenprojektion, Time-of-Flight und Laser-Scanning.

- **Stereo Vision**: Hierbei werden zwei Kameras verwendet, die dasselbe Objekt aus leicht unterschiedlichen Winkeln aufnehmen. Durch die Analyse der Unterschiede zwischen den beiden Bildern kann die Tiefe berechnet werden (Siehe Abbildung 3). [5]

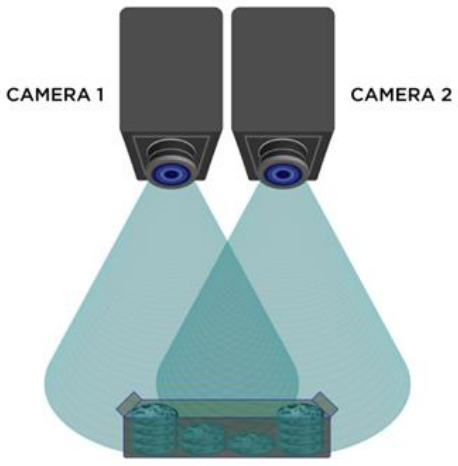


Abbildung 3: Stereo Vision Funktionsdarstellung [5]

- **Time-of-Flight**: Diese Technik misst die Zeit, die ein Lichtsignal benötigt, um von der Kamera zum Objekt und zurück zu gelangen (Siehe Abbildung 4). Aus dieser Zeit kann die Entfernung und damit die Tiefe berechnet werden. [6]

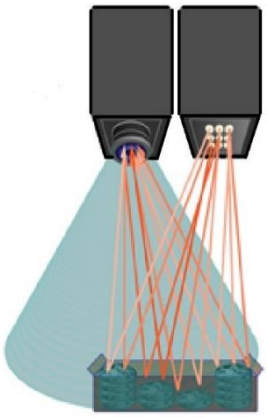


Abbildung 4: Lichtlaufzeitmessung Funktionsdarstellung [6]

- **Lichtstreifenprojektion**: Ein beliebiges Muster, meist in Form von Lichtstreifen, wird auf ein Objekt projiziert und aus einem bestimmten Winkel aufgenommen (Siehe Abbildung 5). Die Verformungen des Musters auf der Objektoberfläche ermöglichen die Rekonstruktion der 3D-Form. [7,8]

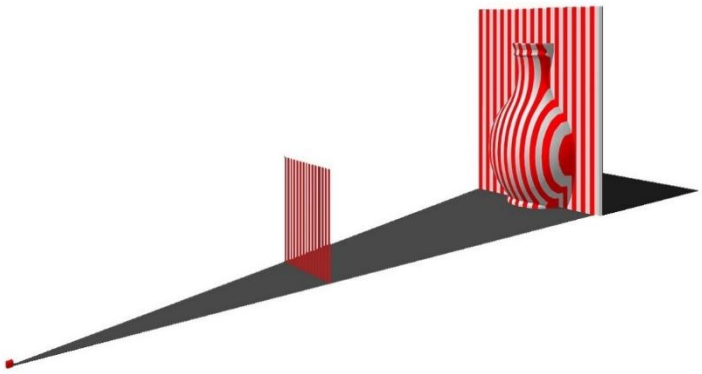


Abbildung 5: Lichtstreifenprojektion Funktionsdarstellung [7]

- **Laser-Scanning**: Ein Laserstrahl wird über das Objekt geführt und die reflektierenden Strahlen werden analysiert, um eine genaue 3D-Rekonstruktion zu erstellen (Siehe Abbildung 6). [9]

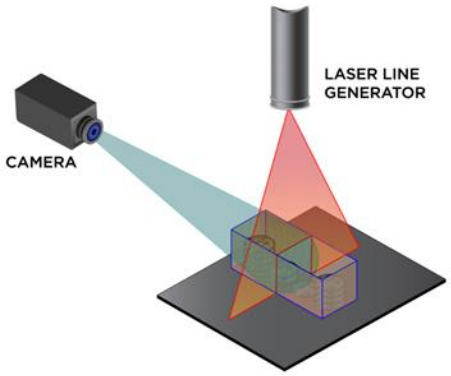


Abbildung 6: Lasertriangulation Funktionsdarstellung [8]

Mittels dieser Technologien lassen sich die Oberflächen von Objekten mit einer Vielzahl von Messpunkten erfassen, aus den Messpunktwolken gewonnen werden kann. Aus diesen Aufnahmen können interessante Eigenschaften extrahiert werden. In Bezug zu industriellen Anwendungen werden oft Maße und Lage einzelner Teil Geometrien aus den Bilddaten heraus extrahiert.
Für neue Entwicklungen in der 3D- Bild- und Datenauswertung wird immer verstärkter Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz eingesetzt. Da diese Themen sehr komplex und weitläufig sind werden sie im folgendem kurz angeschnitten.

3.2.2 Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen ist ein Bereich der künstlichen Intelligenz. Es entwickelt Algorithmen und Modelle, die es Computern ermöglichen, aus Daten zu lernen. Dadurch können Computer ihre Leistung verbessern, ohne dass sie explizit programmiert werden. Ziel ist es, Muster zu erkennen, Vorhersagen zu treffen und eigenständig Entscheidungen zu fällen.
In Bezug zur 3D-Bildverarbeitung hilft es komplexe Muster in dreidimensionalen Daten zu erkennen und auszuwerten. Im folgendem sind verschiedene Anwendungen aufgelistet:

Objekterkennung und Klassifikation: Durch das Maschinelle Lernen können Objekte in 3D-Bildern automatisch erkannt werden und in Cluster klassifiziert werden.

Segmentierung: Die 3D-Bilder und damit die 3D-Daten werden in ihre Bestandteile zerlegt, dadurch können detailliertere Inspektionen durchgeführt werden.

Bewegungsanalyse: Maschinelles Lernen ermöglicht in der Robotik die Analyse und Vorhersage von Roboterbewegungen zur Navigation

Datenverarbeitung: große Mengen an 3D-Daten können schnell und effizient verarbeitet und analysiert werden. Dadurch steigert sich die Geschwindigkeit der Erkenntnisgewinnung

Durch die Kombination von beiden Technologien können präzisiere und effizientere Lösungen entwickelt werden. [10]

3.2.3 Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen lässt sich vier Lernverfahren unterteilen: überwachtes Lernen, unüberwachtes Lernen, teilüberwachtes Lernen und verstärkendes Lernen.

Überwachtes Lernen: Modelle werden mit Eingangsdaten und den dazugehörigen Ergebnissen trainiert, um Vorherzusagen für neue Daten zu treffen.

Unüberwachtes Lernen: Modelle analysieren ausschließlich Eingangsdaten ohne bekannte Ergebnisse, um Strukturen und Muster zu entdecken

Teilüberwachtes Lernen: Kombination aus überwachten und unüberwachten Lernen, um Zeit und Kosten zu sparen, indem nur wenige Daten klassifiziert werden müssen

Verstärkendes Lernen: Ein autonomer Agent lernt durch gezieltes Feedback (Belohnung/Bestrafung), ohne vorab definierte Datensätze zu benötigen.
Die Auswahl des geeigneten Verfahrens hängt von Faktoren wie der Anzahl der vorhandenen Daten, ihrer Charakteristik, dem Bewertungsziel und der verfügbaren Rechenleistung ab.

Abschließend wurde in der nachfolgenden Tabelle die Vor- und Nachteile des Maschinellen Lernens aufgelistet. [11,12,13]

Tabelle 1: Vor- und Nachteile Maschinellem Lernen

Vorteile	Nachteile
Schnelle und einfache Analyse großer Datenmengen	Notwendigkeit umfangreicher Trainingsdaten
Automatische Erkennung komplexer und unbekannter Zusammenhänge	Schwierige Nachvollziehbarkeit der Modelle
Auflösung unbekannter Zusammenhänge	Aufwendige Validierung mit umfangreichen Testdaten

4 Schnittstellen zu anderen Gruppen

Beim Arbeiten in dem Großprojekt im PTZ ist ein ausgiebiger Austausch mit anderen Gruppen essentiell. Da die Stationen eng miteinander vernetzt sind, ergeben sich überschneidende Aufgabenbereiche. Aus diesem Grund ist eine gute Zusammenarbeit erforderlich.

4.1 Schnittstelle Gruppe: Digitaler Zwilling

Die Gruppe Digitaler Zwilling erstellt eine exakte Darstellung der Produktionslinie. Ziel ist es, die Produktionslinie als Programm zu implementieren, an dem neue Ideen digital getestet und neue Konzepte entwickelt werden können.
Damit eine detailgetreue digitale Kopie der Anlage existieren kann, sind bauliche Änderungen an den Stationen an diese Gruppe weiterzugeben, damit diese im digitalen Zwilling implementiert werden können.

In der Bearbeitung dieser Studienarbeit werden bauliche Änderungen an dem Lagersystem vorgenommen und ein Gerüst für die Kamera gebaut. Dieser Änderungen sind an die Gruppe Digitaler Zwilling weiterzugeben.

4.2 Schnittstelle Gruppe: Transportsystem

Die fertigen Werkstücke werden mit dem Roboter vom Förderband genommen und anschließend dem Transportroboter übergeben. Hierfür ist eine genaue Absprache bezüglich des Übergabeorts notwendig.
Um ein genaues Erkennen des Huskys durch die Kamera sicherzustellen, muss der Husky zum Überprüfen an den Übergabeort gefahren werden. Dabei wird auch überprüft, ob der vereinbarte Übergabeort durch die baulichen Maßnahmen nicht beeinträchtigt wurde.
Des weiteren mussten die Werkstückträger auf dem Transportroboter neu positioniert werden, da sie sich teilweise an der äußersten Grenze vom Aktionsradius des Roboters befunden haben.

4.3 Schnittstelle Gruppe: Steuerung von Anlagen

Die Gruppe Steuerung von Anlagen ist für die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) zuständig, welche die zentrale Verknüpfung zwischen den Stationen darstellt. Mithilfe der SPS werden Signale von den verschiedenen Stationen an die entsprechenden Adressaten weitergeleitet. Somit steuert die SPS die Ablauflogik. Ein umfangreicher Austausch zu dieser Gruppe ist für den Gesamtprozess unbedingt notwendig.

Im Rahmen der Funktionsprüfung wurde ausgiebig mit der Gruppe Steuerung von Anlagen zusammengearbeitet. Genauere Details werden im Folgenden Kapitel thematisiert.

5 Umsetzung

5.1 Funktionsprüfung Pick and Place

5.1.1 Fehlerdefinition

Beim Pick and Place kam es aufgrund von Umbauten und der Integration neuer Geräte zu Fehlern im Ablauf. Im folgendem werden die aufgetretene Fehler näher beschrieben.

Der Roboter führt seine Aktionen in Abhängigkeit von Signalen anderer Stationen aus. Liefert eine Station ein falsches oder gar kein Signal, führt der Roboter eine falsche Aktion aus oder wartet auf das Signal und stoppt dabei.
Diese Probleme traten vor allem bei der Bin-Picking Station auf. Grund dafür war ein defektes Gerät, weshalb der Prozess gestört war.

Ein weiteres Problem war das Kollidieren des Roboters mit einer Schutzvorrichtung. Um die Gesamtanlage sicherer zu machen, wurden an den Enden des Förderbands nachträglich Schutzvorrichtungen montiert, um mögliche Schäden an Personen auszuschließen. Beim Beladen des Huskys mit Werkstücken vom Förderband, kam es zu Kollisionen mit dieser Schutzvorrichtung.

Ein weiterer Fehler betraf die Programmierung des Roboters. Dieser führt in seinem Programm viele Achsenbewegungen durch. Obwohl diese Bewegung unbedenklich sein sollten, traten Probleme auf, wenn sie am Randbereich des Bewegungsraums durchgeführt wurden. Dabei kam es immer wieder vor, dass der Roboter in den Sperrschutz ging.

5.1.2 Maßnahmen

Um die aufgetretenen Probleme zu beheben, wurden verschiedene Maßnahmen ergriffen, die im folgenden näher erläutert werden.

Um die Abhängigkeiten von Signalen anderer Stationen besser zu verstehen, wurde der Ablauf der Station gemeinsam mit der SPS Gruppe schrittweise durchgeführt. Dabei wurde das Roboterprogramm detailliert durchgearbeitet und darauf geachtet, welche Signale der Roboter benötigt, um die nächste Aktion durchzuführen Die fehlenden Signale, wie beispielsweise bei der Bin-Picking-Station, wurden von der SPS simuliert. Dadurch konnte ein korrekter Ablauf des Roboters überprüft und umgesetzt werden.

Um die Kollision des Roboters mit der Schutzvorrichtung beim Beladen des Huskys zu vermeiden, wurde der entsprechende Programmteil angepasst. Hierbei wurden einige Wegpunkte neu gesetzt, sodass sich der Roboter anders herum um seine eigene Achse dreht und dadurch keine Kollision mehr auftritt. Im Zuge dieser Anpassung musste auch die Palettierung neu programmiert werden, da die gespeicherten Punkte inkorrekt waren und eine Kollision nicht ausgeschlossen werden konnte. Die folgende Abbildung zeigt die Ablagefläche des Transportroboters.

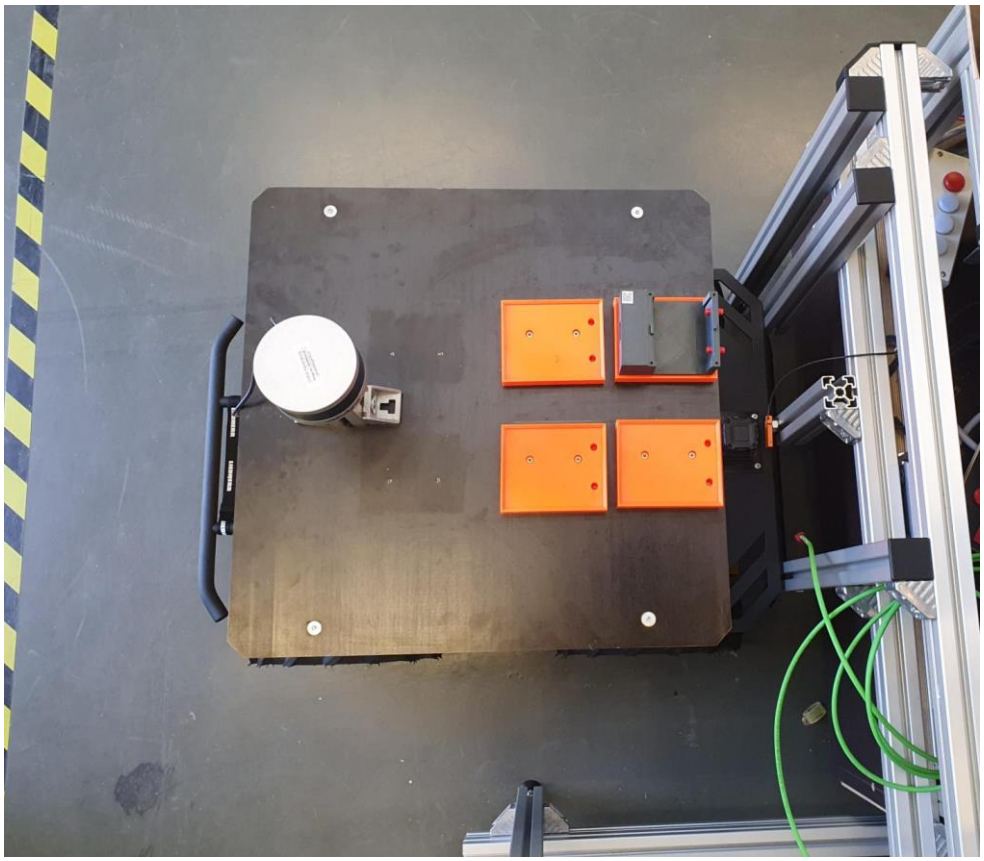


Abbildung 7: Ablagefläche des Transportroboters

(eigene Darstellung)

Zur Behebung der Problematik mit den Achsenbewegungen im Randbereich des Bewegungsraums des Roboters wurden Anpassungen an den Bewegungsabläufen vorgenommen. Viele Bewegungen wurden auf Linearbewegungen umgestellt, wodurch das Problem behoben werden konnte.

5.2 Funktionsprüfung Keyence

5.2.1 Fehlerdefinition

An der Station zwei der Produktionsanlage werden Bolzen mithilfe eines UR3- Roboter und eines Kamerasystems aus einer chaotischen Kiste entnommen. Diese Bolzen werden anschließend in ein Keyence-Messgerät, ein 2D-Mikrometer, gehalten, um ihre Maße zu kontrollieren. In Abbildung 8 ist dieses Gerät dargestellt.



Abbildung 8: 2D-Mikrometer

(eigene Darstellung)

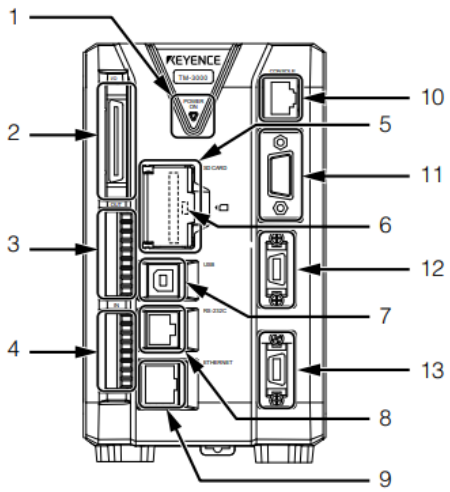
Während der Bearbeitungsphase trat ein Fehler auf. Die Kommunikation zwischen dem Steuergerät des Keyence-Messgeräts und dem des Roboters funktionierte nicht mehr korrekt.
Das heißt, die Startsignale vom Roboter an das Messgerät waren vorhanden, jedoch fehlten die Ergebniswerte der Messung.

5.2.2 Maßnahmen

Aufgrund der Fehlerdefinition wurden die folgenden Maßnahmen durchgeführt:

- Überprüfung der Messleitungen und -punkte
- Überprüfung der Verdrahtung
- Hinzu ziehen der Expertise eines Keyence-Mitarbeiters

Bei der ersten Maßnahme wurden mithilfe eines Multimeters die folgenden Signalpunkte überprüft.



	Name	Beschreibung
1	Signalleuchte „POWER ON“	Leuchtet grün, wenn die Modellreihe TM-3000 in Betrieb ist.
2	Erweiterungsanschluss	Zur Ein- und Ausgabe von Steuersignalen.
3	Ausgangsklemmleiste	Zur Ausgabe von Steuersignalen.
4	Eingangsklemmleiste	Zur Eingabe von Steuersignalen und zur Stromversorgung (24 V Gleichspannung).

Abbildung 9: Steuergerät Bezeichnung und Funktion [14]

Dabei wurden die Ausgangsklemmleiste (3) und die Eingangsklemmleiste (4) gemessen (Siehe Abbildung 9). Die Funktion der Eingangsklemmleiste konnte bestätigt werden, jedoch wurde bei der Funktion der Ausgangssignale keine Änderung der Potentiale vernommen.

Die Ursache dieses Problems konnte auf einen zu hohen internen Widerstand zurückgeführt werden, der sich um ein Vielfaches höher zeigte als erwartet.

Vor dem Treffen mit einem Keyence-Mitarbeiter wurden sowohl die Verkabelung überprüft als auch optimiert. Aufgrund der Ergebnisse des Treffens wurde ein Antrag zur Reparatur gestellt und ein Ersatzgerät angefordert. Es muss ausschließlich das Steuergerät (siehe Abbildung 10) ausgetauscht werden.



Abbildung 10:Keyence Steuergerät

(eigene Darstellung)

5.3 Erweiterung Prototyplager

5.3.1 Neuer Prototyp

In der vergangenen Studienarbeitsphase wurde bereits ein Prototyp aus Karton angefertigt. Um die Funktion der Idee weiter zu testen, wurde eine exakte Kopie aus Acrylglas gefertigt (siehe Abbildung 11). Diese Materialwahl begünstigt die Übersicht in den Versuchsabläufen, da Acrylglas einen besseren Einblick ins Innere des Lagers ermöglicht.



Abbildung 11: Prototyp mit Rohteilen

(eigene Darstellung)

Durch weitere Tests wurde während der Erstellung Modifikationen angebracht. Dazu zählen:

- Filz für ein gleichmäßigeres und sanfteres gleiten der Rohlinge7
- Verkleinerung der Öffnung des Lagers um die Funktionalität zu verbessern

In der Bearbeitungsphase wurde dieser Teil des Projektes an eine Studentengruppe übergeben. Ab diesem Zeitpunkt übernahmen wir ausschließlich eine betreuende Rolle für diese Gruppe.

5.3.2 Ergebnisse der Studentengruppe

Die Ergebnisse der Studentengruppe sahen wie folgt aus:
Erprobungen verschiedener Modifikationen am Prototyp Lager:

- Eine Schieflage des gesamten Objektes
- Eine komplett neue Konstruktion mit neuen Abmessungen
- Die zielführende Lösung: Ein 3D- gedrucktes Teil, das die Lücke zwischen Boden und Rohteilen ausfüllte

Mit dieser Lösung wurde ein komplett neuer Ablaufplan programmiert. Das Endgültige Ergebnis wurde anschließend in das Gesamtprogramm eingefügt, wobei lediglich kleine Anpassungen vorgenommen werden mussten.
Das neue Lager inklusive 3D-Druck Teil wird in Abbildung 12 dargestellt.



Abbildung 12: neues Lager inklusive 3D-Druckteil

(eigene Darstellung)

5.4 Installation Kamerasystem

5.4.1 Vorbetrachtungen

Um Aufnahmen mit hoher Genauigkeit zu gewährleisten, muss die Kamera optimal positioniert sein, sodass sie eine perfekte Sicht auf das zu prüfende Objekt hat. Daher wird die Kamera oberhalb des Huskys angebracht. Die Positionieren wird in der Abbildung 13 erkenntlich.



Abbildung 13: Positionierung der Kamera oberhalb des Husky

(eigene Darstellung)

5.4.2 Positionierung der Kamera

Für die Positionierung ist eine neue Kamerahalterung erforderlich, die sowohl stabil als auch ausreichend hoch ist. Dazu wurden Querstreben an der Produktionslinie befestigt, an denen die Kamera in einem Abstand von etwa 1.5m angebracht werden kann.

5.4.3 Signalübertragung

Für die Signalübertragung wird ein Konzept benötigt, das die Auswahl der Daten, die an den Roboter weitergegeben werden sollen, sowie das notwendige Prinzip der Wertumrechnung umfasst.

5.4.4 Integration des Kamerasystems

Um die Kalibrierung der Kamera durchführen zu können wird die neuste Firmware-Version benötigt. Nach der Installation kann mithilfe eines Assistenten in der dazugehörigen Software die komplette Anwendung eingerichtet werden. Diese Anwendung wurde erstellt und ist bereit für die nächste Bearbeitungsphase.

5.4.5 Verknüpfung der Komponenten

Für die Signalübertragung der Kameradaten zum Roboter werden verschiedene Schnittstellen benötigt. In der Abbildung 14 wird das Zusammenspiel zwischen der Kamera, der SPS, als Zwischenschnittstelle und dem Roboter dargestellt.

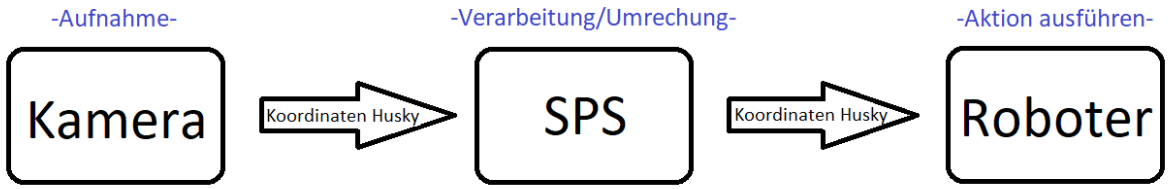


Abbildung 14: Konzept Signalübertragung

(eigene Darstellung)

Der erste Schritt der Gesamtaktion ist die Aufnahme durch die Kamera. Dabei werden X-/Y-Koordinaten der Position des Huskys erfasst und über eine Ethernet Verbindung an die SPS übertragen. In der SPS werden die empfangenen Werte umgerechnet, sodass die Position des Huskys an den Roboter weitergegeben werden kann. Bei der Ausführung am Roboter werden die genauen Positionen der Lagerorte auf dem Husky mithilfe von Offsets-Berechnungen bestimmt, sodass der Roboter seine Aktionen präzise ausführen kann.

5.4.6 Aktueller Stand

Dieses Projekt befindet sich in der Bearbeitungsphase. Die Kamera wurde erstmals in Betrieb genommen und die Kalibrierungsfunktion eingerichtet. Die Kalibrierung zwischen Roboter und Kamera wurde noch nicht durchgeführt, da die Wahrscheinlichkeit, dass in der nächsten Bearbeitungsphase alles exakt positioniert ist, sehr gering ist.

6 Fazit und Ausblick

Der zweite Teil der Bearbeitung der Studienarbeit war stark von praktischen Arbeiten geprägt. Die Aufgabenstellungen aus der ersten Bearbeitungsphase wurden in dieser Phase umgesetzt.

Das Testen und Optimieren des Lagerprototyps sowie das notwendige Programmieren des Roboters wurden erfolgreich von der Studentengruppe ausgeführt. Dabei entstand ein einwandfrei funktionierendes Programm, das die Rohteile vom neuen Lager auf einen Werkstückträger auf dem Transportband befördert. Das entstandene Programm konnte mit geringen Änderungen in das Gesamtprogramm integriert werden.
Die Funktion als Betreuer für diese Aufgabe war eine neue und sehr positive Erfahrung. Die Studentengruppe war sehr engagiert und hat viele eigene Ideen zum Optimieren eingebracht. Diese Ideen und die geplante Vorgehensweise wurden häufig mit uns abgesprochen. Die ausgiebige und gute Kommunikation war der Schlüssel für das sehr gute Ergebnis dieser Aufgabe.

Ein weiterer Teil dieser Studienarbeit war die Funktionsprüfung der Anlage. Durch den Neubau des Schaltschranks traten einige Probleme im Gesamtsystem auf. Auch in Bezug auf die Steuerung zeigten sich zahlreiche Schwierigkeiten, da das bisherige Programm der SPS nicht flexibel war und viele Abhängigkeiten zu anderen Stationen bestand. Das Beheben dieser Probleme war sehr zeitaufwendig und erforderte mehrere Änderungen im Programm des UR5. Am Ende konnten alle aufgetretenen Probleme erfolgreich behoben werden.

Bei der Integration der Kamera stellte sich die Aufgabe der Positionierung schwieriger heraus als erwartet. Der ursprüngliche Plan, die Kamera direkt an der Plattform des Roboters zu montieren, funktionierte nicht, da der geringe Abstand für die genaue Erkennung des Huskys nicht ausreichte. Der zweite Versuch, die Kamera etwas weiter oben an der Station zu platzieren, führte zu Kollisionen mit dem Roboter. Am Ende entstand durch bauliche Maßnahmen ein eigenes Gerüst für die Kamera.

Insgesamt erwiesen sich die vorgenommenen Aufgaben als deutlich umfangreicher als ursprünglich gedacht, da immer wieder Probleme im Bezug auf das Gesamtsystem auftraten. Am Ende konnten alle Aufgaben weitestgehend erfolgreich abgeschlossen werden.

Im Ausblick auf die nächste Studienarbeit gibt es noch einige offene Punkte, die behandelt werden müssen. Das betrifft vor allem das Kamerasystem, das mit dem Roboter verknüpft werden muss. Dabei sind die Greifpunkte für das Greifen am Husky mithilfe der Kamera zu korrigieren.
Ein weiterer offener Punkt ist das UR5 Programm. Da dieses Programm aufgrund der Programmierung über den Roboter sehr unübersichtlich ist, könnte man das Programm neu aufsetzen. Denkbar wäre eine Programmierung mit UR Script. Bei dieser Programmiermethode wird der Roboter direkt in der Script Sprache am PC programmiert. Dabei ergeben sich die Vorteile, dass mehr Funktionalitäten vorhanden sind und das Programmieren deutlich übersichtlicher wird. Allerdings ist hierfür eine Einarbeitung in eine neue Programmiersprache erforderlich.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Analoge- Digitale- Signale 3
Abbildung 2: Veränderung der Topologie 4
Abbildung 3: Stereo Vision Funktionsdarstellung [5] 6
Abbildung 4: Lichtlaufzeitmessung Funktionsdarstellung [6] 7
Abbildung 5: Lichtstreifenprojektion Funktionsdarstellung [7] 7
Abbildung 6: Lasertriangulation Funktionsdarstellung [8] 8
Abbildung 7: Ablagefläche des Transportroboters (eigene Darstellung) 15
Abbildung 8: 2D-Mikrometer 16
Abbildung 9: Steuergerät Bezeichnung und Funktion [14] 17
Abbildung 10:Keyence Steuergerät 18
Abbildung 11: Prototyp mit Rohteilen 19
Abbildung 12: neues Lager inklusive 3D-Druckteil 20
Abbildung 13: Positionierung der Kamera oberhalb des Husky 21
Abbildung 14: Konzept Signalübertragung 22

Literaturverzeichnis

[1] „Schnittstellen (Übertragungstechnik). Elektronik Kompendium. https://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1904111.htm (abgerufen 05.07.2024)

[2] „DIO im Überblick: Vor- und Nachteile der digitalen Schnittstelle“. On Logic. https://www.onlogic.com/de/blog/dio-im-ueberblick-vor-und-nachteile-der-digitalen-schnittstelle/ (abgerufen 05.07.2024)

[3] „So funktioniert die Datenübertragung über den seriellen Anschluss“. RS. https://de.rs-online.com/web/content/discovery-portal/produktratgeber/rs232-kabel-leitfaden (abgerufen 05.07.2024)

[4] „Ieee 802.3/ Ethernet-Grundlagen“. Elektronik Kompendium. https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0603201.htm (abgerufen 05.07.2024)

[5] „Stereo Vision für 3D-Bildverarbeitungsanwendungen“. Clearview. https://www.clearview-imaging.com/de/blog/stereo-vision-für-3d-bildverarbeitungsanwendungen (abgerufen 05.07.2024)

[6] „Lichtlaufzeitmessung: 3D-Aufgaben und deren Bewältigung“. Clearview. https://www.clearview-imaging.com/de/blog/lichtlaufzeitmessung-3d-aufgaben-und-deren-bewältigung (abgerufen 05.07.2024)

[7] „Wie funktioniert das 3D-Scannen mit strukturiertem Licht?“. Artec 3D. https://www.artec3d.com/de/learning-center/structured-light-3d-scanning (abgerufen 05.07.2024)

[8] „Strukturierte Beleuchtung“. Edmund Optics. https://www.edmundoptics.de/know-ledge-center/application-notes/illumination/using-structured-illumination/ (abgerufen 05.07.2024)

[9] „3D Profilometer für Bildverarbeitungsanwendungen“. Clearview. https://www.clearview-imaging.com/de/blog/3d-profilometer-für-bildverarbeitungsanwendungen (abgerufen 05.07.2024)

[10] A. Mockenhaupt, T. Schlagenhauf, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion, Deutschland: Springer Vieweg, 2024.

[11] K.Morik, „Maschinelles Lernen“ in Einführung in die künstliche Intelligenz, G. Görz, Hrsg., Deutschland: Addison-Wesley, 1993, S. 247-302.

[12] M. J. Neuer, Maschinelles Lernen für die Ingenieurswissenschaften, Deutschland: Springer Vieweg, 2024.

[13] „Maschinelles Lernen (Machine Learning)“. Fraunhofer IESE. https://www.iese.fraunhofer.de/de/trend/kuenstliche-intelligenz/maschinelles-lernen.html (abgerufen 03.07.2024).

[14] „2D-Mikrometer Benutzerhandbuch“. Keyence. https://www.keyence.de/products/measure/micrometer/tm-3000/downloads/?mode=ma (abgerufen 03.07.2024).