



zur Erlangung des Grades eines
Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Konzeption und Realisierung von RFID - Infrastruktur-Elementen zur dezentralen Steuerung einer Festo – Kommissionieranlage

Autor: Lizhao Jin
Maschinenbau | Mechatronik | Physiktechnik
Matrikelnummer: 20998
E-Mail: lizhao.jin@outlook.com

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Heike Mrech

Zweitprüfer: Dipl.-Inf. Ronny Kunow

Merseburg, 20.04.2017

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken (dazu zählen auch Internetquellen) entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers

Inhaltverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabelleverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Einordnung	1
1.2 Aufgabenstellung und Vorgehensweise	2
2 Festo Kommissionieranlage	3
2.1 Hochregallager	5
2.2 Kommissionierstation	8
2.3 Transportsystem.....	10
2.4 Kommunikationsverbindung	14
3 Die zentrale Steuerung der Festo-Kommissionieranlage.....	15
3.1 CiroS Supervision	16
3.2 Funktionsablauf	18
3.2.1 Kommissionieren	18
3.2.2 Ausliefern.....	19
3.3 Datenbank	20
4 Konzeption von RFID-Infrastruktur-Elementen zur dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage.....	22
4.1 Lösungsvariante	23
4.1.1 RFID – Geräte	23
4.1.1.1 TURCK - BL ident®.....	23
4.1.1.2 Arduino.....	25
4.1.1.3 Raspberry Pi	26
4.1.2 RFID – Transponder	27
4.1.2.1 Art des RFID Transponders	27
4.1.2.2 Bauform.....	28
4.1.2.3 Montage des RFID Transponders.....	29
4.1.3 Steuerstruktur	32
4.1.3.1 Mit TURCK - BL ident®.....	32
4.1.3.2 Mit Arduino/ Raspberry Pi	34

5	Realisierung von der dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage .	35
5.1	Aufbau (Hardware)	35
5.1.1	Arduino-RFID-Gerät	36
5.1.1.1	Bestandteil des Arduino-RFID-Gerätes.....	36
5.1.1.2	Montage des Arduino-RFID-Gerätes	39
5.1.2	RFID-Tag	41
5.1.2.1	Montage des RFID Tags	41
5.1.2.2	Daten im RFID-Tag	42
5.2	Funktionsablauf	43
5.2.1	Funktionsablauf des ganzen Systems.....	43
5.2.1.1	Kommissionieren.....	44
5.2.1.2	Ausliefern	47
5.2.2	Funktionsablauf der jeweiligen Komponente	49
5.2.2.1	Hochregallager.....	50
5.2.2.2	Kommissionierstation	53
5.2.2.3	Transportsystem	54
5.2.2.4	Arduino-RFID-Geräte	57
5.3	Datenbank im Hochregallager	59
5.3.1	Aufbau	59
5.3.1.1	Auftragsstapel	59
5.3.1.2	Lagerinhalt	60
5.3.2	Datenbankmanagement	61
5.4	TCP/IP Kommunikation	62
5.4.1	Transportsystem < - > Hochregallager, Kommissionierstation – Stopperbox Kontrollierung.....	62
5.4.2	RFID < - > Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem - Lesen/Schreiben von dem RFID Tag.....	63
5.4.3	Kommissionierstation - > Hochregallager - Fehlererkennung der Kommissionierstation	64
5.4.4	PC < - > Hochregallager – Auftrags-/Lagerverwaltung.....	65
6	Ausblick.....	67
6.1	Auftrags- und Lagerverwaltung mit weiteren Geräte	67
6.2	Überwachungssystem	67

7	Fazit	68
	Anhang.....	A-1
A	Ergänzende Abbildungen	A-1
	Literaturverzeichnis	VIII

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Die Festo Kommissionieranlage.....	3
Abb. 2 Container mit verschiedenen Füllmaterialien (Schwarz, Blau, Reaktor, Harz).....	4
Abb. 3 Palette mit gewünschten Containern.....	4
Abb. 4 Technische Zeichnung Station Hochregallager.....	5
Abb. 5 Beispiel von einem Palettenplatz.....	6
Abb. 6 Teleskop.....	6
Abb. 7 Positionen der Palettenplätze.....	7
Abb. 8 SPS Steuerung für die Station Hochregallager.....	7
Abb. 9 Technische Zeichnung Kommissionier Station.....	8
Abb. 10 Drive Unit.....	9
Abb. 11 Technische Zeichnung Transportsystem.....	10
Abb. 12 Arbeitspositionen Transportsystem.....	11
Abb. 13 Werkstückträger.....	12
Abb. 14 Stopper Box.....	12
Abb. 15 HMI.....	13
Abb. 16 SPS Steuerung Station Transportsystem.....	13
Abb. 17 Kommunikationssystem.....	14
Abb. 18 Steuerstruktur der zentralen Steuerung von der Festo-Kommissionieranlage.....	15
Abb. 19 Ciro's Supervision.....	16
Abb. 20 Prozess Visualisierung.....	17
Abb. 21 Auftragsstapel.....	20
Abb. 22 Lagerverwaltung.....	21
Abb. 23 RFID Komponenten.....	22
Abb. 24 Turck BL ident® Systemaufbau.....	24
Abb. 25 Lösung 1 mit Turck RFID.....	32
Abb. 26 Lösung 2 mit Turck RFID.....	33
Abb. 27 Lösung mit Arduino/ Raspberry Pi.....	34
Abb. 28 Aufbau von der dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage.....	35
Abb. 29 Arduino-RFID-Gerät.....	36

Abb. 30 Arduino-RFID-Gerät Board	37
Abb. 31 Expansion Board	38
Abb. 32 Montage von den Arduino-RFID-Geräten.....	39
Abb. 33 Montage von dem Industriegülle	40
Abb. 34 Montage von dem Lese-/Schreibkopf.....	40
Abb. 35 Montage von dem RFID Tag	41
Abb. 36 Datenformat von dem RFID-Tag	42
Abb. 37 Verbindungsstruktur von der dezentralen Steuerung der Festo- Kommissionieranlage	43
Abb. 38 Funktionsablauf von dem Kommissionierungsverfahren.....	44
Abb. 39 Funktionsablauf von dem Auslieferungsverfahren	47
Abb. 40 Funktionsablauf von dem Hochregallager	50
Abb. 41 Transportsystem.....	54
Abb. 42 Funktionsablauf von Stopper1 / Stopper2	55
Abb. 43 Funktionsablauf von Stopper3 + HMI	56
Abb. 44 Skizze von dem Funktionsablauf des Arduino-RFID-Gerät.....	57
Abb. 45 Allgemeines Datenformat - RFID < - > Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem.....	63
Abb. 46 Allgemeines Datenformat der Auftragsverwaltung	65
Abb. 47 Allgemeines Datenformat der Lagerverwaltung	65
Abb. I Turck RFID Interface	A-1
Abb. II Turck RFID Lese-/Schreibkopf	A-1
Abb. III Arduino Uno.....	A-2
Abb. IV Lese/Schreibmodul: RFID – RC522.....	A-2
Abb. V Raspberry Pi	A-3
Abb. VI RFID Etikett.....	A-3
Abb. VII RFID Etikett 2.....	A-3
Abb. VIII RFID- Schlüsselanhänger	A-4
Abb. IX RFID Karte	A-4
Abb. X W5100 Ethernet Shield	A-5
Abb. XI Verkabelungsplan von dem Expansion Board	A-5
Abb. XII Schaltplan (Arduino – RC522)	A-6

Abb. XIII Technische Zeichnung von dem Hüllerständer.....	A-6
Abb. XIV Technische Zeichnung von dem Lese-/Schreibkopfständer.....	A-7
Abb. XV NTAG.....	A-7

Tabelleverzeichnis

Tabelle 1 Auftragsstapel.....	59
Tabelle 2 Auftrag_Struct.....	59
Tabelle 3 Lager_Inhalt.....	60
Tabelle 4 Lagerinhalt_Element.....	60

Abkürzungsverzeichnis

4CP	Leere Palette
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
ARM	Acorn RISC Machines
CIM	Computer-integrated manufacturing
DB	Datenbank
DP	Decentralised Peripherals
E/A	Eingang/ Ausgang
HMI	Human Machine Interface
IDE	Integrated Development Environment
ODBC	Open Database Connectivity
OPC	Open Platform Communications
PC	Personal Computer
PROFIBUS	Process Field Bus
PROFINET	Process Field Network
RFID	Radio-Frequency Identification
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol

1 Einleitung

1.1 Einordnung

Industrie 4.0 ist heutzutage ein immer beliebter Begriff in der Welt, der auf die Forschungsunion der deutschen Bundesregierung und ein gleichnamiges Projekt in der Hightech-Strategie der Bundesregierung zurückgeht; zudem bezeichnet er ebenfalls eine Forschungsplattform.

Die industrielle Produktion soll mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden. Technische Grundlage hierfür sind intelligente und digital vernetzte Systeme. Mit ihrer Hilfe soll eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion möglich werden: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren in der Industrie 4.0 direkt miteinander. Durch die Vernetzung soll es möglich werden, nicht mehr nur einen Produktionsschritt, sondern eine ganze Wertschöpfungskette zu optimieren.¹

RFID(radio-frequency identification) ist ein Enabler für Industrie 4.0. Für Industrie 4.0 sind Technologien zur Identifikation von Tools, Behältern oder Maschinen und Kommunikationstechnologien für die Übertragung von Daten notwendig. Damit sind die Selbstorganisation und die dezentrale Steuerung möglich.

¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0#cite_note-plattform40-4 (abgerufen am 09.04.2017)

1.2 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

An der Hochschule Merseburg ist eine Festo-Kommissionieranlage vorhanden. Die Festo-Kommissionieranlage besteht aus das Transportsystem, die Station Hochregallager, die Kommissionierstation und ein Zellenrechner. Die Festo-Kommissionieranlage wurde programmiert, um die Aufgaben Kommissionieren und Ausliefern zu fertigen. Die Anlage wurde von dem Zellenrechner zentral gesteuert.

Ich arbeite zusammen mit Herrn Ziniu Lu, um eine neue Industrie 4.0 Lösung für die dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage mit Hilfe des RFID-Elements zu suchen.

Die Stationen müssen intelligent sein und können sich miteinander kommunizieren, um das Bearbeitungsverfahren selbst zu organisieren. Mit RFID Tags und RFID Lese-/Schreibgeräte werden die Aufträge zwischen verschiedenen Stationen übertragen.

Um das Ziel zu erreichen, muss man diese Aufgaben fertigen.

1. Einarbeitung in den bisherigen Entwicklungstand der Festo-Kommissionieranlage und Erkennung von dem Aufbau und Funktionsablauf der zentralen Steuerung
2. Konzeption der dezentralen Lösung von der Festo-Kommissionieranlage
3. Auswahl und Entwicklung der neuen Hardware
4. Programmierung der Hardwarekomponenten

Wegen der Schwierigkeit wird das Projekt von mir und Herrn Ziniu Lu zusammen gemacht und in 2 Teile getrennt. Das RFID Gerät wird von mir entwickelt und ich mache die Programmierungsaufgaben der Station Hochregallager, Station Transportsystem und des RFID Gerätes. Die Programmierung der Kommissionierstation und des Zellenrechners wird von Herrn Ziniu Lu gemacht.

2 Festo Kommissionieranlage

Die Kommissionieranlage der Hochschule Merseburg ist aus verschiedenen, dem iCIM – System zugehörigen, Stationen von der Firma Festo Didactic GmbH & Co. KG zusammengestellt. Dieses iCIM System wird in der Bedienungsanleitung beschrieben, die einzelnen Stationen besitzen jeweils ein eigenes Handbuch.

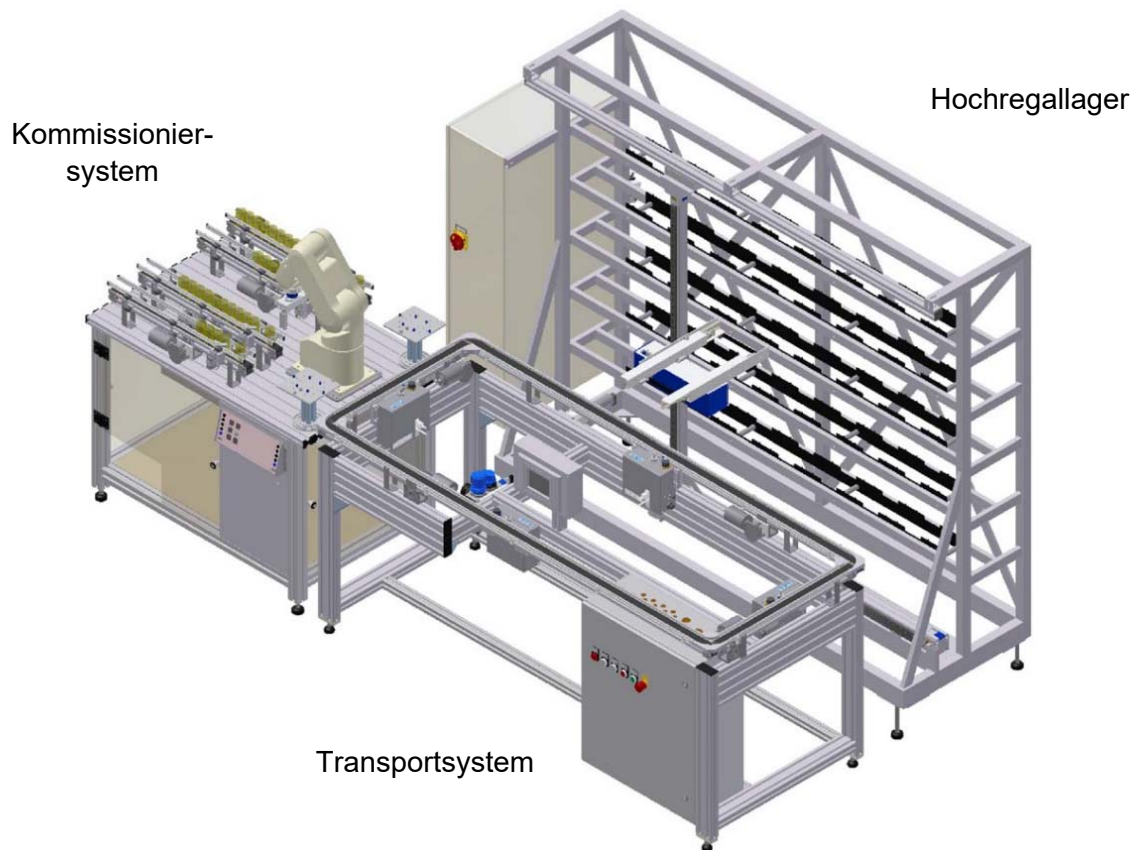


Abb. 1 Die Festo Kommissionieranlage²

² Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 21

Die Festo Kommissionieranlage besteht aus einige Stationen: einem Hochregallager, einem Transportsystem und einem Kommissionieranlage. Die zentrale Steuerung und die Prozessüberwachung erfolgt durch COSIMIR Control auf einem PC.³

Die Aufgabe des iCIM Systems ist eine Palette mit verschieden befüllten Containern zu kommissionieren und auszuliefern. Die Container der Paletten können mit Harz, blauem Füllmaterial, schwarzem Füllmaterial oder mit Reaktormaterial befüllt sein.⁴



Abb. 2 Container mit verschiedenen Füllmaterialien (Schwarz, Blau, Reaktor, Harz)

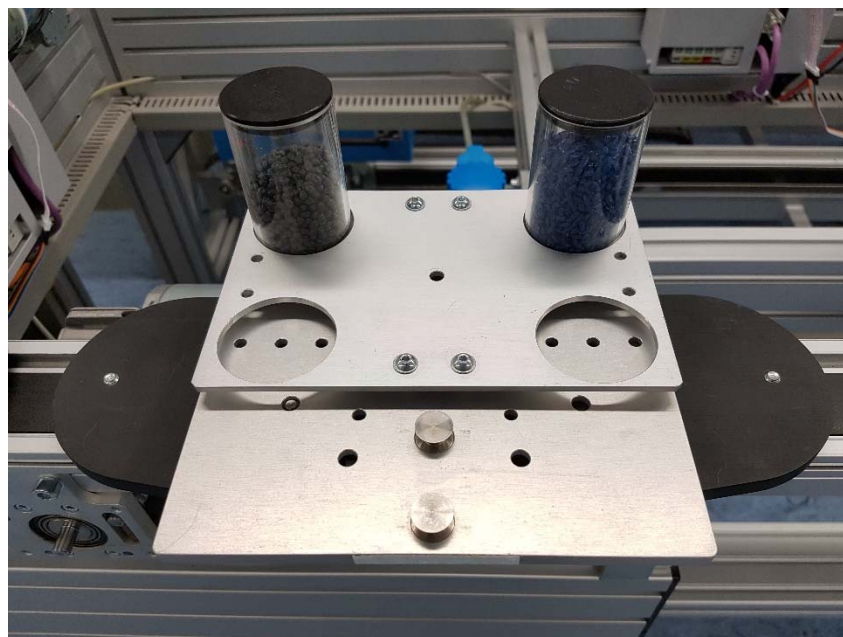


Abb. 3 Palette mit gewünschten Containern

³ vgl. Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Handbuch_A002, S. 12

⁴ vgl. Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Handbuch_A002, S. 39

2.1 Hochregallager

Die Station Hochregallager ist für das Ein- und Auslagern von den Paletten konstruiert worden. Steht eine Palette auf der Station Transportsystem zur Verfügung kann die auf einen freien Lagerplatz eingelagert werden. Steht ein leerer Werkstückträger auf der Station Transportsystem zur Verfügung, kann eine gewünschte Palette auf dem Werkstückträger gelegt werden.

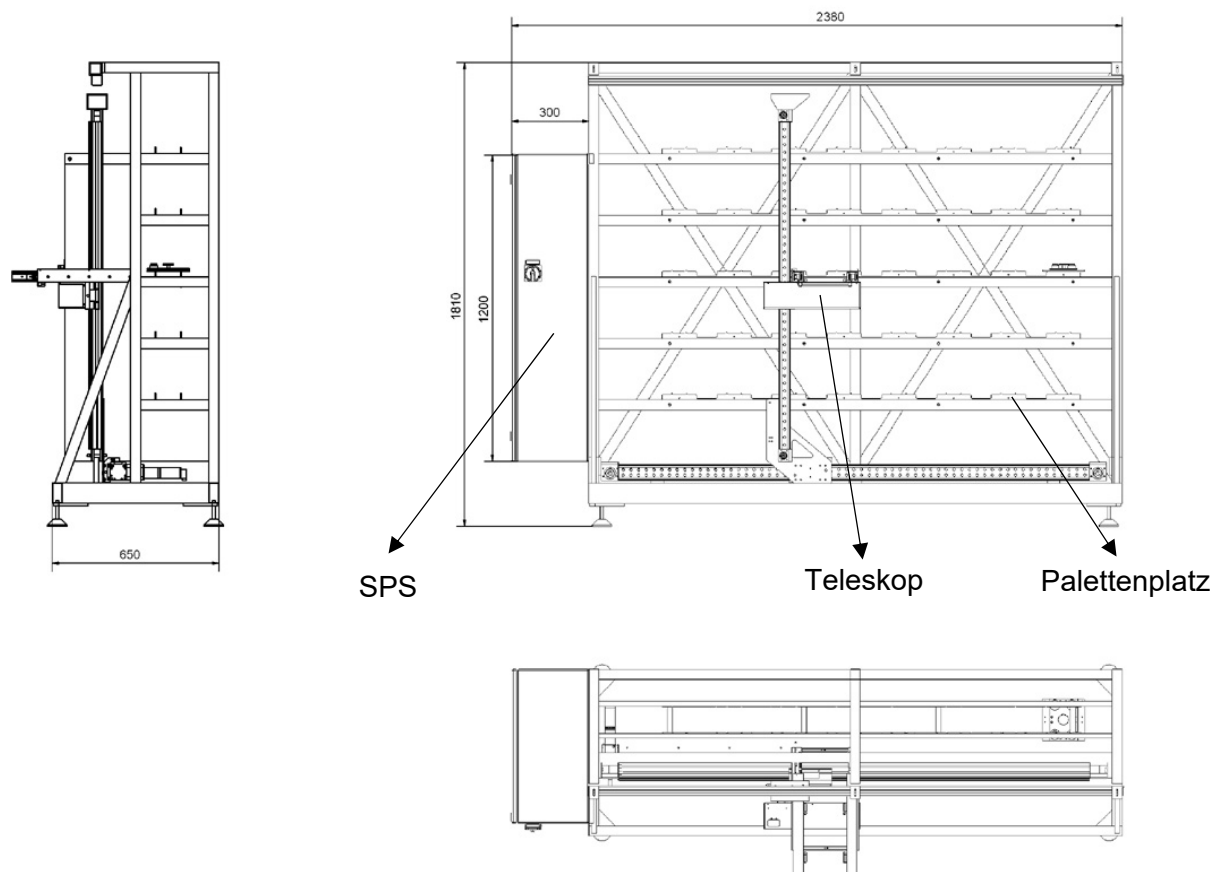


Abb. 4 Technische Zeichnung Station Hochregallager⁵

⁵ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 83

Die Station Hochregallager ist aus mehreren verschiedenen Modulen zusammengebaut.

- Palettenplatz
- Teleskop

Auf dem Palettenplatz werden die Paletten aufgesetzt.



Abb. 5 Beispiel von einem Palettenplatz

Mit Hilfe des Teleskops ist es möglich, die Palette vom Transportsystem in die verschiedenen Fächer des Hochregallagers ein- oder auszulagern.

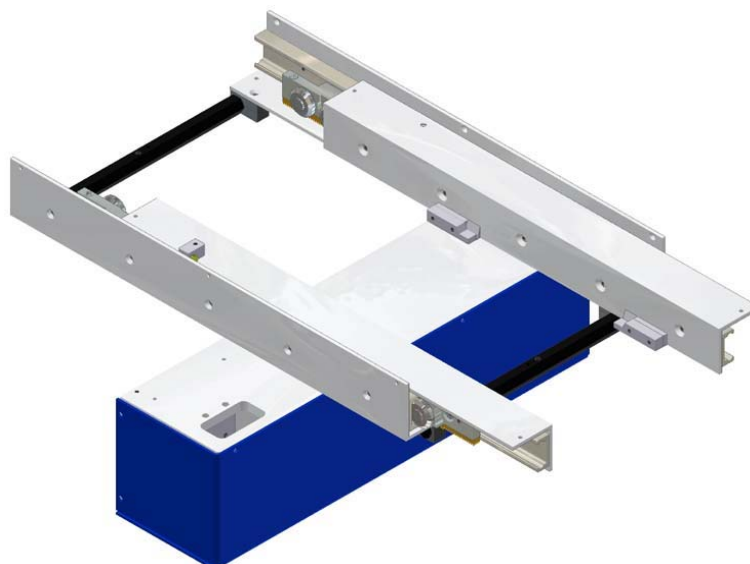


Abb. 6 Teleskop⁶

⁶ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 86

Auf dem Hochregallager steht 40 Palettenplätze. Die Lagerverwaltung erfolgt durch den Zellenrechner.

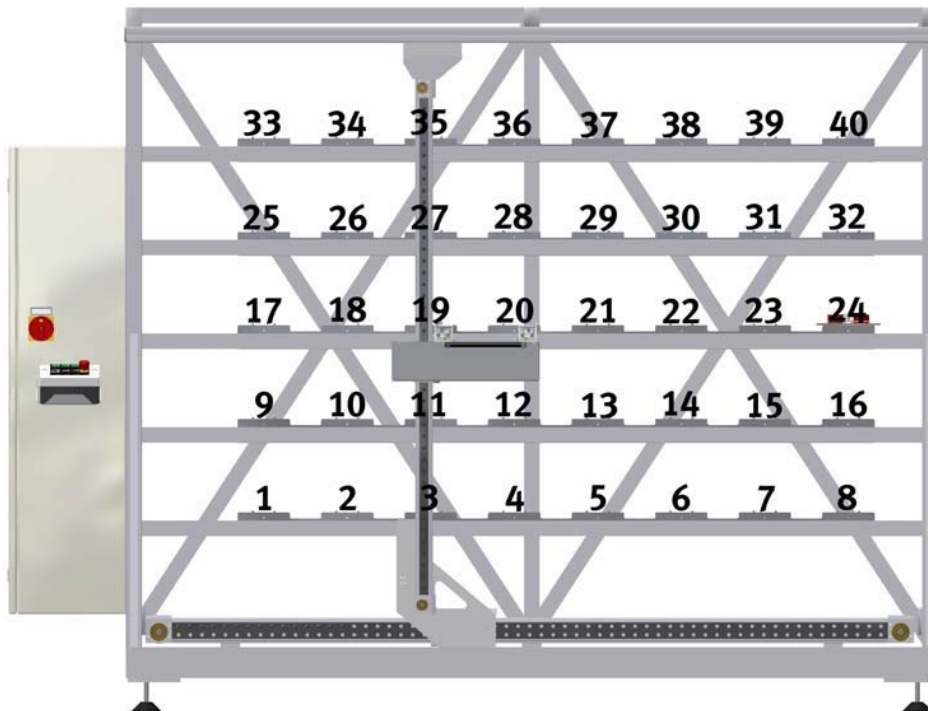


Abb. 7 Positionen der Palettenplätze⁷

Die Steuerungen der Station wird von einer Siemens SPS (Speicher programmierbare Steuerung) übernommen. Die SPS besitzt die Aufgabe die Aktoren zu steuern, zusätzlich besitzt Sie die übergeordnete Aufgabe mit den weiteren Stationen zu kommunizieren.

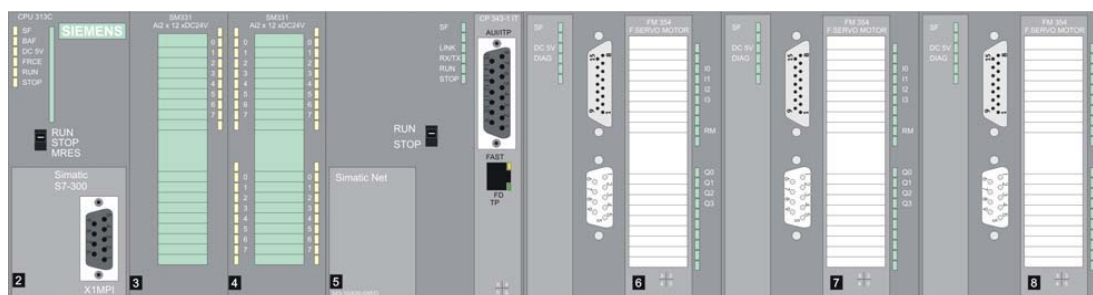


Abb. 8 SPS Steuerung für die Station Hochregallager⁸

⁷ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 85

⁸ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 92

2.2 Kommissionierstation

Die Station Kommissionieren ist für die Kommissionierung von verschieden bestückten Paletten mit verschieden befüllten Container konstruiert worden. Die Station besteht aus 4 Transportbändern. Viele Container mit verschiedenen Befüllungsmaterialien werden auf den Transportbändern gestellt. Das Handling der Container übernimmt ein RV-2AJ Roboter von Mitsubishi. Auf der linken und rechten Seite sind 2 Palettenablageplätze montiert. Hier werden die Paletten für die Bestückung zwischengelagert.

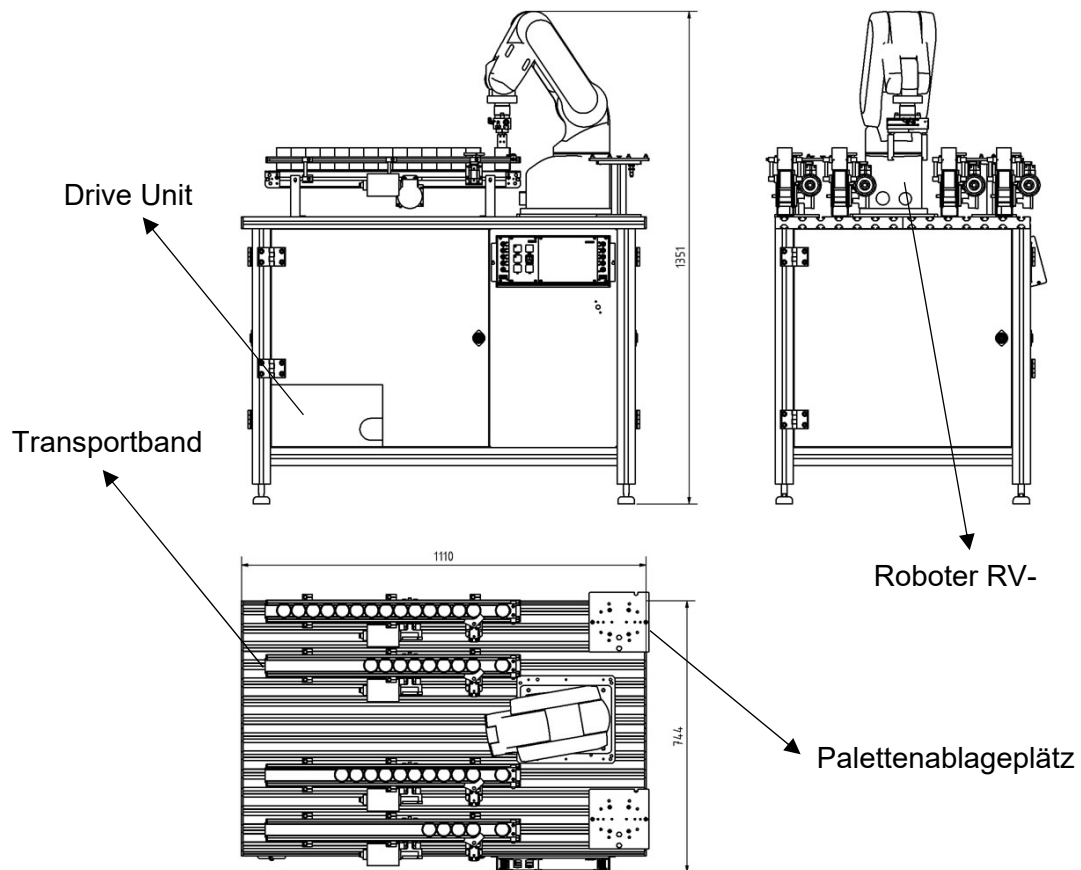


Abb. 9 Technische Zeichnung Kommissionier Station⁹

⁹ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Kommissionieren_A001, S. 53

Zuführband

Auf dem Transportband werden die Container für die Kommissionierung der Paletten zur Verfügung gestellt. Von unten nach oben sind auf der Abb. 9 die genannten Containerbefüllungen aufgeführt:

- Band 1: Container mit gelbem Füllmaterial (H - Harz)
- Band 2: Container mit grauem Füllmaterial (R - Reaktor)
- Band 3: Container mit blauem Füllmaterial (B - Blau)
- Band 4: Container mit schwarzem Füllmaterial (S - Schwarz)

Steuerung

Die Steuerungen der Station wird von der Drive Unit des Roboters übernommen.

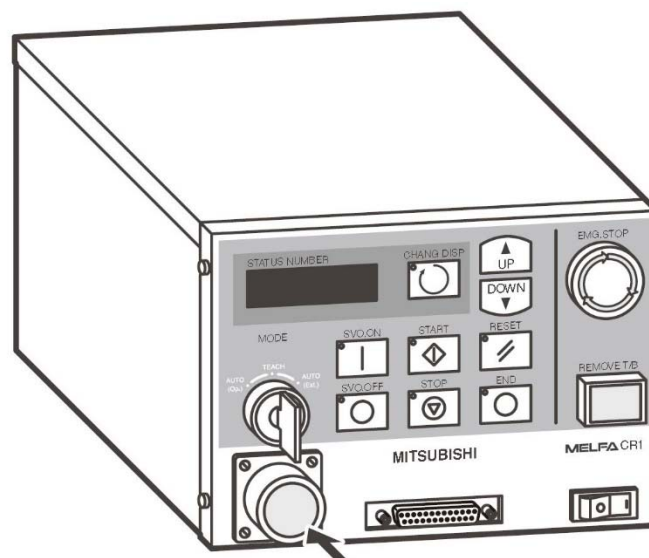


Abb. 10 Drive Unit¹⁰

¹⁰ MITSUBISHI ELECTRIC, (2004), Technisches Handbuch RV-1A/RV-2AJ, S. 1-1

2.3 Transportsystem

Die Station Transportsystem ist für den Transport der Werkstücke innerhalb des iCIM Systems zuständig. Die Palette läuft auf dem Werkstückträger im Gegenuhrzeigersinn. Das Stopper Box kontrolliert die Position von dem Werkstückträger. HMI ist ein Touchscreen und wird an der Arbeitspunkte 3 montiert. Darauf werden die Informationen von der auszuliefernden Palette gezeigt. Die detaillierte Beschreibung von der Station Transportsystem sieht Handbuch iCIM_Transportsystem_A001.

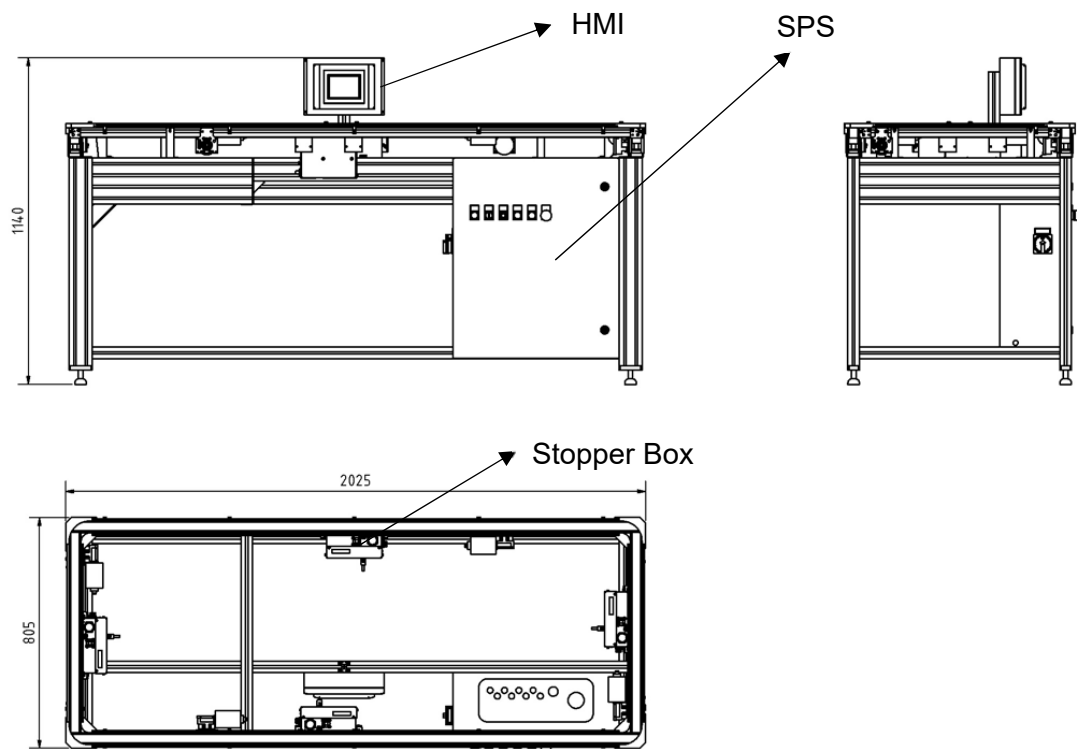


Abb. 11 Technische Zeichnung Transportsystem¹¹

¹¹ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001 S. 35

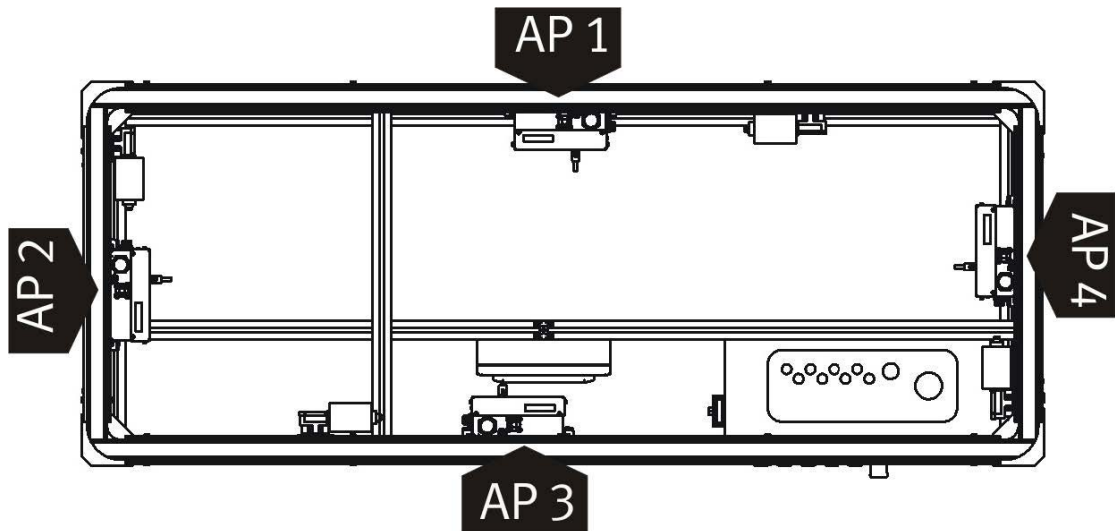


Abb. 12 Arbeitspositionen Transportsystem

- Arbeitsposition 1 An der Arbeitsposition 1 ist die Station Hochregallager montiert
- Arbeitsposition 2 An der Arbeitsposition 2 ist die Station Kommissionieren montiert.
- Arbeitsposition 3 Die Arbeitsposition 3 ist als Handarbeitsplatz ausgelegt.
- Arbeitsposition 4 Die Arbeitsposition 4 ist nicht belegt.¹²

Der Werkstückträger ist für die Aufnahme einer Palette und somit den Transport der Werkstücke zuständig.

¹² Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001, S. 36



Abb. 13 Werkstückträger¹³

Die Sensoren und Ventile welche für die Steuerung einer Arbeitsposition zuständig sind, sind in dieser Stopper Box montiert.

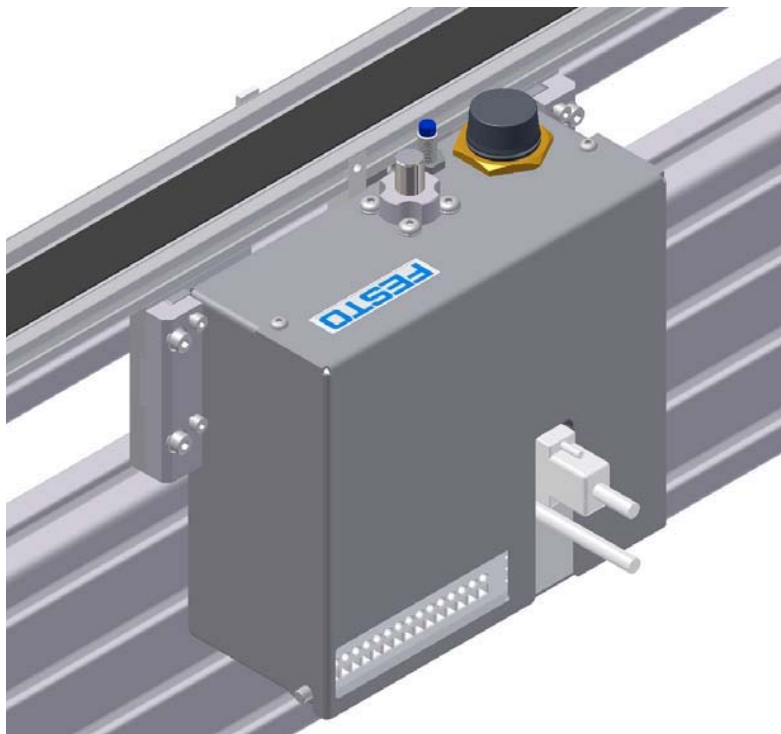


Abb. 14 Stopper Box¹⁴

¹³ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001 S. 37

¹⁴ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001 S. 40

Auf dem HMI (Human Machine Interface) – Touch Panel wird die aufzuliefernde Palette gezeigt. Wenn OK Button auf dem Touch Panel geklickt wird, ist die Auslieferung bestätigt.

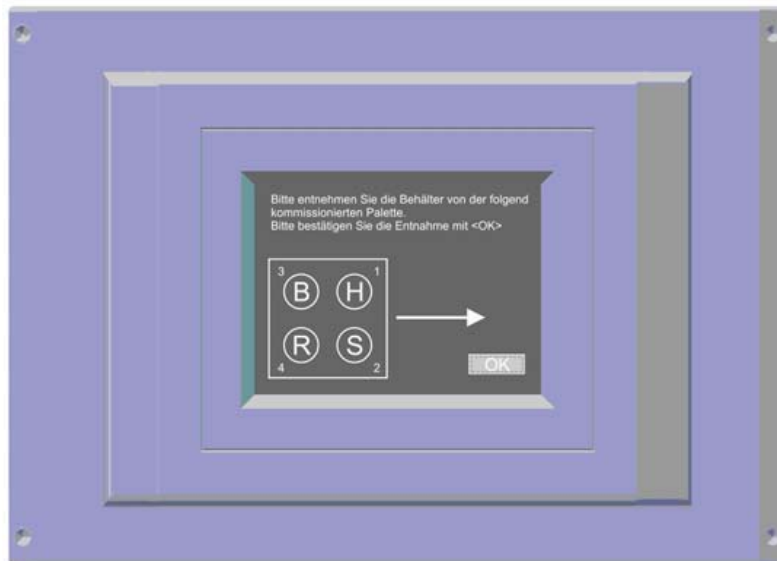


Abb. 15 HMI¹⁵

Die Steuerung der Station ist im Schaltschrank montiert und erfolgt durch Siemens SPS System.

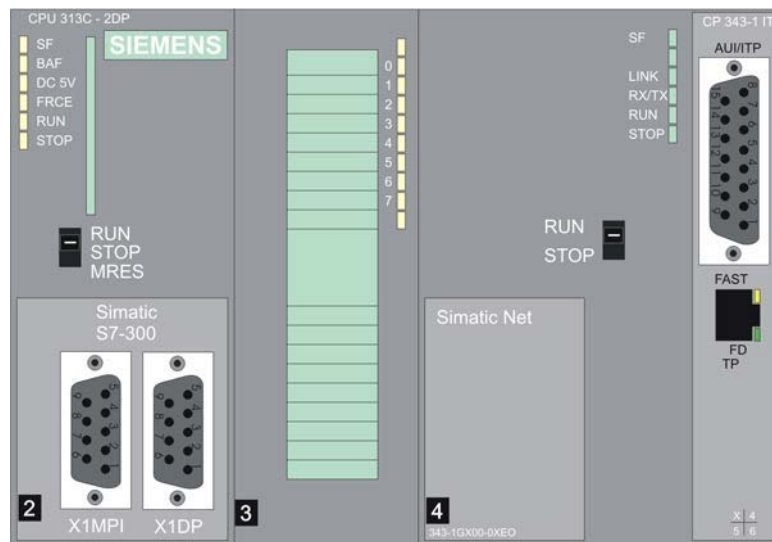


Abb. 16 SPS Steuerung Station Transportsystem¹⁶

¹⁵ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Handbuch_A002, S. 40

¹⁶ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001, S. 46

2.4 Kommunikationsverbindung

Die Verbindungen sind stationsspezifisch verschieden. Die Hauptkommunikation zwischen den Stationen ist mittels Ethernet realisiert. Ein Profibusring mit Profibus DP, ist für die Stopperboxen mit dem Identsystem und dem Touch Panel in der Station Transportsystem zuständig.¹⁷

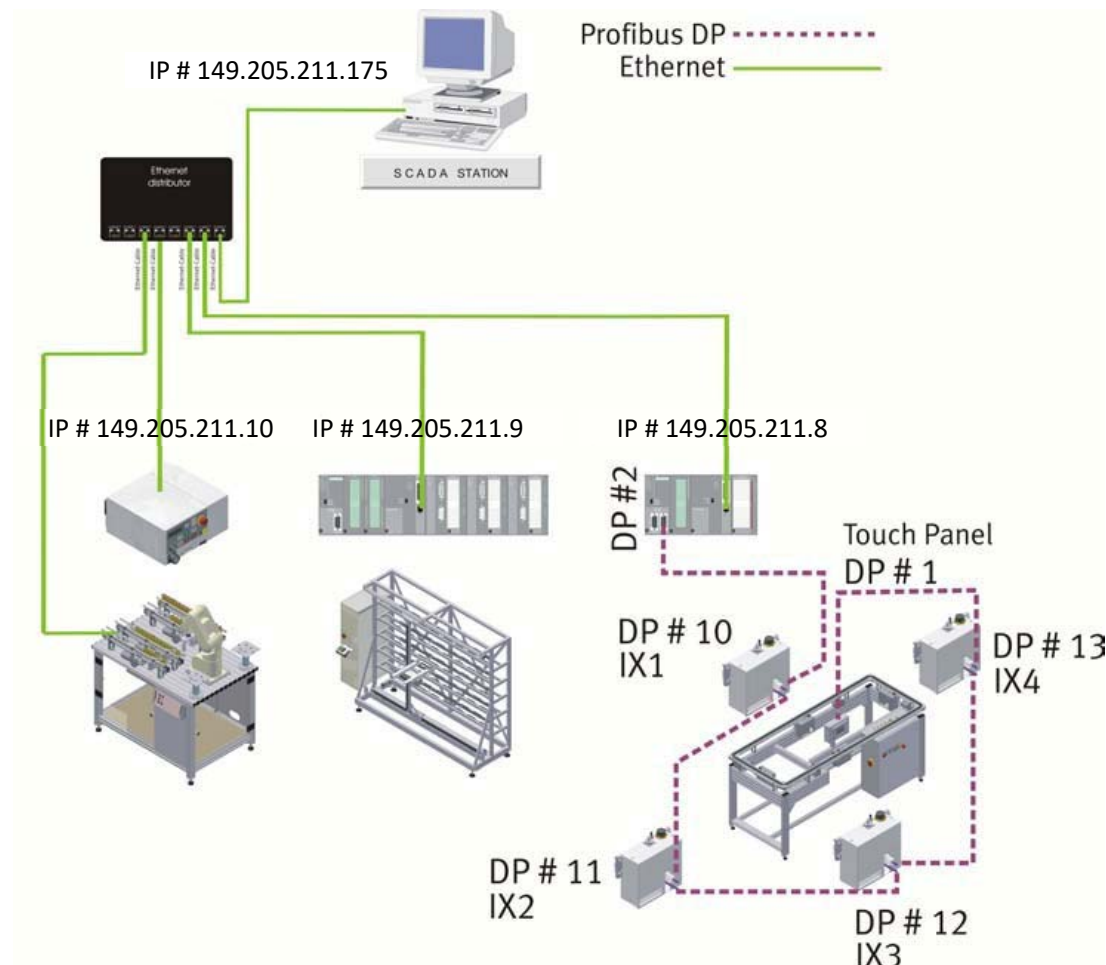


Abb. 17 Kommunikationssystem¹⁸

¹⁷ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Kommissionieren_A001, S. 22

¹⁸ vgl. Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Handbuch_A002, S. 30

3 Die zentrale Steuerung der Festo-Kommissionieranlage

Die Festo Kommissionieranlage besteht aus drei Stationen: einem Hochregallager, einem Transportsystem und einer Kommissionieranlage. Die zentrale Steuerung und die Prozessüberwachung erfolgt durch COSIMIR Control auf einem Zellenrechner. Wenn ein Auftrag auf dem Zellenrechner gestartet wird, vereinbart der Rechner verschiedene Operationen, um die Aufgabe zu fertigen. Aus diesem Grund benennen wir die Steuerung als eine zentrale Steuerung.

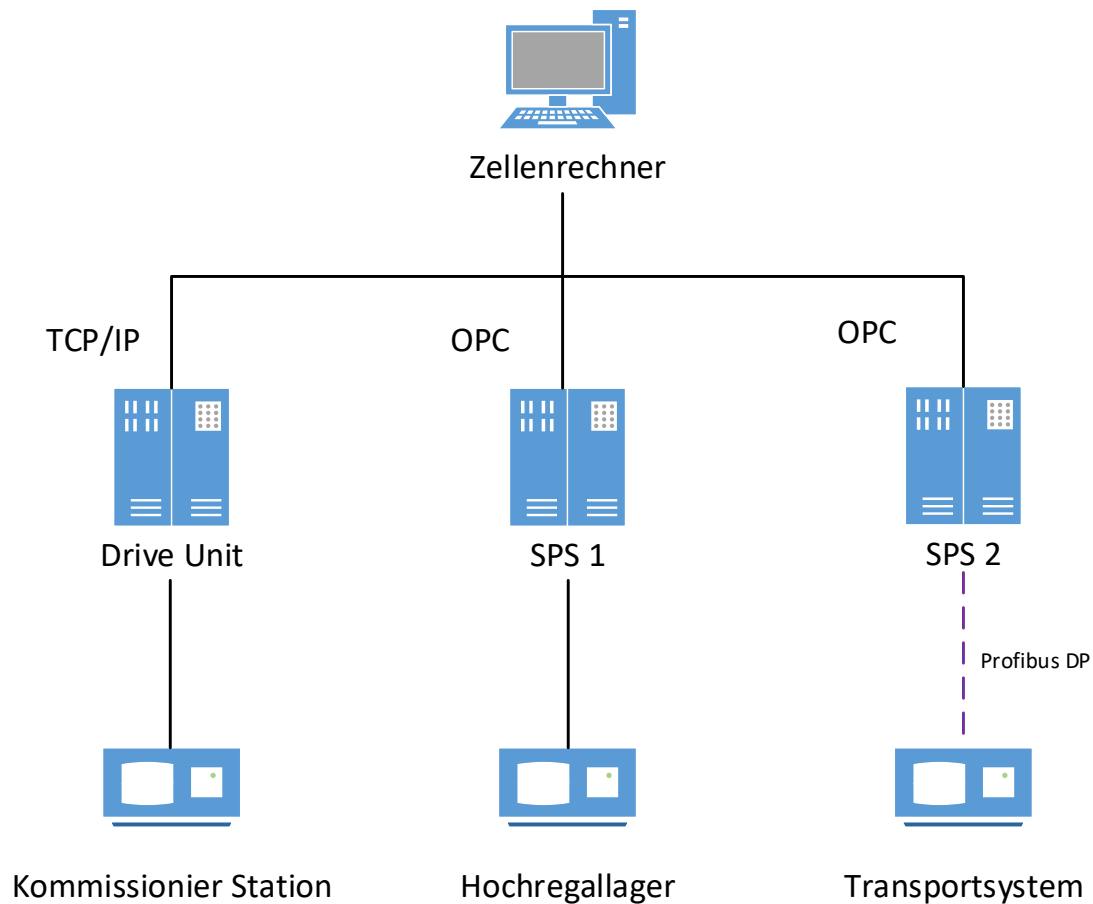


Abb. 18 Steuerstruktur der zentralen Steuerung von der Festo-Kommissionieranlage

3.1 Ciros Supervision

Ciros Supervision ist eine Software von Festo und unterstützt verschiedene Szenarien der SPS-Simulation und Offline-Programmierung für SPS-gesteuerte automatisierungstechnische Anlagen. Mit Ciros Supervision ist eine PC-basierte zentrale Steuerung von der Festo-Kommissionieranlage möglich.

Im Ciros wird die zentrale Steuerung der Kommissionieranlage programmiert. Das Programm kontrolliert die 3 Stationen von dem System mit OPC Treiber. Es schreibt die Datenbank im SPS von der Station und es ruft die Subfunktion im SPS damit auf.

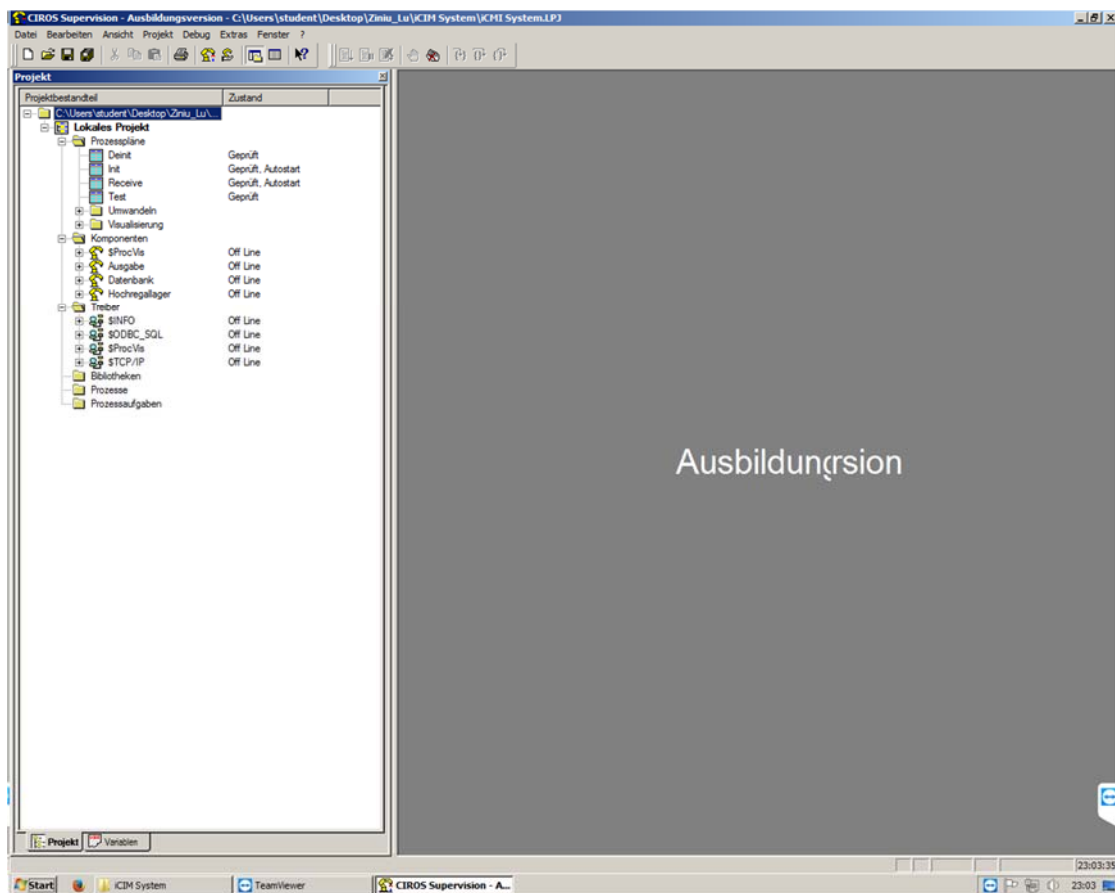


Abb. 19 Ciros Supervision

Ciros Supervision bietet eine Visualisierung des Prozesses. Der Status der Aufträge, die Positionen der Werkstückträger sowie die gerade ausgeführten Operationen der einzelnen Arbeitsstationen werden hier gezeigt.

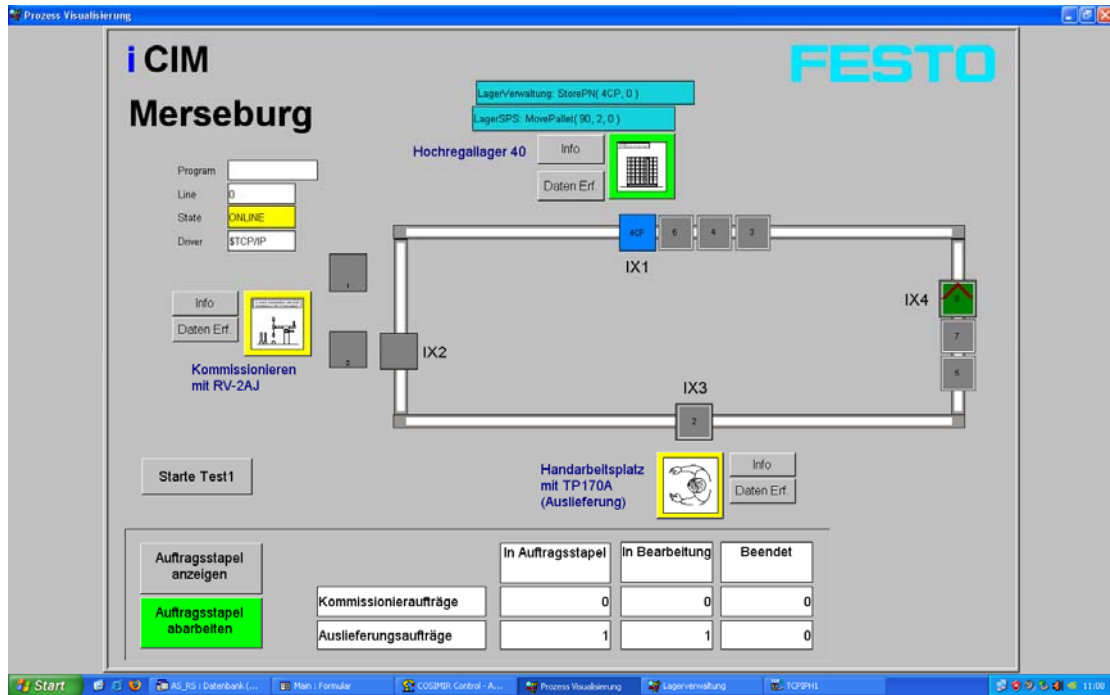


Abb. 20 Prozess Visualisierung

Im Abb. 20 stehenden StorePN(), MovePallet() sind Subfunktionen von dem Hochregallager und sie werden im SPS programmiert. Das Ciro's Programm vereinbart das Kommissionierprozess und entscheidet sich, wann die Subfunktionen aufgerufen werden.

3.2 Funktionsablauf

Die Aufgabe der Festo Kommissionieranlage ist:

- Eine Palette mit verschiedenen Container zu kommissionieren
- Eine Palette mit verschiedenen Container auszuliefern

3.2.1 Kommissionieren

Hier steht ein Beispielsprozess für das Kommissionierungsverfahren:

- Leeren Werkstückträger anfordern und diesen an die Station Hochregallager transportieren
 - Werkstückträger stoppen
 - Leere Palette (4CP) auf Werkstückträger auslagern
 - Werkstückträger mit Palette zu Station Kommissionieren transportieren

 - Roboter von Station Kommissionieren holt Palette und legt diese auf Palettenaufnahme 1 ab. Sollte diese belegt sein, wird die Palette auf die Aufnahme 2 abgelegt.
 - Werkstückträger wird freigegeben
 - Palette wird nach Auftragscodierung (PART_NO) von Roboter zusammengestellt.
- von Band 1 kommen die Container mit dem gelben Füllmaterial (Harz)
- von Band 2 kommen die Container mit dem grauen Füllmaterial (Reaktor)
- von Band 3 kommen die Container mit dem blauen Füllmaterial
- von Band 4 kommen die Container mit dem schwarzen Füllmaterial
- Werkstückträger wird angefordert
 - Roboter legt Palette auf den Werkstückträger ab

- Werkstückträger wird zur Station Hochregallager transportiert
- Palette wird mit der entsprechenden Teilenummer eingelagert.
- Auftrag beendet.¹⁹

3.2.2 Ausliefern

- Leeren Werkstückträger anfordern und diesen an die Station Hochregallager transportieren
- Werkstückträger stoppen
- Es wird eine Palette mit dem entsprechenden Werkstück auf dem Hochregallager gewählt und die Übergabeeinheit fährt zu dem entsprechend belegtem Fach.
- Die Übergabeeinheit entnimmt die Palette und transportiert diese zur Arbeitsposition auf dem Bandsystem.
- Die Palette wird an den Handarbeitsplatz gefahren und dort ausgeliefert.
- Die leere Palette wird in dem Hochregallager zurück gebracht und dort eingelagert.
- Der Zellenrechner mit COSIMIR CONTROL enthält einen Überblick über die aktuelle Belegung der Lagerfächer und den Inhalt der belegten Paletten.²⁰

¹⁹ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Kommissionieren_A001, S. 29

²⁰ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001, S. 30

3.3 Datenbank

Um die Aufgaben von der Kommissionieranlage zu fertigen, ist eine Datenbank im Zellenrechner notwendig. Die Datenbank speichert den Lagerinhalt von dem Hochregallager und verwaltet dem Auftragsstapel.

The screenshot shows the 'iCIM Datenbank Manager' application window. The 'Aufträge' tab is selected, and the 'Auftrags Stapel' table is populated with the following data:

ID	Part No	OO	Description	Code	StartTime	OrderNo
47.00HH			iCIM Kommissionierpalette (leer, leer, Harz (ge), leer)	C	00:00:10	456
52.00SR			iCIM Kommissionierpalette (leer, leer, Schwarz, Reaktor (gr))	C	00:00:20	123
64.00HH			iCIM Kommissionierpalette (leer, leer, leer, Harz (ge))	C	00:00:40	0

The 'Aktive Aufträge' table is currently empty. The 'Aufträge Beendet' table is also empty. The interface includes navigation buttons and a 'zyklische Aktualisierung' checkbox for each table.

Abb. 21 Auftragsstapel

Der Lagerinhalt wird in der Datenbank gespeichert aber die Lagerverwaltung wird mit Ciro's Supervision realisiert.

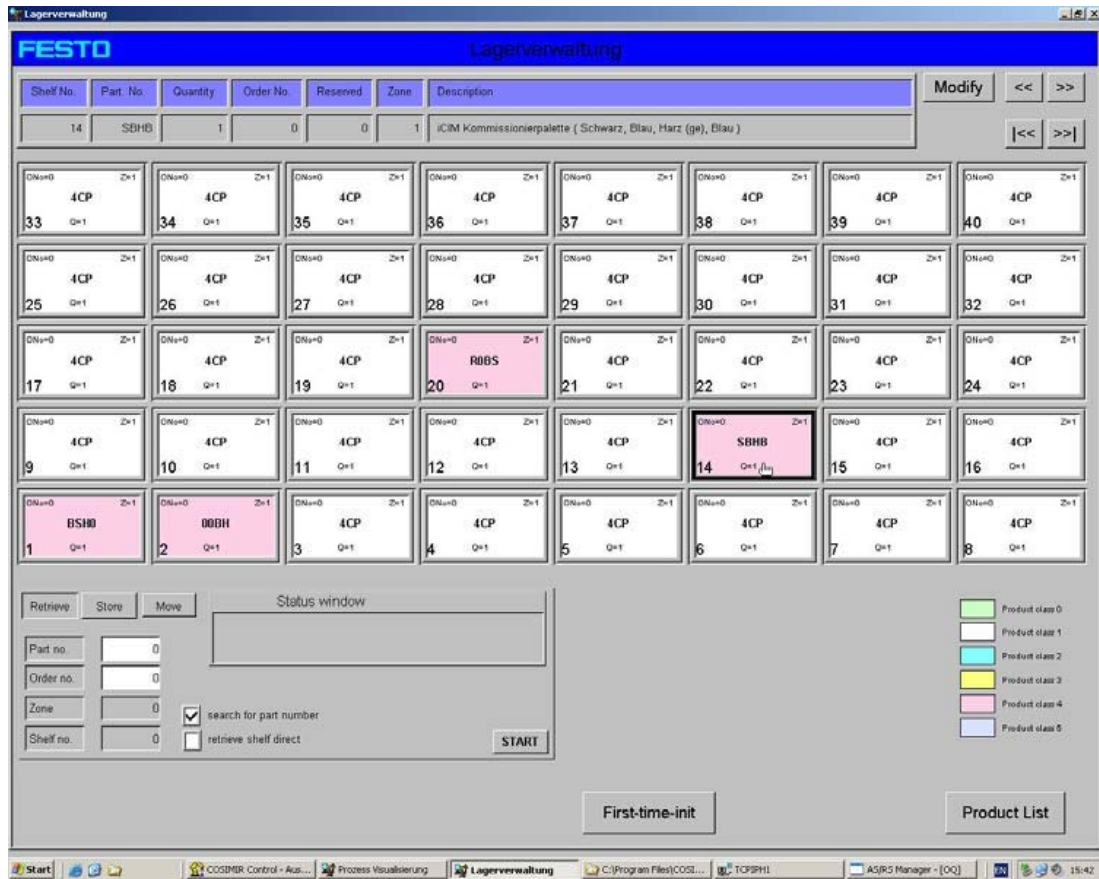


Abb. 22 Lagerverwaltung

4 Konzeption von RFID-Infrastruktur-Elementen zur dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage

Nach der Vorstellung von dem Aufbau und Funktionsablauf der Festo-Kommissionieranlage wird die dezentrale Steuerung der Festo-Kommissionieranlage mit Hilfe der RFID-Infrastruktur-Elementen konzipiert.

RFID

RFID (radio-frequency identification „Identifizierung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen“) bezeichnet eine Technologie für Sender-Empfänger-Systeme zum automatischen und berührungslosen Identifizieren und Lokalisieren von Objekten und Lebewesen mit Radiowellen. Ein RFID-System besteht aus einem Transponder, der sich am oder im Gegenstand bzw. Lebewesen befindet und einen kennzeichnenden Code enthält, sowie einem Lesegerät zum Auslesen dieser Kennung.²¹

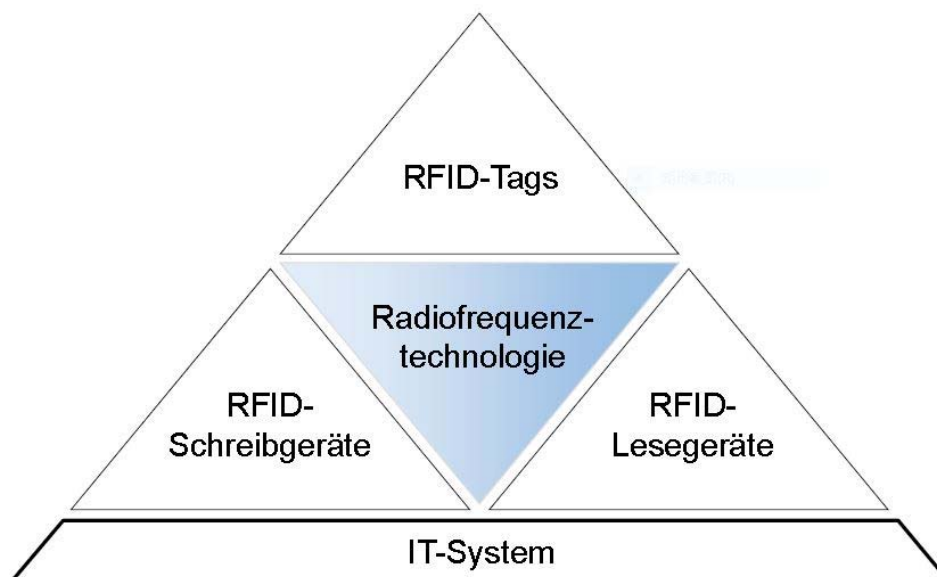


Abb. 23 RFID Komponenten²²

In der dezentralen Steuerung der Festo – Kommissionieranlage werden viele Lesegeräte in verschiedene Positionen eingesetzt. Die Daten von dem Datenträger werden gelesen und zwischen verschiedene Stationen von dem System übertragen.

²¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/RFID> (abgerufen am 09.04.2017)

²² Prof. Dr.-Ing. Heike Mrech, DF_V_CAM BDE_RFID.pdf, Bild-Nr. 38

Dezentrale Steuerung

In der alten zentralen Steuerung wird alle Stationen von dem Zellenrechner gesteuert. Der Rechner organisiert die Aufgabe und die Datenbankverwaltung. Als eine Industrie 4.0 Lösung muss das Bearbeitungsverfahren selbstorganisiert werden. Der Rechner ist nur ein normaler Bestandteil des Systems und alle Stationen werden selbst kontrolliert.

Mit dieser Voraussetzung wird die neue Lösung der Festo-Kommissionieranlage konzipiert.

4.1 Lösungsvariante

In der Konzeption werden viele Lösungsvariante gestellt. Im Umbau der Festo-Kommissionieranlage werden die alte Hardwaren sowie die Station Hochregallager, Kommissionierstation und Transportsystem nicht geändert. Das Ziel von uns ist die RFID-Elementen im System hinzufügen und die Steuerstruktur von dem System zu konzipieren.

4.1.1 RFID – Geräte

4.1.1.1 TURCK - BL ident®

Die Turck-Gruppe zählt zu den weltweit führenden Unternehmensgruppen auf dem Sektor der Industrieautomation. Weltweit ist der Sensor-, Feldbus-, Interface- und Anschlusstechnikanbieter mit mehr als 4000 Mitarbeitern in 28 Landesgesellschaften sowie Vertriebspartnern in weiteren 60 Staaten vertreten.²³

BL ident® ist das modulare RFID-System von TURCK. TURCK bietet verschiedene Datenträger, Schreib-Lese-Köpfe, Verbindungstechnik und Interfaces, die sich je nach Anforderung flexibel kombinieren lassen. ²⁴

²³ [https://de.wikipedia.org/wiki/Turck_\(Unternehmen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Turck_(Unternehmen)) (abgerufen am 09.04.2017)

²⁴ <http://pdb2.turck.de/de/DE/groups/000000090002a54a00010023> (abgerufen am 09.04.2017)

Das Turck BL ident®-RFID-System ist modular aufgebaut und besteht mindestens aus einem Interface zur Kommunikation mit der übergeordneten Steuerung, einem Schreib-Lese-Kopf und einem Datenträger.²⁵

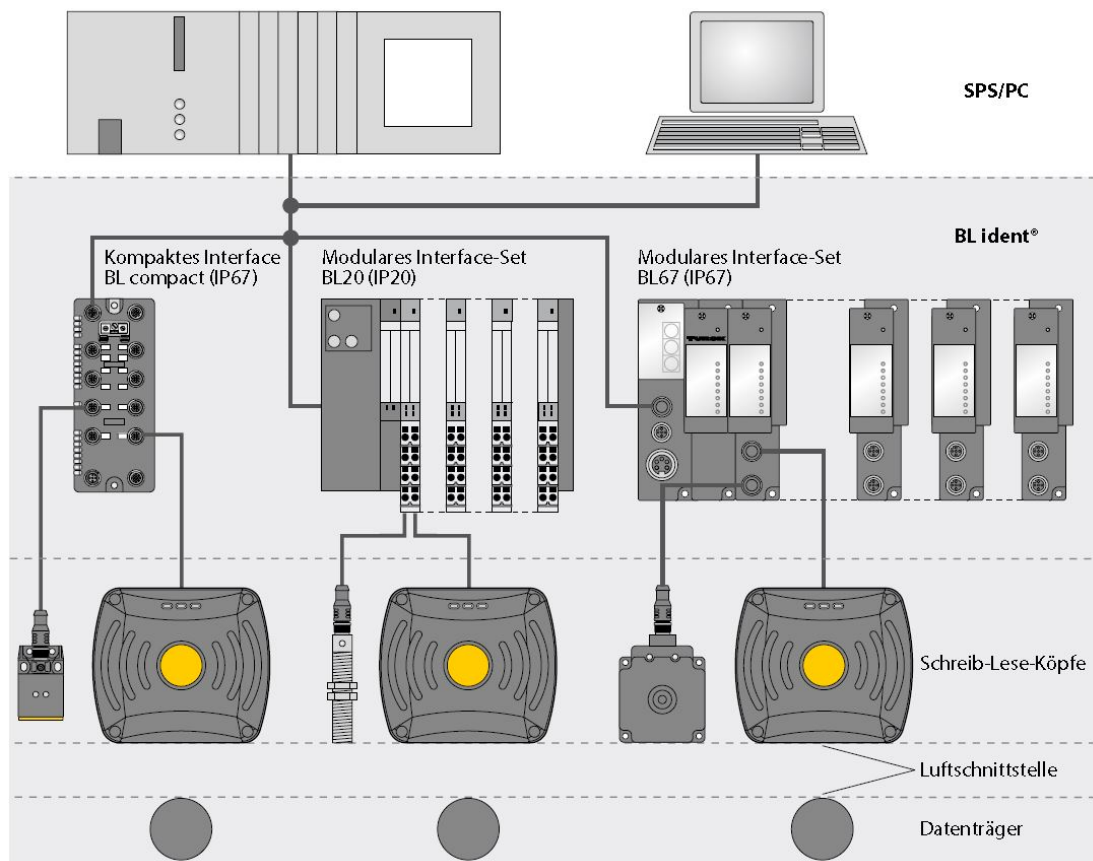


Abb. 24 Turck BL ident® Systemaufbau²⁶

²⁵ RFID-System BL ident – Projektierung, http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/d500024.pdf, S. 17, (abgerufen am 09.04.2017)

²⁶ RFID-System BL ident – Projektierung, http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/d500024.pdf, S. 17, (abgerufen am 09.04.2017)

Das SPS Modul der Festo Kommissionieranlage unterstützt die ProfiNet Verbindung und aus diesem Grund kann das BL compact Feldbus Station BLCEN-2M12MT-2RFID-A benutzt werden. Es unterstützt 2 BL Ident Schreib-Leseköpfen (HF/UHF) und kann mit dem SPS System gut anpassen. (Die Technische Zeichnung siehe Abb. I im Anhang).

In Verbindung mit dem Turck RFID Interface wird einen Turck Schreib-/Lesekopf z.B. TB-EM18WD-H1147 angewendet, um die Daten in dem Datenträger zu schreiben und zu lesen. Er hat eine hohe Schutzart von IP69K und ist sehr einfach zu montieren. (Die Technische Zeichnung siehe Abb. II im Anhang).

Vorteile:

- Komplette Industrie Lösung mit hoher Zuverlässigkeit
- Einfach zu montieren und demontieren
- keine Hardwareentwicklung notwendig

Nachteile:

- Sehr teuer (insgesamt > 1.000 Euro)
- Ethernet Verbindung nicht unterstützt
- Die Einarbeitung in die Turck Bibliothek ist aufwendig

4.1.1.2 Arduino

Arduino ist eine Open-Source-Elektronikplattform, die auf einfach-zu-bediener Hardware und Software basiert. Arduino-Board ist ein einfaches E/A-Board mit einem Mikrocontroller und analogen und digitalen Ein- und Ausgängen. Mit C, C++ wird der Arduino-Board programmiert. Umfangreiche Bibliotheken vereinfachen die Programmierung. Eine Beispielszeichnung von Arduino Uno siehe Abb. III Arduino Uno im Anhang.

Als eine komplette Entwicklungsumgebung unterstützt Arduino viele verschiedene zusätzliche Hardware, z.B. RFID Lesegerät.

RFID – RC522 ist ein sehr preisgünstiges und leistungsfähiges Lesen/schreiben-Modul im Frequenzbereich 13,56 MHz und kann als mit Arduino Uno angewendet werden. Aber es ist kein Industriemodul und hat nur eine geringe Reichweite (< 30 mm). In Verbindung mit dem Arduino-Board ist es möglich, selbst ein RFID-Lesen/Schreiben-Gerät aufzubauen. Eine Beispielszeichnung von dem Modul RC522 siehe Abb. IV Lese/Schreibmodul: RFID – RC522 im Anhang.

Vorteile:

- Preisgünstig (< 50 Euro)
- Schnelle Entwicklung
- Flexible

Nachteile:

- Geringe Reichweite
- Geringe Zuverlässigkeit, für den Industrie Einsatz nicht geeignet

4.1.1.3 Raspberry Pi

Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer, der von der britischen Raspberry Pi Foundation entwickelt wurde. Er hat ein Ein-Chip-System von Broadcom mit einem ARM-Mikroprozessor.

Raspberry Pi ist sehr preisgünstig und läuft mit Linux. Er hat eine Abmessung von nur einer Kreditkarte mit verschiedenen Ein- und Ausgängen, die eine Verbindung mit anderen Hardware ermöglichen. Eine Beispielszeichnung von Raspberry Pi siehe Abb. V Raspberry Pi im Anhang.

Mit dem kompletten System ist Raspberry Pi sehr einfach zu programmieren, noch besser als Arduino. Er unterstützt nicht nur C/ C++, sondern auch alle andere Programmiersprachen. Raspberry Pi hat fast keine Beschränkungen für die Softwareentwicklung.

Raspberry Pi unterstützt auch das Lese/Schreib Modul RFID – RC522. Damit können wir selbst ein RFID Lesen/Schreiben-Gerät aufbauen.

Aber mit einem kompletten System hat Raspberry Pi noch geringer Zuverlässigkeit und nicht geeignet für den Industrieinsatz. Er ist auch teurer als Arduino. Wir kennen

Raspberry Pi nicht so gut wie Arduino. Es braucht uns mehr Zeit, mit Raspberry zu entwickeln.

Vorteile:

- Preisgünstig (<100 Euro)
- Einfach zu programmieren mit Linux System
- Flexible

Nachteile:

- Geringe Reichweite
- Geringe Zuverlässigkeit

4.1.2 RFID – Transponder

Der RFID Transponder ist der Datenträger von einem RFID System. Er besteht aus ein Chip und eine Antenne in dem Träger. Einige Daten wird gespeichert in dem RFID Transponder und mit einem Lesegerät können die Daten gelesen werden.

Zur dezentralen Steuerung der Festo – Kommissionieranlage werden RFID Transponder eingesetzt, um die Informationen von den Anträgen zwischen verschiedene Stationen zu übertragen.

4.1.2.1 Art des RFID Transponders

Aktive / Passive RFID Transponder

Aktiven Transponder haben eigene Stromversorgung z.B. durch eine eingebaute Batterie. Sie ermöglicht eine große Reichweite zwischen das Lesegerät und das RFID Tag. Aber mit Batterie werden die RFID Tags sehr groß sein und sie kosten auch mehr als passive RFID Tags.

Passive Transponder haben keine eigene Stromversorgung. Das Lesegerät erzeugt magnetische Wechselfelder beim Lesen, damit werden nicht nur Daten übertragen, sondern auch werden die Passive Tags mit Energie versorgt. Die Passive Transponder sind günstiger als aktive Tags. Aber die Reichweite ist auch viel geringer.

Frequenzbereiche

- Langwellen (LF, 30 – 500 kHz)
125KHz ist die meistverbreitete Frequenz für preisgünstige, passive RFID-Transpondersysteme. Diese Frequenzbereiche ermöglichen eine geringe bis mittlere Reichweite (<= 1 Meter) bei geringer Datenrate.
- Kurzwellen (HF, 3 – 30 MHz)
Kurze bis mittlere Reichweite mit mittlere bis hohe Übertragungsgeschwindigkeit. Die meisten passiven RFID – Etiketten arbeiten in diesem Frequenzbereich. Die Lesegeräte und RFID Transponder in diesem Frequenzbereich sind sehr günstig für kurze Reichweite.
- Sehr hohe Frequenzen (UHF, 433 MHz, 850 – 950 MHz)
Mit hohen Frequenzen sind die Reichweite und die Lesegeschwindigkeit viel höher. Aber ihre hohe Reichweite verursacht auch falsche Lesung durch die Leser.
- Mikrowellen – Frequenzen (SHF, 2,4 – 2,5 GHz, 5,8 GHz und darüber)
RFID Geräte mit Mikrowellen – Frequenzen arbeiten meistens für Fahrzeuganwendungen.²⁷

4.1.2.2 Bauform

Verschiedene Bauformen können im Projekt benutzt werden, z.B. RFID Etikett, RFID Schlüsselanhänger, RFID Karte usw. Die Beispielszeichnungen von verschiedenen Bauformen siehe Abb. VI - Abb. IX im Anhang

²⁷ vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/RFID> (abgerufen am 09.04.2017)

4.1.2.3 Montage des RFID Transponders

Für die Industrie 4.0 dezentrale Steuerung muss der Inhalt von dem Container und von dem Auftrag erkannt werden. Es gibt 3 verschiedene Positionen, darauf der RFID Transponder montiert werden kann.

- **Auf dem Container**

Der RFID Transponder kann unter/ober dem Container oder auf der Wand geklebt werden. Mit dieser Lösung entspricht der Transponder den jeweiligen Container und der Zustand von den Containern auf der Palette ist direkt erkennbar.

Aber es ist teuer, auf jedem Container einen RFID Transponder zu kleben.

Es gibt auch Probleme bei dem Lesen und Schreiben. Die Container werden auf der Palette gelegt und haben einen Abstand voreinander. Wegen der Reichweite ist es sehr schwer für den Lese-/Schreib-Kopf, in eine bestimmte Position alle Transponder zu lesen und zu schreiben.

Wenn das RFID Gerät in eine bestimmte Position, alle Transponder lesen und schreiben zu können, gibt es noch Probleme. Mehrere Transponder in einem Gebiet bringt auch Probleme bei dem Lesen/Schreiben. Welchen Transponder wird gelesen ist es zufällig. Das RFID Gerät kann immer einen der 4 Transponder lesen und weiß das Gerät nicht, ob alle Transponder fertig gelesen werden. z.B. Es gibt 3 Container auf der Palette. Nach 5-mal Lesen kennt das RFID Gerät nur 2. 3. Container wird noch nicht erkannt und es kann auch nicht bestimmt werden, ob ein 4. Container gibt. Wann soll das Leseverfahren fertig sein? Das macht der Lese-/Schreibverfahren sehr langsam und unsicher.

Noch behindert die Palette, das RFID Gerät den Transponder von unten zu lesen/schreiben. Das macht die Montage von dem RFID Gerät schwerer.

Vorteile:

- Inhalt auf der Palette direkt erkennbar

Nachteile:

- teuer
- schwer zu lesen/schreiben
- langsam zu lesen/schreiben
- Montag von dem RFID Gerät schwer

Auf der Palette

Der RFID Transponder kann oben/unter der Palette geklebt werden. Die Informationen in dem Transponder entspricht den Inhaltzustand auf der Palette. Der Vertrag kann auch in dem Transponder gespeichert werden. Eine Palette ist die Grundeinheit von dem Vertrag. Man braucht immer eine Palette mit bestimmte Kombination von den Containern zu kommissionieren und auszuliefern.

Die Anzahl der gewünschten RFID Transponder ist viel weniger als die erste Lösung und die Kosten ist dann günstiger.

Auf der Palette legender Transponder ist auch einfacher zu lesen und zu schreiben. Das RFID Gerät braucht nur einen Transponder zu erkennen. Das macht das Lese-/Schreibverfahren schnell und sicher.

Aber der Transponder entspricht den jeweiligen Container nicht mehr direkt. Die Informationen müssen nach jeder Operation geändert werden. Wenn es ein Fehler gibt, kann der Inhaltzustand auf der Palette falsch. Der falsche Inhaltzustand kann bei dem System nicht erkannt werden.

Vorteile:

- Günstig
- Leicht zu lesen/schreiben
- Schnell und sicher zu lesen/schreiben

Nachteile:

- Inhaltzustand auf der Palette kann falsch sein und nicht erkannt werden.

Auf dem Schiff

Der RFID Transponder kann auch auf dem Schiff geklebt werden. Bei dieser Lösung brauchen wir noch weniger Transponder und sind die Kosten noch günstiger. Es ist auch einfach schnell und sicher, der RFID Transponder zu lesen und zu schreiben.

Aber in der alten zentralen Steuerung ist die Nummer von dem Schiff auch erkennbar. Es wird in dem Transponder gespeichert, welche Palette mit welchem Container wird auf dem Schiff gelegt. Es ist mehr indirekt und gibt kein großer Unterschied zwischen die alte Industrie 3.0 Lösung und die neue Industrie 4.0 Lösung. Früher entspricht den Inhaltzustand von der Palette mit dem Schiff. Die Informationen werden in dem System gespeichert aber nicht im RFID Transponder. Es kann ganz leicht falsch zu sein.

Vorteile:

- Günstig
- Leicht zu lesen/schreiben
- Schnell und sicher zu lesen/schreiben

Nachteile:

- Ganz leicht falsch zu sein
- Kein großer Unterschied zwischen die alte Industrie 3.0 Lösung und die neue Lösung

4.1.3 Steuerstruktur

Die Steuerstruktur von dem System ist das wichtige Teil zu konzipieren. Je nach Unterschied von dem ausgewählten RFID-Element werden 4 Lösungen gestellt.

4.1.3.1 Mit TURCK - BL ident®

Lösung 1:

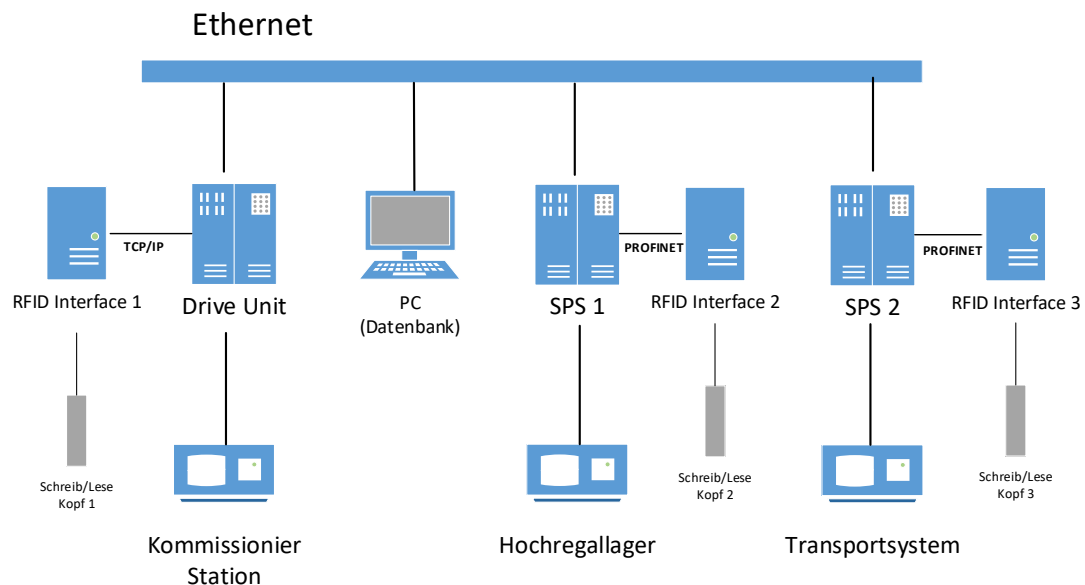


Abb. 25 Lösung 1 mit Turck RFID

Die erste Lösung ist eine Standard Industrie 4.0 Lösung für die Festo-Kommissionieranlage. Die Kommissionier Station, die Station Hochregallager, das Transportsystem und der PC werden parallel mit TCP/IP im Ethernet verbunden. Drei RFID Interface werden mit entsprechender Station verbunden. Aber diese Lösung kostet über 1.000 Euro.

Vorteile:

- Dezentral
- Komplette Industrie Lösung mit hoher Zuverlässigkeit

Nachteile:

- Sehr teuer
- RFID Interface nicht mit Ethernet verbunden

Lösung 2:

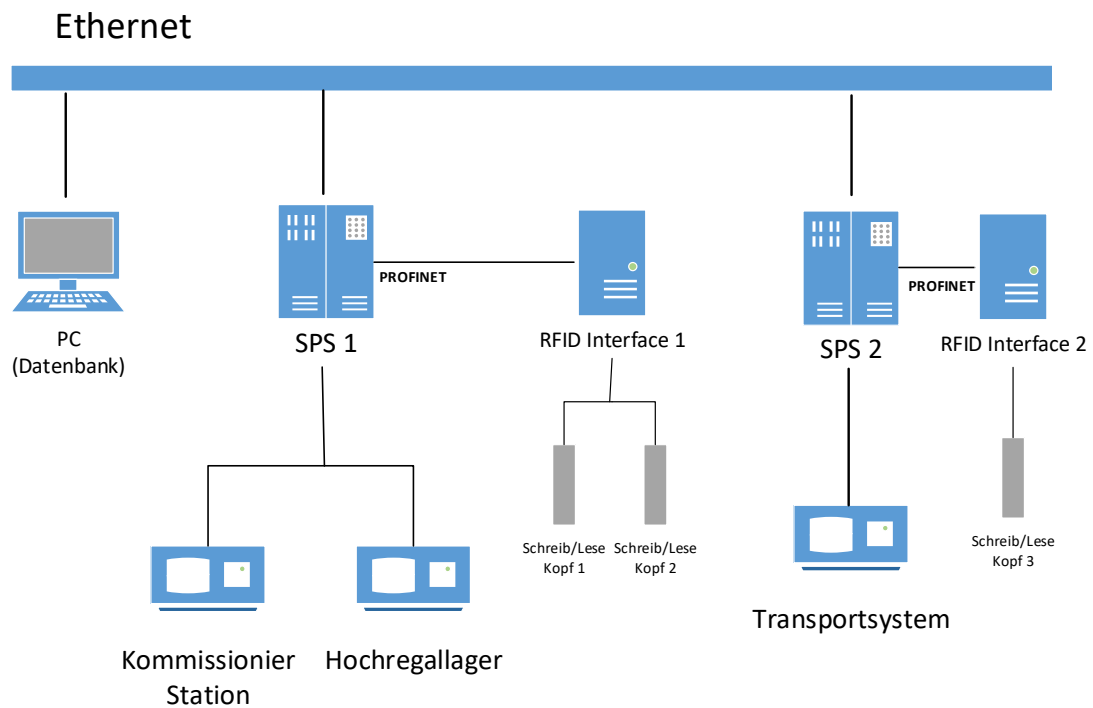


Abb. 26 Lösung 2 mit Turck RFID

Die zweite Lösung ist eine Variante von Lösung 1. Der Preis ist günstiger, aber noch teuer. Aber die Struktur ist nicht sehr gut. Nicht alle Komponenten können selbstständig arbeiten.

Vorteile:

- Preis günstiger als Lösung 1
- Komplette Industrie Lösung mit hoher Zuverlässigkeit

Nachteile:

- Nicht alle Komponenten selbstständig arbeiten können

4.1.3.2 Mit Arduino/ Raspberry Pi

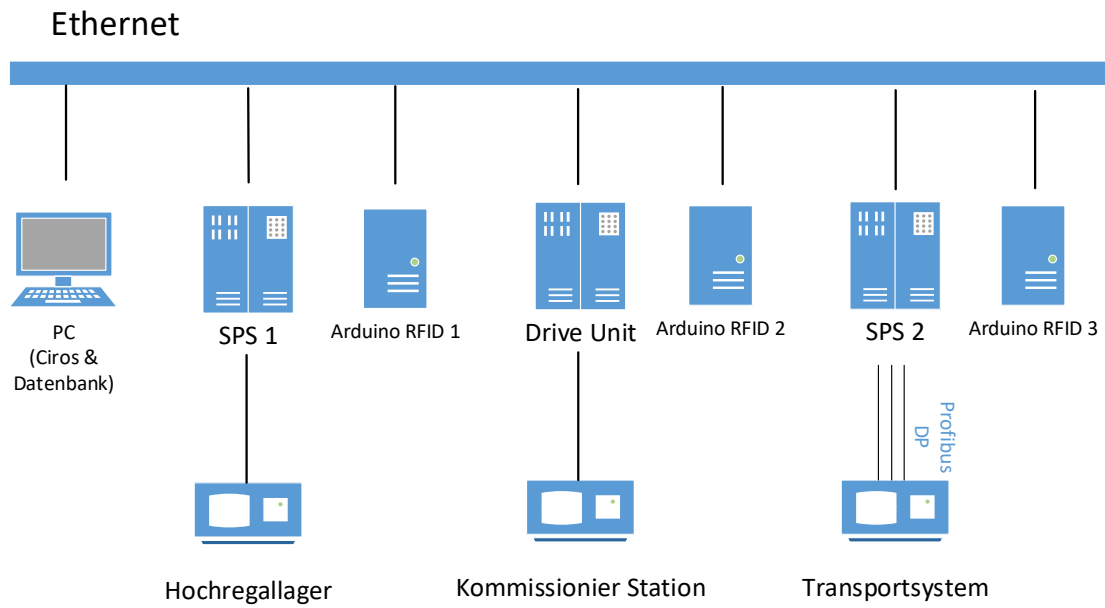


Abb. 27 Lösung mit Arduino/ Raspberry Pi

Die Lösung mit Arduino oder Raspberry Pi ist sehr flexible weil das RFID Gerät komplett selbst entwickelt wird.

Vorteile:

- Preisgünstig
- Flexible
- Alle Komponenten im Ethernet verbunden
- Schnelle Entwicklung

Nachteile:

- Geringe Zuverlässigkeit, nicht geeignet für Industrie Einsatz

5 Realisierung von der dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage

5.1 Aufbau (Hardware)

Hardwarestruktur zur dezentralen Steuerung der Festo – Kommissionieranlage

Das System besteht aus verschiedene Hardware – die Station Hochregallager, die Kommissionierstation, das Transportsystem, drei Arduino-RFID-Geräte und der PC. Außer das RFID Gerät sind alle andere Hardware gleich wie die alte Festo Kommissionieranlage. Eine detaillierte Beschreibung von dem Hochregallager, der Kommissionierstation und dem Transportsystem liegt im Teil 2.1 - 2.3 und wird nicht mehr darüber erklärt.

In diesem Teil werden nur die neuen RFID Komponenten vorgestellt.

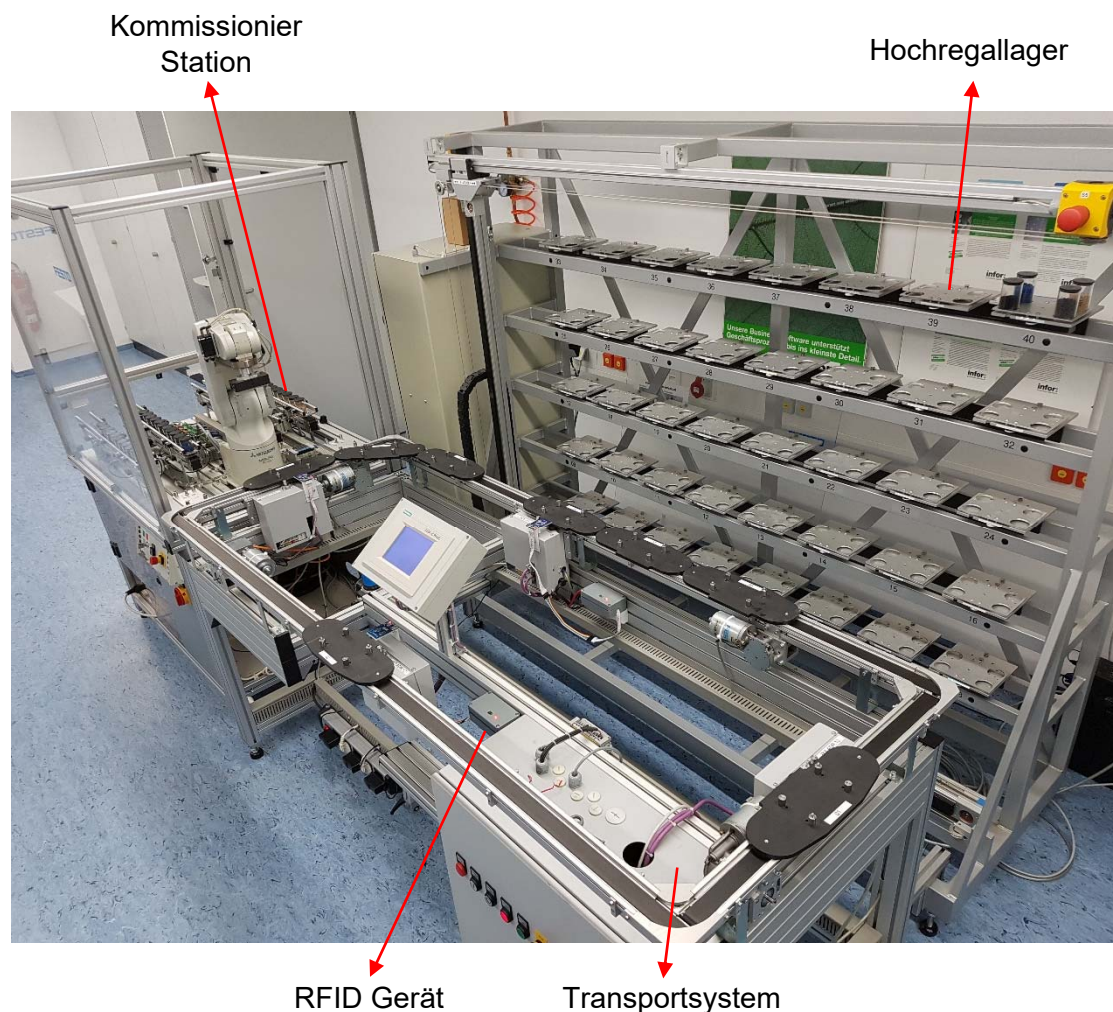


Abb. 28 Aufbau von der dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage

5.1.1 Arduino-RFID-Gerät

Das Ziel von uns, ist eine Beispielslösung für die dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage zu realisieren. Sie ist keine Industrielösung und zeigt nur die Möglichkeit von der Industrie 4.0 dezentralen Steuerung. Es gibt keine hohen Anforderungen für die Leistung von dem System und ist auch preispfänglich.

Die Arduino-Lösung ist viel günstiger als die Turck Industrielösung und kann auch die Schreiben/Lesen-Funktionen realisieren. Im Vergleich mit die Raspberry Pi Lösung ist Arduino einfacher zu entwickeln und auch viel günstiger.

Aus diesem Grund haben wir die Arduino Lösung ausgewählt.

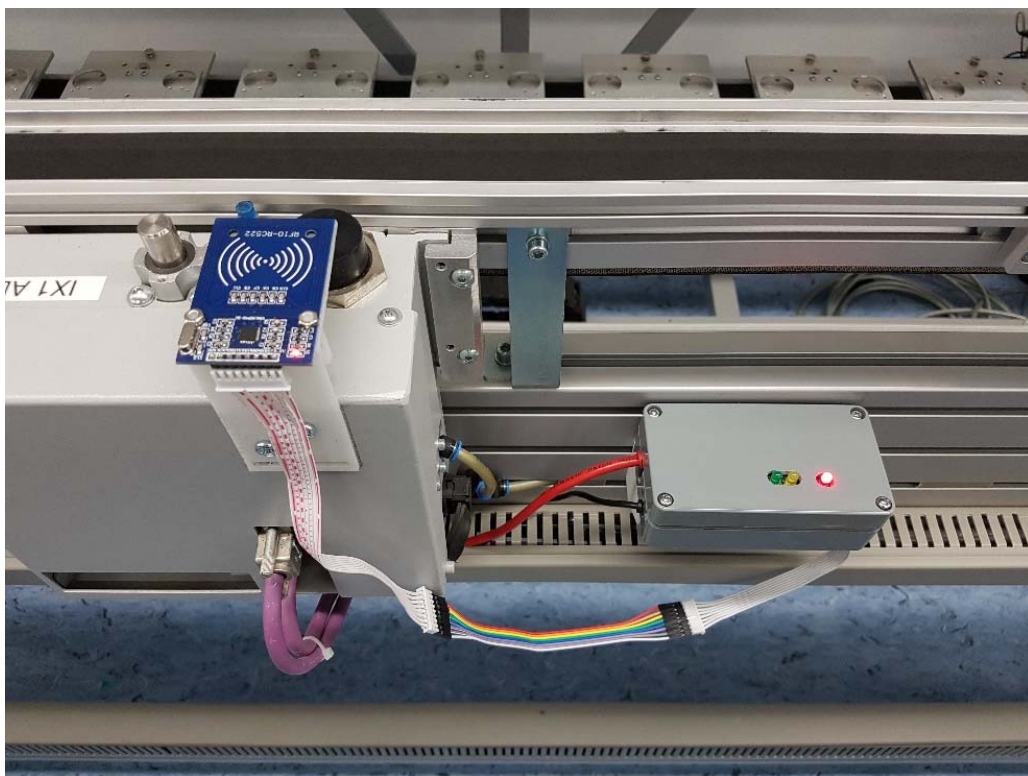


Abb. 29 Arduino-RFID-Gerät

5.1.1.1 Bestandteil des Arduino-RFID-Gerätes

Das Arduino-RFID-Gerät wird bei uns selbst entwickelt und montiert. Das Gerät besteht aus ein Arduino-RFID-Interface in einer Industriegehäuse und ein RC522 Lese-/Schreibkopf.

5.1.1.1.1 Arduino-RFID-Interface

- Arduino Uno Board
- w5100 Ethernet shield
- Expansion Board
- Industrie Hülle

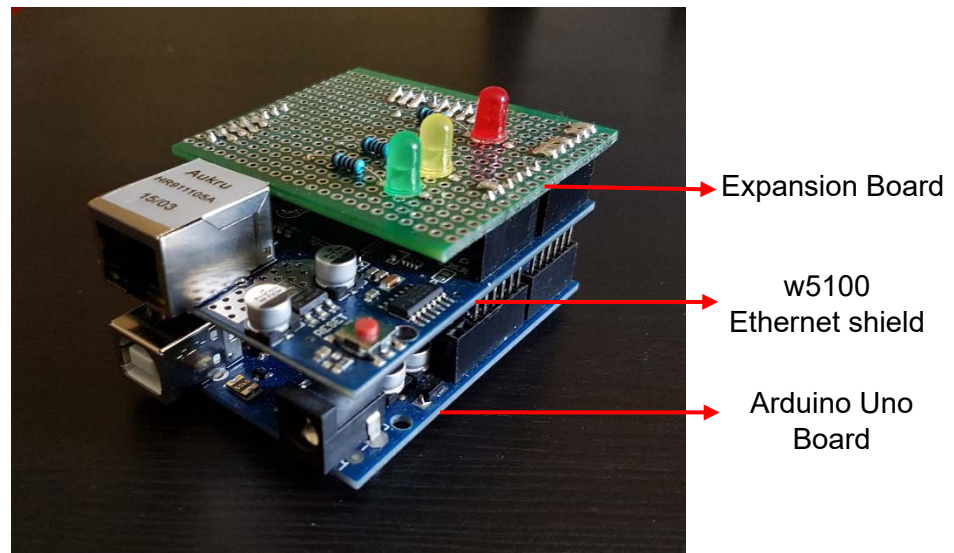


Abb. 30 Arduino-RFID-Gerät Board

Arduino Uno

Arduino Uno ist ein Microcontroller Board basiert auf Atmega328P. Er hat verschiedene Ein/Ausgänge und ist der Controller von dem RFID Gerät. Das Kontrollprogramm wird im Arduino Uno geschrieben. Detaillierte Vorstellung liegt im 4.1.1.2 Arduino.

W5100 Ethernet Shield

Das Ethernet Shield verfügt über eine Ethernetverbindung mit dem ganzen System und ermöglicht die Kommunikationen zwischen RFID Gerät und verschiedene Stationen in dem System. Eine Beipielszeichnung von W5100 Ethernet Shield siehe Abb. X im Anhang.

Expansion Board

Der Expansion Board ermöglicht eine schnelle und sichere Verbindung mit dem RFID Lese/Schreib Modul. Mit den darauf stehenden LED Lampen wird der Status von dem RFID Gerät gezeigt. Der Board wird selbst entwickelt und mit elektronischen Teile selbst gelötet.

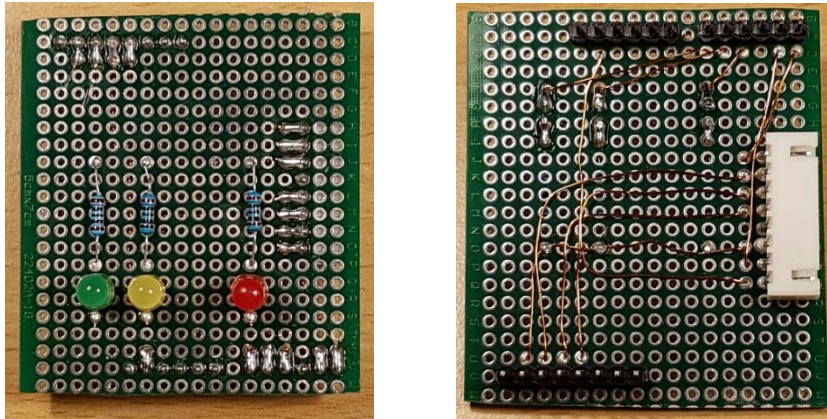


Abb. 31 Expansion Board

Lampe Rot leuchtet :	Ethernet Verbindung aufgebaut
Lampe Orange blinkt 3 mal:	RFID Tag geschrieben
Lampe Orange leuchtet kurzfristig:	RFID Tag Schreiben Fehlerhaft
Lampe Grün blinkt 3 mal:	RFID Tag gelesen
Lampe Grün leuchtet kurzfristig:	RFID Tag Lesen Fehlerhaft (kein Tag gefunden)

Im Video „RFID Tag gelesen“, „RFID Tag geschrieben“ und „RFID Tag nicht gefunden“ wird die Lampeleuchtung gezeigt.

Der Verkabelungsplan von dem Expansion Board und der Schaltplan (Arduino – RC522) werden in der Abbildung Abb. XI und Abb. XII im Anhang gezeigt.

5.1.1.1.2 RC522 Lese-/Schreibkopf

- RC-522 RFID Lesen/Schreiben Modul
- Xh2.54 Kabel 8pin 30cm

Lese/Schreibmodul RFID – RC522

RC522 ist der Lese/Schreib-Kopf von dem Gerät und wird auf dem Stopperbox montiert. Das Modul arbeitet in dem Frequenzen 13,56 MHz und unterstützt ISO/IEC 14443 A/MIFARE und NTAG. Weitere Informationen werden im 4.1.1.2 vorgestellt.

xh2.54 Stecker

Der Stecker erlaubt der Kabel nur in eine Richtung einzustecken. Das macht die Verbindung mit dem RFID Lese/Schreib Modul sicher als normal Stecker.

5.1.1.2 Montage des Arduino-RFID-Gerätes

3 Arduino-RFID-Geräte werden an der AP1, AP2 und AP3 montiert (Arbeitsposition siehe 2.3 auf S. 10)

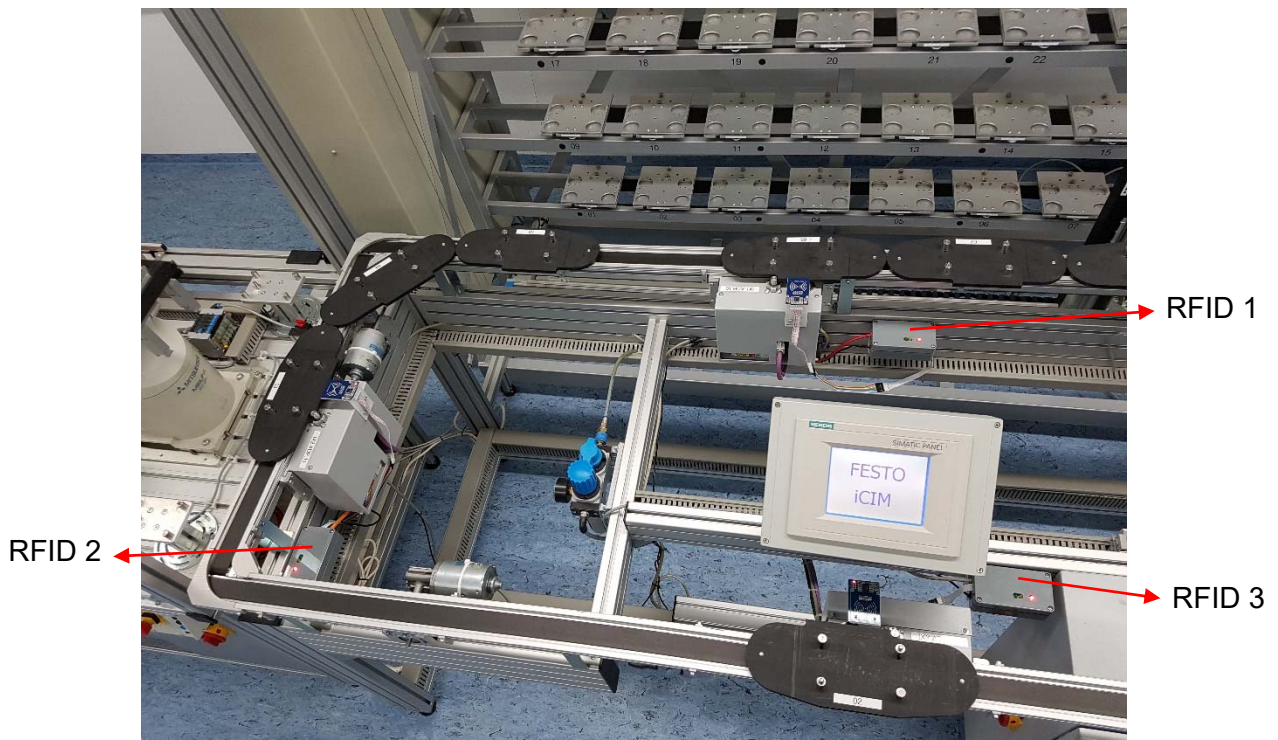


Abb. 32 Montage von den Arduino-RFID-Geräten

Der Arduino Board wird in einer Industriegülle gelegt, die mit 2 Hülleständer auf der Führungsschiene neben dem entsprechenden Stopperbox montiert wird.

Hüllerständer

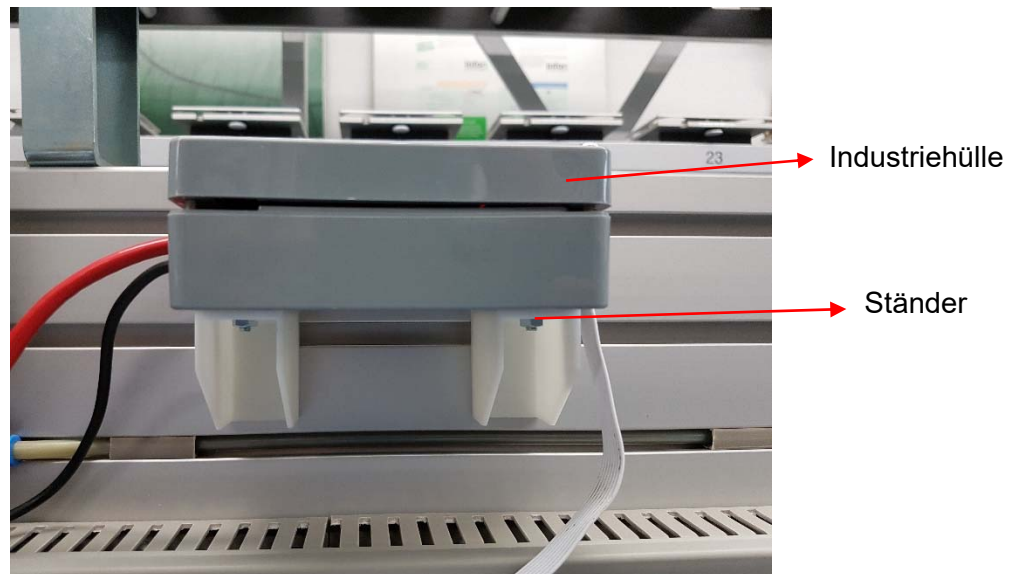


Abb. 33 Montage von dem Industriehülle

Der Hüllerständer wird in Catia gezeichnet und an der Hochschule mit dem 3D-Drucker mit ABS hergestellt. Die Stärke von dem ABS erfüllt die Anforderung von dem Ständer. Mit 3D-Drucker kann der Ständer schnell und günstig hergestellt werden. Die technische Zeichnung von dem Hüllerständer siehe Abb. XIII im Anhang.

Winkel für RFID Lese/Schreib Modul

Der Lese/Schreibmodul von dem RFID-Gerät wird mit einem Winkel auf dem entsprechenden Stopperbox montiert. Der Abstand zwischen dem Modul und dem RFID-Tag ist weniger als 5 mm. Die Entfernung gewährleistet die Erkennbarkeit des RFID Tags.

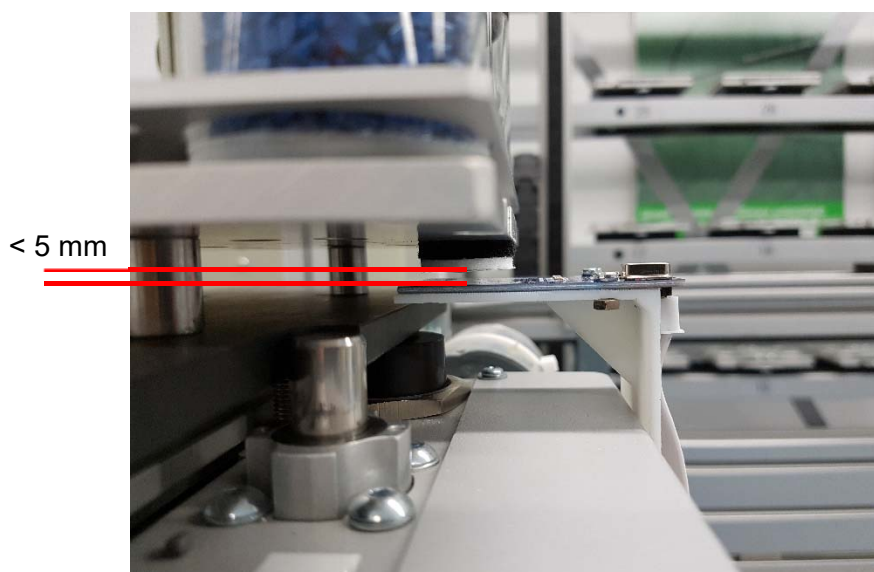


Abb. 34 Montage von dem Lese-/Schreibkopf

Der Ständer für das RFID-Lese/Schreib-Modul ist ein Winkel aus ABS. Es wird mit Catia gezeichnet und mit einem 3D-Drucker hergestellt. Die technische Zeichnung von dem Ständer siehe Abb. XIV im Anhang.

5.1.2 RFID-Tag

Im 4.1 wird die Arduino Lösung für das RFID-Gerät ausgewählt. Die Arduino Lösung benutzt das RFID-RC522-Modul als der Lese/Schreib-Kopf von dem Gerät. Es unterstützt ISO/IEC 14443 A/MIFARE und NTAG mit Frequenz 13,56 MHz.

Aus diesem Grund benutzen wir das NTAG 213. NTAG 213 ist ein passive RFID Etikett mit 144 Byte Speicher. Es ist rund und hat ein Durchmesser von 22 mm. Auf der Rückseite ist NTAG213 selbstklebend und kann auf der Oberfläche von der Palette geklebt werden. Eine Beispielszeichnung siehe Abb. XV im Anhang.

5.1.2.1 Montage des RFID Tags

In der Montage von dem NTAG finden wir ein Problem. Auf der Aluminium Palette ist das NTAG nicht mehr lesbar. Die einzige Lösung ist der Abstand zwischen das NTAG und der Palette zu vergrößern.

Filzgleiter werden zwischen dem NTAG und der Palette geklebt. Wenn der Abstand größer als 6 mm ist, ist das NTAG wieder lesbar. Filzgleiter mit dieser Höhe macht auch keine Störung bei der Bewegung der Palette.



Abb. 35 Montage von dem RFID Tag

5.1.2.2 Daten im RFID-Tag

Die Daten im Datenträger auf der Palette sind die meisten transformierten Daten im System. Sie enthalten den Zustand von der Palette – welche Container sind auf der Palette und die Daten von dem Auftrag – wie soll die Palette bearbeitet werden



Abb. 36 Datenformat von dem RFID-Tag

- **Kennzahl:**
Die Kennzahl ist der Eigenwert von dem Auftrag (Sollwert). Mit der Kennzahl wird die Ordnung von den Containern ignoriert. z.B. Der Auftrag ist die Palette, die mit der Kombination „SBSB“, auszuliefern. Eine Palette mit „BBSS“ erfüllt auch die Anforderung.
- **Aufgabe:**
Es gibt 2 Aufgaben von dem Auftrag.
0x0031 zu kommissionieren
0x0032 auszuliefern
- **Sollwert:**
Der Sollwert besteht aus 4 Bytes und kennzeichnet die gewünschten Kombination von den Containern.
0x31 Schwarz Container
0x32 Blau Container
0x33 Reaktor Container
0x34 Harz Container
z.B. 0x31323334 bedeutet eine Kombination von SBRH (Schwarz, Blau, Reaktor, Harz)
- **Istwert**
Der Istwert kennzeichnet den Istzustand von den Containern auf der Palette.
Das Datenformat von dem Istwert ist gleich als Sollwert
- **Zähler**
Jedes Mal, wenn die Palette auf dem Transportband ein Zyklus läuft, erhöht sich der Zähler um 1. Zähler hilft das System, Deadlock zu vermeiden. Wenn der Zähler größer als 5 ist, nimmt das Hochregallager die Palette zurück.

5.2 Funktionsablauf

Die Komponenten von der dezentralen Steuerung der Festo – Kommissionieranlage haben keinen großen Unterschied von der alten zentralen Lösung. Aber die Verbindungs- und Kontrollstruktur ist etwas ganz anders. Die Verbindungsstruktur wird in der Abb. 37 gezeigt. Sie ist komplett dezentral und alle Komponenten werden direkt mit dem Ethernet verbunden.

Bei der dezentralen Steuerung funktioniert der Zellenrechner nicht mehr als das Zentral von dem System, aber nur als eine normale Station. Die Stationen kommunizieren sich miteinander bei der dezentralen Steuerung und entscheiden sich was zu tun. Ein Beispielfunktionsablauf siehe Video „Dezentrale Steuerung Funktionsablauf“.

In diesem Teil wird der Funktionsablauf von dem ganzen System und der von jeweiliger Komponente vorgestellt.

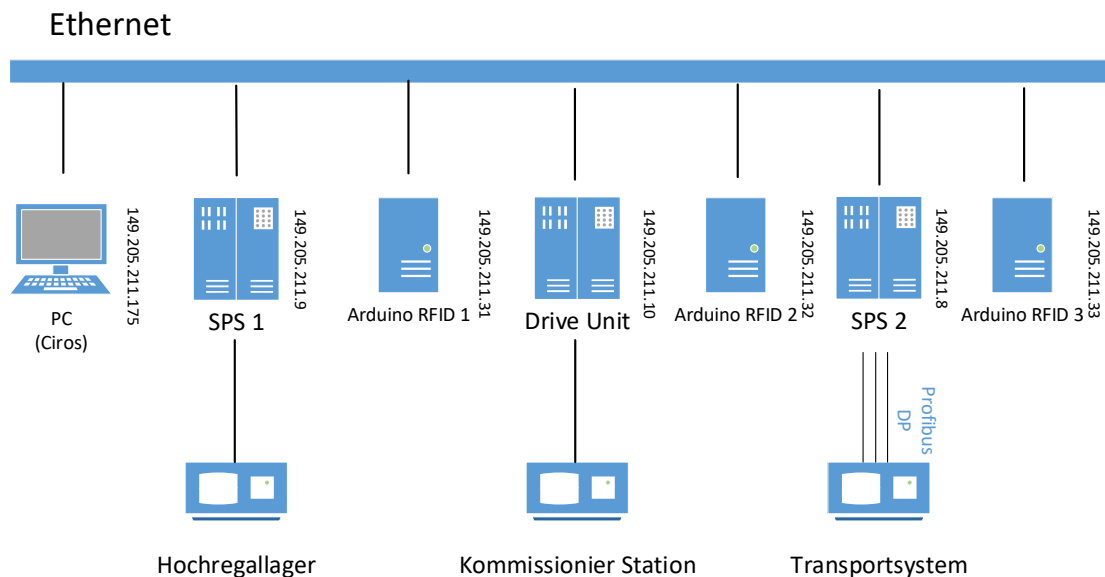


Abb. 37 Verbindungsstruktur von der dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage

5.2.1 Funktionsablauf des ganzen Systems

Die Aufgabe der Festo Kommissionieranlage ist:

- Eine Palette mit verschiedenen Container zu kommissionieren
- Eine Palette mit verschiedenen Container auszuliefern

In diesem Teil wird der Funktionsablauf des ganzen Systems mit verschiedenen Aufgaben dargestellt.

5.2.1.1 Kommissionieren

Das Kommissionierungsverfahren bei der dezentralen Steuerung ist grundsätzlich ähnlich wie bei der zentralen Steuerung. Aber die Realisierung von dem Verfahren ist ganz anders.

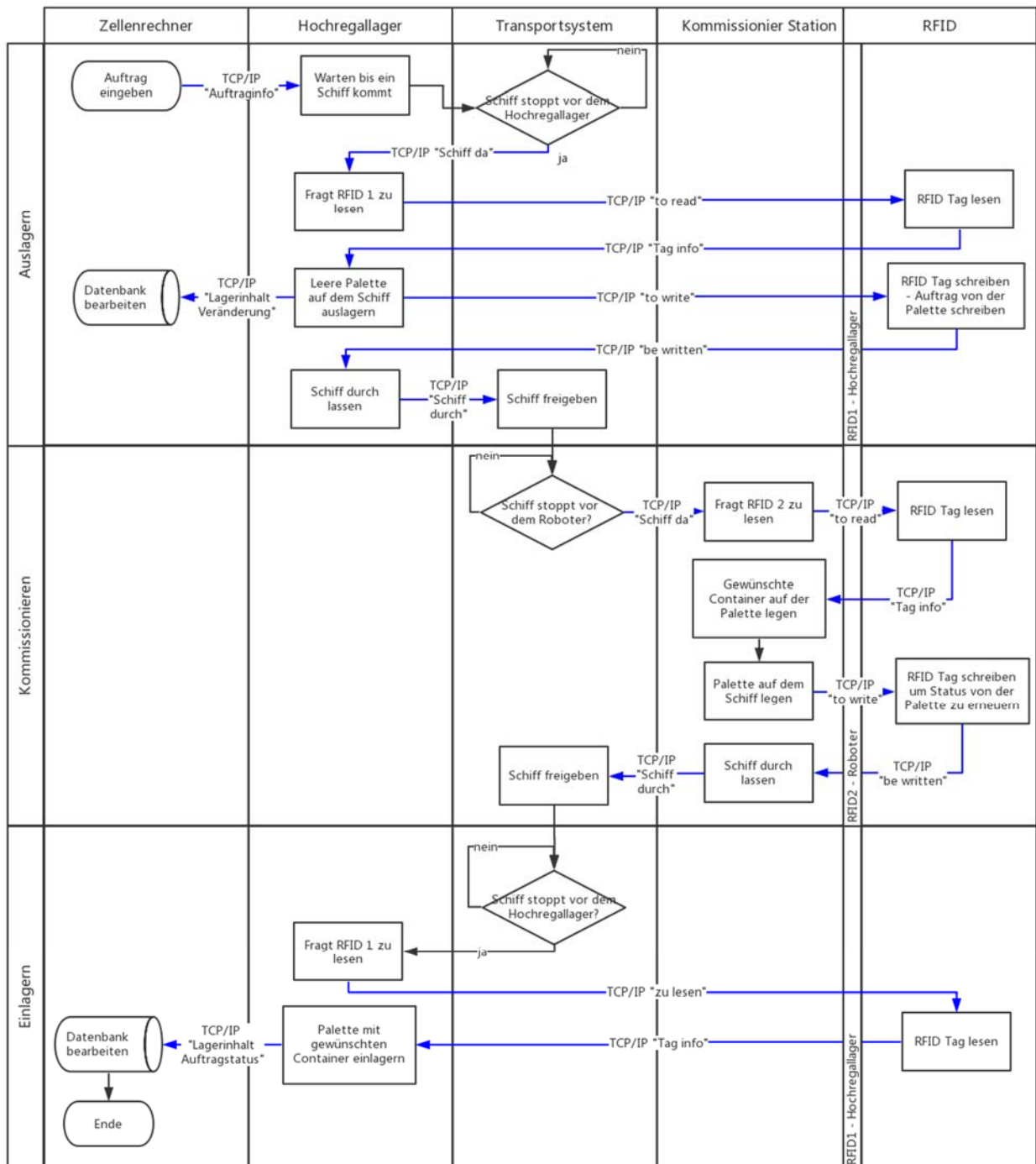


Abb. 38 Funktionsablauf von dem Kommissionierungsverfahren

Abb. 38 zeigt den Funktionsablauf von dem Kommissionierungsverfahren der dezentralen Steuerung. Die blaue Linie zeigt eine Datenübertragung, normalerweise über TCP/IP Verbindung.

Der Auftrag kann in dem Zellenrechner eingegeben werden und der Rechner sendet die Daten von dem Auftrag zur Station Hochregallager über TCP/IP Verbindung. Im Prozess kommuniziert der Zellenrechner mit anderen Stationen. Der Status wird gesammelt und auf dem Zellenrechner gezeigt.

Das Kommissionierungsverfahren wird in 3 Schritte getrennt – Auslagern, Kommissionieren, Einlagern.

Auslagern:

- Auftrag auf dem Zellenrechner eingeben
- Auftrag über TCP/IP Verbindung von Zellenrechner zum Hochregallager senden
- Wenn ein Werkstückträger vor dem Hochregallager steht, sendet das Transportsystem „Schiff da“ per TCP/IP Verbindung zum Hochregallager
- Hochregallager fragt das RFID Gerät 1 zu lesen per TCP/IP
- RFID Gerät liest das RFID Datenträger auf der Palette
- RFID Gerät send den Containerzustand auf der Palette zurück zum Hochregallager per TCP/IP Verbindung. Damit erkennt das Hochregallager ob eine Palette auf dem Schiff gibt.
- Gibt es keine Palette auf dem Schiff, nimmt das Teleskop (siehe Abb. 6) eine leere Palette auf dem Schiff
- Hochregallager sendet die Lagerinhaltveränderung per TCP/IP zum Zellenrechner
- Nach dem Auslagern sendet der Hochregallager „to write“ zum RFID Gerät 1, um den Auftrag und Zustand von der Palette in dem RFID Tag der Palette zu schreiben.
- Hochregallager sendet „Schiff durch“ über TCP/IP Verbindung zum Transportsystem und Werkstückträger wird freigegeben

Kommissionieren:

- Wenn der Werkstückträger mit der leeren Palette vor dem Roboter steht, sendet das Transportsystem „Schiff da“ per TCP/IP Verbindung zum Kommissionier Station.
- Kommissionier Station fragt das RFID Gerät 2 per TCP/IP Verbindung, um die Aufgaben von der Palette zu erhalten
- Nach der Antwort von dem RFID Gerät nimmt der Roboter die gewünschten Container auf der Palette. Die Antwort enthält die Daten von dem Auftrag, die im RFID Tag gespeichert werden.
- Roboter nimmt die Palette und legt sie auf dem Schiff
- Die Kommissionier Station sendet den neun Containerzustand auf der Palette zum RFID Gerät 2 und die Daten werden im RFID Tag geschrieben.
- Hochregallager sendet „Schiff durch“ über TCP/IP Verbindung zum Transportsystem und Werkstückträger wird freigegeben

Einlagern:

- Wenn ein Werkstückträger vor dem Hochregallager steht, sendet das Transportsystem „Schiff da“ per TCP/IP Verbindung zum Hochregallager
- Hochregallager fragt das RFID Gerät 1 per TCP/IP zu lesen. Mit den Daten im RFID Tag erkennt das Hochregallager, ob der Auftrag fertig bearbeitet wird.
- Palette mit gewünschten Container einlagern
- Lagerinhalt und Auftragsstatus per TCP/IP Verbindung zum Zellenrechner senden

Schiff = Werkstückträger

5.2.1.2 Ausliefern

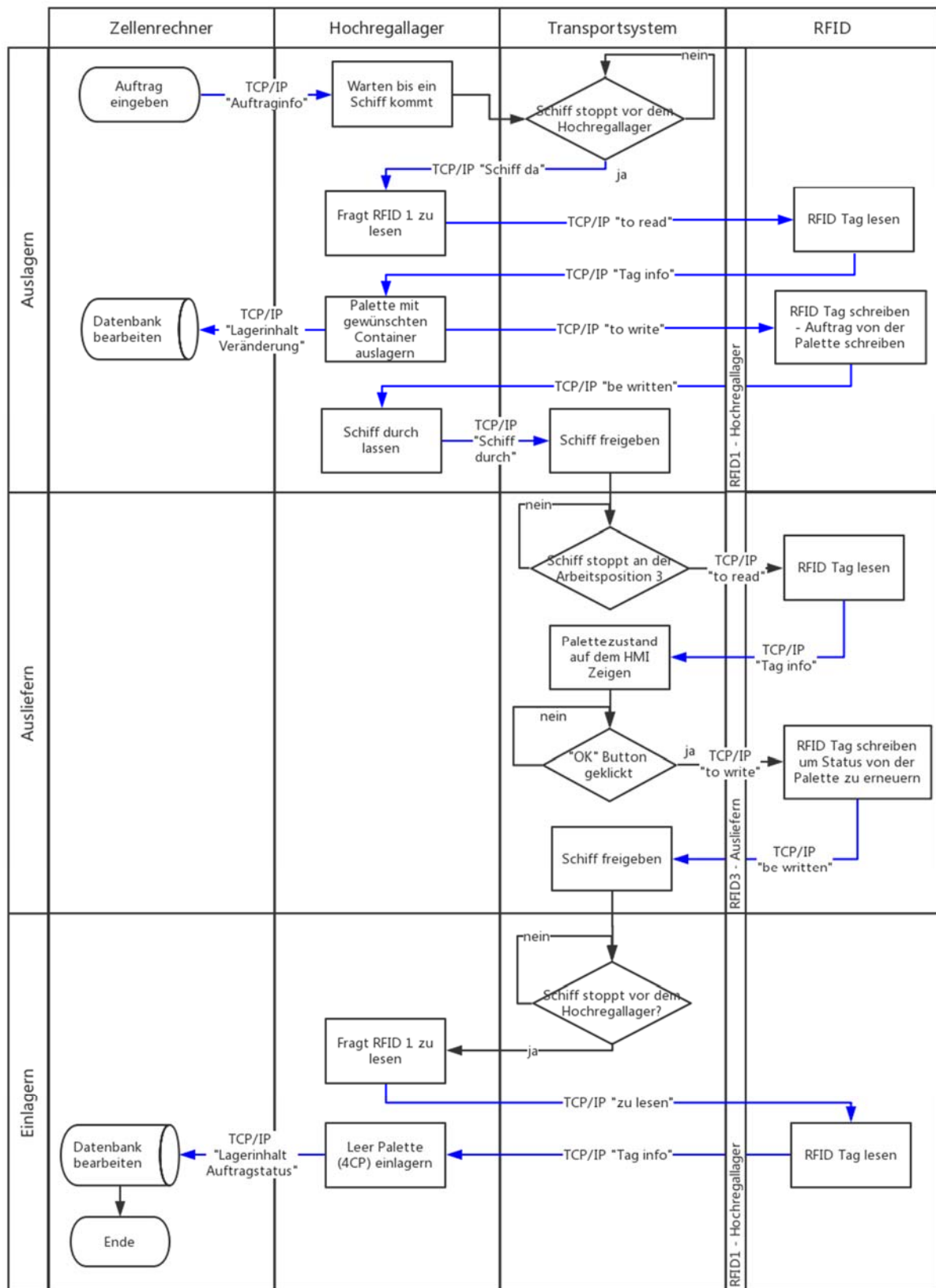


Abb. 39 Funktionsablauf von dem Auslieferungsverfahren

Abb. 39 zeigt den Funktionsablauf von dem Kommissionierungsverfahren der dezentralen Steuerung. Mit Farbe Blau gekennzeichnete Linie bedeutet eine Datenübertragung, normalerweise über TCP/IP Verbindung.

Die Bestätigung von der Auslieferung erfolgt an der Arbeitsposition 3 durch ein HMI – Touch Panel, das mit dem Transportsystem verbunden wird.

Das Auslieferungsverfahren wird in 3 Schritte getrennt – Auslagern, Ausliefern, Einlagern.

Auslagern:

- Auftrag auf dem Zellenrechner eingeben
- Auftrag über TCP/IP Verbindung von Zellenrechner zum Hochregallager senden
- Wenn ein Werkstückträger vor dem Hochregallager steht, sendet das Transportsystem „Schiff da“ per TCP/IP Verbindung zum Hochregallager
- Hochregallager fragt das RFID Gerät 1 zu lesen per TCP/IP
- RFID Gerät versucht das RFID Tag zu lesen.
- RFID Gerät send den Containerzustand auf der Palette zurück zum Hochregallager per TCP/IP Verbindung. Damit erkennt das Hochregallager ob eine Palette auf dem Schiff gibt.
- Gibt es keine Palette auf dem Schiff, nimmt das Teleskop (siehe Abb. 6) eine Palette mit gewünschten Container auf dem Schiff
- Hochregallager sendet die Lagerinhaltveränderung per TCP/IP zum Zellenrechner
- Nach dem Auslagern sendet das Hochregallager „to write“ zum RFID Gerät 1, um den Auftrag und Zustand von der Palette in dem RFID Tag zu schreiben.
- Hochregallager sendet „Schiff durch“ über TCP/IP Verbindung zum Transportsystem und Werkstückträger wird freigegeben

Ausliefern:

- Wenn der Werkstückträger an der Arbeitsposition 3 steht, fragt Transportsystem das RFID Gerät 3 zu lesen
- HMI Zeigt den Palettezutand mit den Daten, die über TCP/IP Verbindung zurückgesendet werden.
- Container ausliefern und „OK“ Button klicken
- Nach dem Ausliefern sendet das Hochregallager „to write“ zum RFID Gerät 3, um Zustand von der Palette in dem RFID Tag zu schreiben. Hier ist die Palette leer – 4CP
- Der Werkstückträger wird freigegeben.
-

Einlagern:

- Wenn ein Werkstückträger vor dem Hochregallager steht, sendet das Transportsystem „Schiff da“ per TCP/IP Verbindung zum Hochregallager
- Hochregallager fragt das RFID Gerät 1 per TCP/IP zu lesen. Mit den Daten im RFID Tag erkennt das Hochregallager, ob der Auftrag fertig bearbeitet wird.
- Palette mit gewünschten Container einlagern
- Lagerinhalt und Auftragsstatus per TCP/IP Verbindung zum Zellenrechner senden

5.2.2 Funktionsablauf der jeweiligen Komponente

Im 5.2.1 wird der Funktionsablauf von dem ganzen System vorgestellt. Als eine dezentrale Steuerung arbeiten die verschiedenen Komponenten im System getrennt und die Komponenten organisieren sich miteinander, um die Aufgabe zu fertigen. Jede Komponente hat selbst ein Mainprogramm und es läuft im Zyklus. Dazu wird der Funktionsablauf auf der Komponentenseite darüber erklärt.

5.2.2.1 Hochregallager

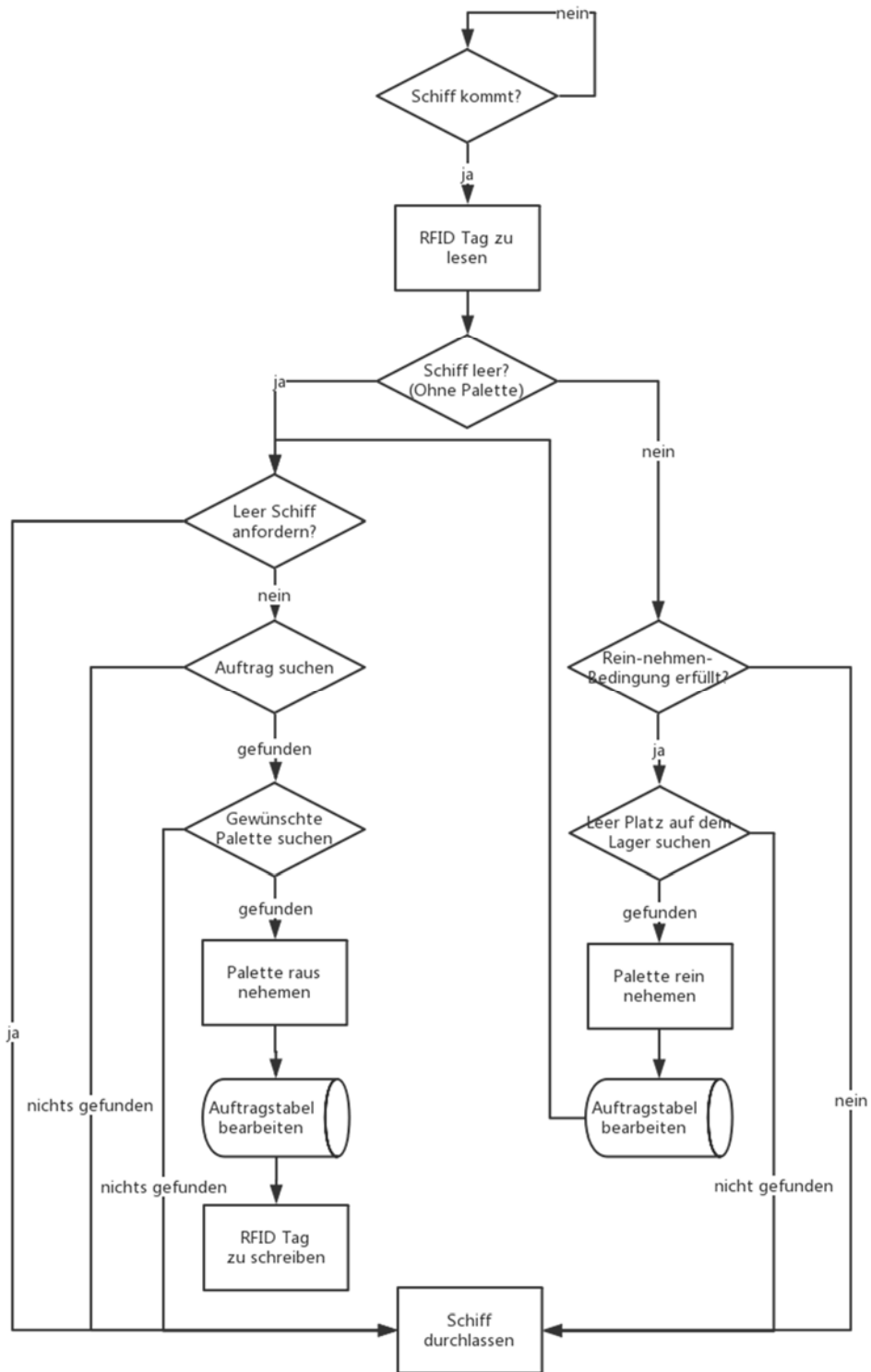


Abb. 40 Funktionsablauf von dem Hochregallager

Schiff = Werkstückträger

Abb. 40 zeigt den vereinfachten Funktionsablauf von dem Hochregallager.

- Jeweils wenn ein Schiff kommt, fragt Hochregallager RFID Gerät 1 zu lesen
- Mit der Antwort von dem RFID Gerät erkennt Hochregallager, ob das Schiff leer ist (ohne Palette)
- Wenn das Schiff leer ist, zum Auslagern
- Wenn das Schiff nicht leer, zum Einlagern

Einlagern:

- Prüfen, ob Rein-nehmen-Bedingung (später erklären) erfüllt, wenn nicht, Schiff durchlassen
- Leerplatz auf dem Lager suchen. Wenn keinen Leerplatz gefunden, ist es nicht möglich eine weitere Palette auf dem Hochregallager einlagern, Schiff durchlassen und Zyklus beendet.
- Palette einlagern.
- Auftragsstapel im Hochregallager bearbeiten. Der Auftragsstatus und Lagerinhaltsveränderung wird später zum Rechner per TCP/IP Verbindung gesendet.
- Nach dem Einlagern wird eine neue Palette ausgelagert.

Auslagern:

- Wenn die Nachricht „Leer Schiff anfordern“ erhalten, Schiff durchlassen. (Detaillierte Erklärung siehe 5.4.3)
- Auftrag suchen. Wenn keinen Auftrag gefunden oder alle Aufträge zurzeit nicht bearbeitet werden können, Schiff durchlassen und Zyklus beendet.
- Gewünschte Palette suchen. z.B. für einen Kommissionierungsauftrag ist eine leere Palette (4CP) erwünscht. Wenn es keine Palette gefunden wird, Schiff durchlassen und Zyklus beendet.
- Palette auslagern

- Auftragsstapel im Hochregallager bearbeiten. Der Auftragsstatus und Lagerinhaltsveränderung wird später zum Rechner per TCP/IP Verbindung gesendet.
- Nach dem Auslagern wird das RFID Tag auf der Palette geschrieben. Im RFID Tag wird den Containerzustand auf der Palette und den Auftrag von der Palette gespeichert.

Rein-nehmen-Bedingung

Alle Palette, die diese Bedingung erfüllt, wird bei dem Hochregallager eingelagert.

- Zähler > 5

Ist der Zähler >5, wird die Palette nach 5 Zyklus nicht bearbeitet. In diesem Deadlock oder Timeout Fall wird die Palette eingelagert. Später wird der entsprechende Auftrag wieder gestartet.

- Sollwert = Istwert

In diesem Fall ist das Ziel von dem Auftrag erreicht. Die Container auf der Palette sind gleich wie erwünscht. Es bedeutet, der Auftrag wird erfolgreich gemacht.

- Aufgabe = Kommissionieren & Roboter fehlerhaft

Wenn der Roboter einen Fehler erkennt, sendet den Status zum Hochregallager per TCP/IP Verbindung. In diesem Fall ist es nicht möglich, dass System den Kommissionierungsauftrag weiterbearbeitet. Aus diesem Grund werden alle zu kommissionierende Paletten eingelagert.

Fehlererkennung

Jedes Mal, wenn das Teleskop eine Palette reinnehmen möchte, prüft es, ob eine Palette schon auf dem Palettenplatz liegt. Wenn ja, nimmt das Teleskop die Palette wieder zurück auf dem Schiff.

Jedes Mal, wenn das Teleskop eine Palette rausnehmen möchte, prüft es, ob eine Palette richtig auf dem Palettenplatz liegt. Wenn nein, versucht die Station Hochregallager noch eine gewünschte Palette im Lagerinhalt zu suchen.

Detaillierte Beschreibung der Fehlererkennung von dem Hochregallager siehe Videos „Lager_ Fehlererkennung_ungewünschte Palette“ und „Lager_ Fehlererkennung_keine Palette gefunden“.

5.2.2.2 Kommissionierstation

Die Kommissionier Station wird neu programmiert und komplett bei dem Drive Unit kontrolliert. Jedes Mal, wenn ein Schiff kommt, erkennt die Station die Aufgabe der Palette mit Hilfe des RFID Gerätes per TCP/IP Verbindung. Ist die Aufgabe Kommissionieren, nimmt der Roboter die Palette und legt er die gewünschten Container darauf.

Die Kommissionierstation wird von Herrn Ziniu Lu programmiert und der detaillierte Funktionsablauf siehe Bechalararbeit von Ziniu Lu.

5.2.2.3 Transportsystem

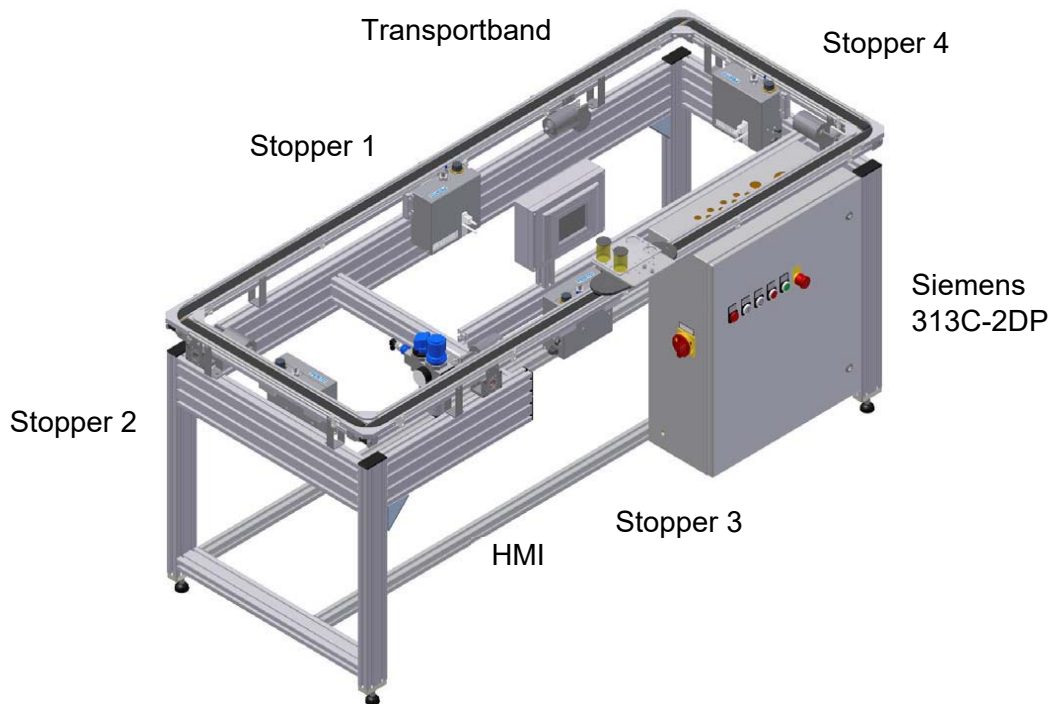


Abb. 41 Transportsystem²⁸

Das Transportsystem besteht aus 4 Stopper, 1 HMI und das Transportband. Die Steuerung der Station besteht aus einer Siemens 313C-2DP.

Stopper 4 wird in der dezentralen Steuerung von der Festo-Kommissionieranlage nicht mehr benutzt und nicht mehr programmiert. Das Transportband wird auch nicht programmiert und es bewegt sich nach dem Einschalten von der Stromversorgung. Die Laufvorgänge von Stopper 4 und Transportband werden nicht in diesem Teil vorgestellt.

Die Stopper im Transportsystem kontrollieren die Positionen von der Palette. Grundsätzlich haben die Stopper 1-3 die gleichen Arbeitsmethoden. Aber Stopper 3 arbeitet zusammen mit dem HMI als einen Auslieferungspunkt der Kommissionieranlage. Dazu wird der Funktionsablauf von dem Transportsystem in zwei Teile interpretiert:

- Stopper 1/ Stopper 2
- Stopper 3 + HMI

²⁸ Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001, S. 35

Funktionsablauf von Stopper1 / Stopper2



Abb. 42 Funktionsablauf von Stopper1 / Stopper2

Der Stopperbox erkennt ein Schiff durch das Signal von dem Sensor. Jeweils wenn ein Schiff kommt, das SPS sendet die Daten zur entsprechenden Station (Hochregallager oder Roboter) und wartet auf die Daten zurück. Wenn das SPS System Daten ‚Schiff durch‘ von entsprechenden Station erhalten, das Schiff wird durchgelassen.

Funktionsablauf Stopper 3 + HMI

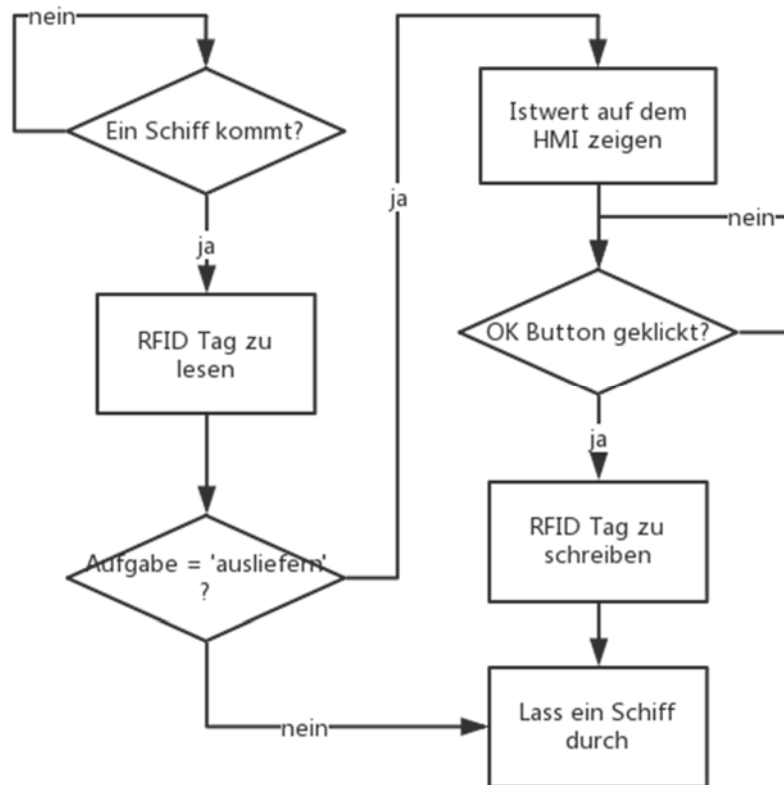


Abb. 43 Funktionsablauf von Stopper3 + HMI

Der Stopper3 erkennt ein Schiff durch das Signal von dem Sensor. Jeweils wenn ein Schiff kommt, sendet das System die Daten ‚zu lesen‘ zum entsprechenden RFID Gerät über eine TCP/IP Verbindung, um das RFID Tag lesen zu lassen. Danach wartet der Stopper3 auf die Antwort von dem RFID Gerät, die die Informationen von dem Auftrag der Palette enthält.

Ist die Aufgabe ‚Ausliefern‘, zeigt das System den Istwert auf dem HMI. Es hilft der Arbeiter, den Inhalt auf der Palette zu überprüfen. Nach der Auslieferung von allen Container klickt der Arbeiter dem ‚OK‘ Button und das System fragt RFID Gerät über die TCP/IP Verbindung, den RFID Datenträger zu schreiben. Der Istwert von der Palette wird aktualisiert und danach geht das Schiff durch.

Ist die Aufgabe kein ‚Ausliefern‘, wird die Palette bei dem Auslieferungspunkt nicht bearbeitet. Das System lässt das Schiff direkt durch.

5.2.2.4 Arduino-RFID-Geräte

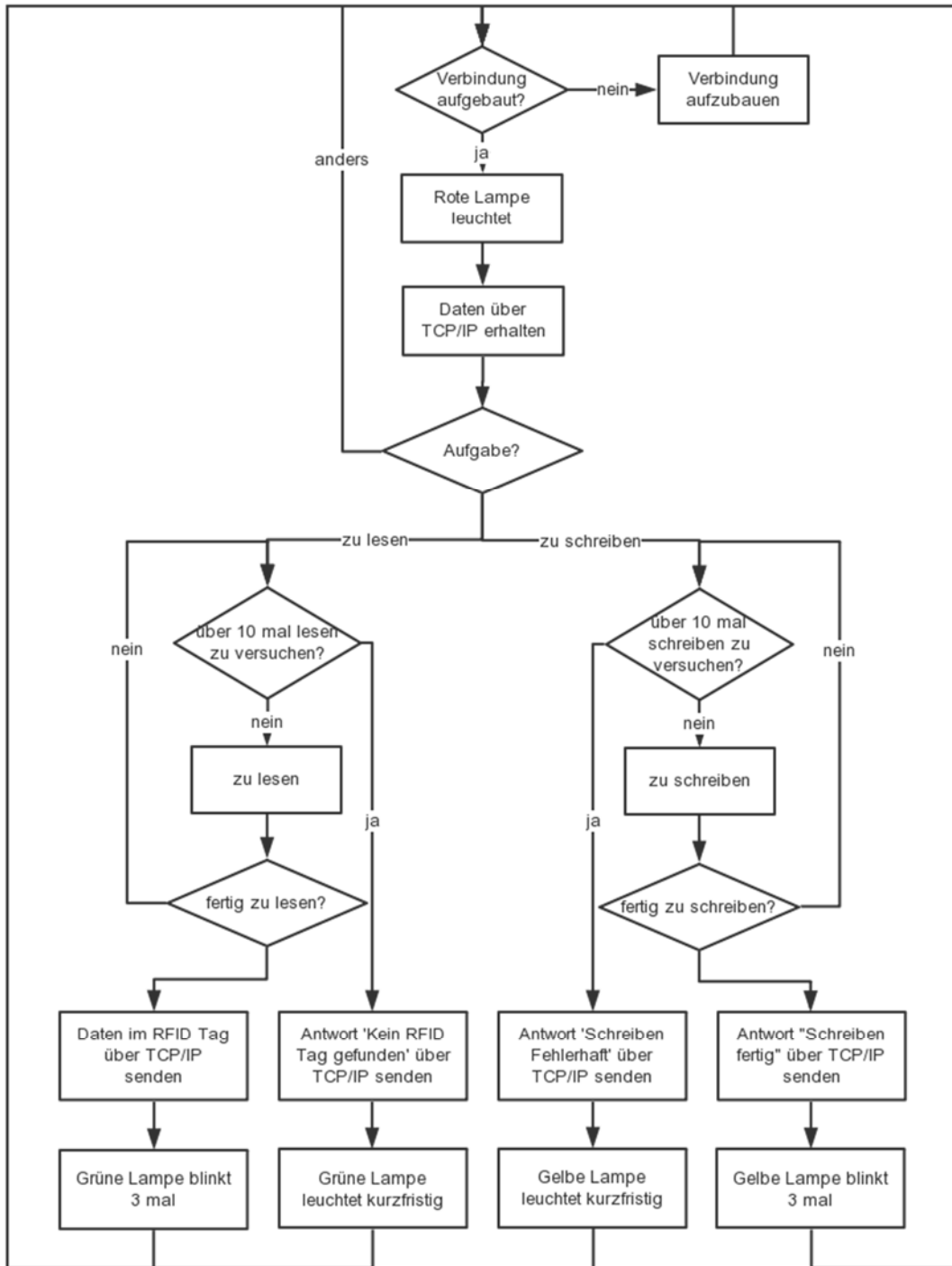


Abb. 44 Skizze von dem Funktionsablauf des Arduino-RFID-Gerät

In dem System gibt es 3 Arduino-RFID-Geräte, die mit der Kommissionierstation, dem Hochregallager und dem HMI kommunizieren. Sie werden mit Arduino IDE in Sprache C programmiert. Der Funktionsablauf wird in der Abb. 44 dargestellt.

Das Programm läuft im Zyklus.

- Erstens wird den Verbindungsstatus geprüft. Wenn die Verbindung mit der entsprechenden Station abgebaut wird, versucht das Gerät die Verbindung wiederaufzubauen. Die rote Lampe auf dem selbst entwickelten Expansion Board zeigt der Status von der Verbindung. Rote Lampe leuchtet – Verbindung aufgebaut.
- Nach der Prüfung von dem Verbindungsstatus versucht das Gerät Daten über TCP/IP Verbindung zu erhalten. Wenn die Daten ein Kommando wie „RFID Tag zu lesen“ oder „RFID Tag zu schreiben“, macht das Gerät entsprechende Operation. Wenn die Daten kein Kommando sind, werden die Daten ignoriert und das Gerät erhalten die nächsten Daten.
- Die Lese- /Schreibeoperation kann fehlerhaft sein. Wenn es keine Palette auf dem Schiff liegt, kann nichts gelesen und geschrieben werden. Das System erkennt „Leer Schiff“ auch damit.
- Nach dem Lesen/Schreiben sendet das RFID Gerät eine Antwort zurück. Die Antwort enthält die Informationen von dem RFID Tag, die gelesen oder geschrieben werden. Oder sie enthält den Status von der Operation – Lesen oder Schreiben nicht erfolgreich. Wenn es keine Daten gelesen werden kann, bedeutet normalerweise „Schiff leer“.
- Nach der Antwort ist ein Zyklus beendet.

5.3 Datenbank im Hochregallager

Im 3.3 wird die Datenbank im Zellenrechner vorgestellt. Bei der zentralen Steuerung kontrolliert der Zellenrechner das ganze System mit Ciro's Supervision. In Verbindung mit der Datenbank ist die Lager- und Auftragsverwaltung möglich. Bei der dezentralen Steuerung organisieren die Stationen sich miteinander, um die Aufgaben zu fertigen.

Um die Selbstständigkeit von der Station Hochregallager zu erhöhen, muss auch eine Datenbank im SPS gesetzt werden. Mit der eingebauten Datenbank arbeitet das Hochregallager unabhängig von dem Rechner. Das SPS des Lagers kennt den Lagerinhalt und es kann sich selbst entscheiden. Mit der TCP/IP Verbindung werden die beide Datenbanken synchronisiert.

Die eingebaute Datenbank bietet Flexibilität für das System. Die Datenbank im Rechner ist nur eine Datenquelle von dem Auftrag. Man kann nicht nur mit diesem Rechner, sondern auch mit anderem Rechner, mit einem Handy, mit einem Tablet Auftrag eingeben, oder mit alle anderen Geräte, die TCP/IP Verbindung unterstützt. Die Lager- und Auftragsverwaltung wird nicht mehr von Ciro's Supervision beschränkt.

5.3.1 Aufbau

Die Datenbank in der Station Hochregallager enthält 2 Teile: Auftragsstapel und Lagerinhalt.

5.3.1.1 Auftragsstapel

Adresse	Name	Typ
0.0		STRUCT
+0.0	Auftrag	ARRAY[1..40]
*10.0		"Auftrag_Struct"
=400.0		END_STRUCT

Tabelle 1 Auftragsstapel

Adresse	Name	Typ	Anfangswert
0.0		STRUCT	
+0.0	Kennzahl	INT	0
+2.0	Aufgabe	WORD	W#16#0
+4.0	soll_wert	DWORD	DW#16#0
+8.0	State	INT	0
=10.0		END_STRUCT	

Tabelle 2 Auftrag_Struct

Der Auftragsstapel ist ein Datenbaustein im SPS System. Im Auftragsstapel wird ein Array definiert. Das Grundelement von dem Auftragsstapel ist Auftrag, der mit die Auftrag_Struktur in dem Array gespeichert wird. Die Auftrag_Struktur besteht aus die Kennzahl, die Aufgabe, der Sollwert und der Status von dem Auftrag.

- Kennzahl ist die Kennzeichnung von dem Auftrag und wird im 5.4 vorgestellt.
- Aufgabe = 0x31 -> Kommissionieren
Aufgabe = 0x32 -> Ausliefern
- Sollwert besteht aus 4 Bytes und kennzeichnet die gewünschten Kombination von den Containern.
0x31 -> Schwarz Container
0x32 -> Blau Container
0x33 -> Reaktor Container
0x34 -> Harz Container
z.B. 0x31323334 bedeutet eine Kombination von SBRH (Schwarz, Blau, Reaktor, Harz)
- State ist der Bearbeitungsstatus von dem Auftrag.
0x00 -> noch nicht bearbeitet
0x01 -> in Bearbeitung
0x02 -> fertig bearbeitet
0x03 -> fehlerhaft

5.3.1.2 Lagerinhalt

Adresse	Name	Typ
0.0		STRUCT
+0.0	Lager_Inhalt	ARRAY[0..40]
+6.0		"inhalt"
=246.0		END_STRUCT

Tabelle 3 Lager_Inhalt

Adresse	Name	Typ	Anfangswert
0.0		STRUCT	
+0.0	ist_wert	DWORD	DW#16#0
+4.0	Kennzahl	INT	0
=6.0		END_STRUCT	

Tabelle 4 Lagerinhalt_Element

Der Lagerinhalt ist auch ein Datenbaustein im SPS System. Ein Array mit 40 Elemente, die die 40 Fächer auf dem Lager entsprechen, definiert wird. Das Grundelement enthält 2 Werte – Ist_Wert und Kennzahl. Die Struktur von dem Istwert und Kennzahl ist gleich wie die im 5.3.1.1.

5.3.2 Datenbankmanagement

Im Laufvorgang von dem Hochregallager wird die Datenbank geändert z.B. bei dem Ein- und Auslagern von einer Palette. Aber in der Station Hochregallager gibt es keine E/A Geräte und die Datenbank muss mit der Rechnerdatenbank synchronisiert werden. Die Synchronisation erfolgt durch einige Kommandos über TCP/IP Verbindung. Die detaillierten Kommandos siehe 5.4 unten.

Die alte Lager- und Auftragsverwaltung erfolgt durch Ciro's Supervision aber unterstützt keine selbstdefinierte TCP/IP Kommandos. Dazu entwickelt Herr Ziniu Lu ein neues Lagerverwaltungsinterface auch mit Ciro's Supervision. Die detaillierte Beschreibung von dem Datenbankmanagement siehe die Bachelorarbeit von Herrn Ziniu Lu.

5.4 TCP/IP Kommunikation

Die TCP/IP Kommunikation spielt eine große Rolle in der dezentralen Steuerung. Die Definition des Datenformats ist sehr wichtig, um die Daten zwischen verschiedene Komponenten zu transformieren und um die Erweiterung von dem System in der Zukunft zu vereinfachen. In diesem Teil werden die Datenformaten vorgestellt.

Alle Daten werden mit Hexadezimalzahl gezeigt, z.B. 0x01 = 0000 0001

5.4.1 Transportsystem < - > Hochregallager, Kommissionierstation – Stopperbox Kontrollierung

Die Kommunikation zwischen Transportsystem und Hochregallager/ Roboter realisiert die Kontrollierung von dem Stopperbox. Der Funktionsablauf von der Festo-Kommissionieranlage wird in der Abb. 38 und Abb. 39 gezeigt. Für die Erkennung von dem Werkstückträger und die Kontrollierung von dem Stopperbox sind zwei TCP/IP Nachrichten notwendig. „Schiff da“ und „Schiff durch“.

Transportsystem -> Hochregallager, Kommissionierstation:

„Schiff da“:

Wenn ein Werkstückträger vor einem Stopperbox steht, wird die Nachricht „Schiff da“ von Transportsystem zur entsprechenden Station gesendet.

Datenformat: 0x3131

Hochregallager, Kommissionierstation -> Transportsystem

„Schiff durch“:

Wenn die Bearbeitung von einer Station fertig ist, wird die Nachricht „Schiff durch“ von entsprechender Station zum Transportsystem gesendet, um der Werkstückträger durchlaufen zu lassen.

Datenformat: 0x3232

5.4.2 RFID < -> Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem - Lesen/Schreiben von dem RFID Tag

Das Lesen und Schreiben von dem RFID Tag ist die Basis von der dezentralen Steuerung der Fest-Kommissionieranlage und wird mit der TCP/IP Verbindung realisiert. Vier verschiedene Nachrichten werden definiert „2rea“, „brea“, „2wri“, „bwri“. Die Datenformate von den Nachrichten sind ähnlich – „Kommando“ + „Tag_Info“. „Kommando“ ist das ASCII Code von „2rea“, „brea“, „2wri“ und „bwri“. „Tag_Info“ ist die im RFID Tag gespeicherte Daten und wird im 5.1.2.2 „Daten im RFID-Tag“ vorgestellt. Die vier Nachrichten haben dieselben Länge mit 18 Bytes.

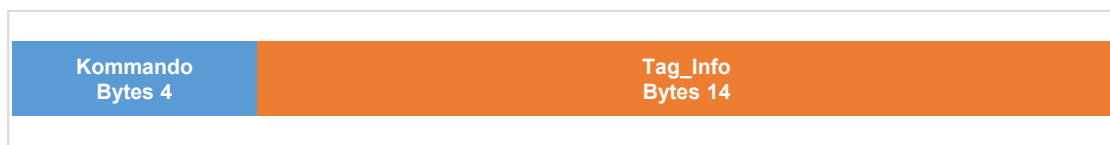


Abb. 45 Allgemeines Datenformat - RFID < -> Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem

Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem -> RFID:

- „2rea“:

„2rea“ bedeutet „to read“ (RFID Tag zu lesen). Die drei Stationen Hochregallager, Kommissionierstation und Transportsystem senden „2rea“, zum entsprechenden RFID Gerät um RFID Tag lesen zu lassen. Die Nachricht enthält keine Taginformationen. Nach dem Kommando wird das Datenpaket mit 0 ausgefüllt.

Kommando „2rea“ wird als ASCII Code 0x32726561 gesendet.

- „2wri“:

„2wri“ bedeutet „to write“ (RFID Tag zu schreiben). Um die Taginformationen zu erneuern, senden die Stationen Hochregallager, Kommissionierstation und Transportsystem Nachricht „2wri“ zum RFID Gerät. Die neuen Taginformationen werden in der Tag_Info gespeichert.

Kommando „2wri“ wird als ASCII Code 0x32777269 gesendet.

RFID -> Hochregallager, Kommissionierstation, Transportsystem:

- „brea“:

„brea“ bedeutet „be read“ (RFID Tag wird gelesen). Wenn das RFID Gerät das Tag fertig gelesen hat, antwortet es mit den Taginformationen zurück.

Kommando „brea“ wird als ASCII Code 0x62726561 gesendet.

- „bwri“

„bwri“ bedeutet „be writen“ (RFID Tag wird geschrieben). Nach dem Schreiben wird die Nachricht „bwri“ von dem RFID Gerät gesendet. Die Nachricht enthält die geschriebene Tag_Info.

Kommando „bwri“ wird als ASCII Code 0x62777269 gesendet.

5.4.3 Kommissionierstation - > Hochregallager - Fehlererkennung der Kommissionierstation

Zwei Nachrichten werden von Kommissionierstation zum Hochregallager gesendet. „Leer Schiff anfordern“ und „Fehlerhaft“.

- „Leer Schiff anfordern“:

In der Kommissionierstation sind nur 2 Palettenablageplätze montiert (siehe 2.2 Kommissionierstation). Wenn alle auf der Palettenablageplätze liegende Paletten fertig bearbeitet werden, wird die Nachricht „Leer Schiff anfordern“ von der Kommissionierstation gesendet. Nach der Erhaltung von der Nachricht gibt das Hochregallager ein leere Werkstückträger frei. Damit wird das Bearbeitungsverfahren optimiert.

Datenformat: 0x3434

- „Fehlerhaft“:

Der Fehler von der Kommissionierstation muss für das Hochregallager erkennbar sein. Alle Palette mit der Aufgabe „Kommissionieren“ werden reingenommen, wenn Hochregallager die Nachricht „Fehlerhaft“ erhalten. (siehe Rein-Nehmen-Bedingung 5.2.2.1)

Datenformat: 0x3535

5.4.4 PC < - > Hochregallager – Auftrags-/Lagerverwaltung

Die Kommunikation zwischen PC und Hochregallager ermöglicht die Auftrags-/Lagerverwaltung. Für die dezentrale Steuerung wird eine Datenbank mit dem Lagerinhalt und Auftragsstapel in der Station Hochregallager gesetzt. (siehe 5.3 Datenbank im Hochregallager). Mit den TCP/IP Nachrichten werden die Datenbank im PC und im Hochregallager synchronisiert.

Allgemeines Datenformat der Auftragsverwaltung

Die Nachrichten der Auftragsverwaltung haben das gleiche Datenformat. Kommando + Aufgabe des Auftrags+ Sollwert der Aufgabe + 4 Bytes Null für Ergänzung in der Zukunft. Das Kommando wird als ASCII Code gesendet. Die Aufgabe und der Wert von der Palette wird im 5.3.1.1 Auftragsstapel vorgestellt. Das Kommando enthält „adda“, „enda“, „erra“.

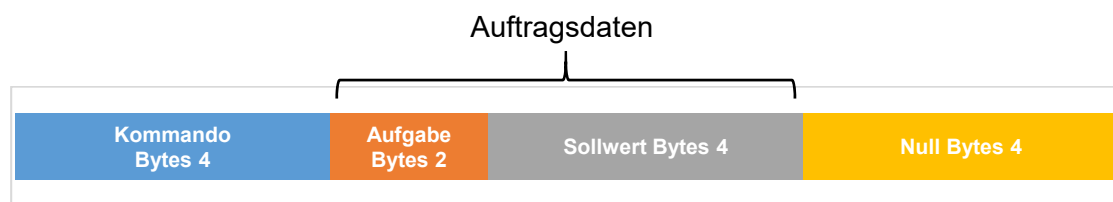


Abb. 46 Allgemeines Datenformat der Auftragsverwaltung

Allgemeines Datenformat der Lagerverwaltung

Die Nachrichten der Lagerverwaltung haben das gleiche Datenformat. Kommando + Position + Wert von der Palette + 4 Bytes Null für Ergänzung in der Zukunft. Das Kommando wird als ASCII Code gesendet. Die Position wird als Integer gesendet. Der Wert der Palette hat das gleiche Format wie Sollwert in der Auftragsverwaltung. Das Kommando enthält „geti“, „seti“.

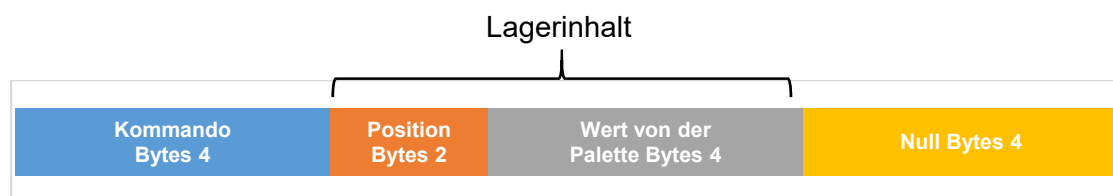


Abb. 47 Allgemeines Datenformat der Lagerverwaltung

PC -> Hochregallager:

- „adda“:

„adda“ ist ein Kommando für die Auftragsverwaltung. Es bedeutet „add Auftrag“ (Auftrag hinzufügen). Mit dieser Nachricht kann man auf dem PC Aufträge einfügen.

- „geti“:

„geti“ ist ein Kommando für die Lagerverwaltung. Es bedeutet „get Inhalt“ (Lagerinhalt erhalten). Mit dieser Nachricht wird der Lagerinhalt an einer bestimmten Position gefragt und später auf dem PC gezeigt. Die Datenbank des Lagerinhalts im PC wird damit aufeinander aktualisiert. Die Position in dieser Nachricht wird der Wert der Palette mit Null ausgefüllt.

- „seti“:

„seti“ ist ein Kommando für die Lagerverwaltung. Es bedeutet „set Inhalt“ (Lagerinhalt setzen). Mit dieser Nachricht wird der Lagerinhalt an einer bestimmten Position gesetzt. Wenn der Lagerinhalt in der Datenbank des Hochregallagers fehlerhaft ist, kann man auf dem PC den Lagerinhalt damit verwalten.

Hochregallager -> PC:

- „enda“:

„enda“ ist ein Kommando für die Auftragsverwaltung. Es bedeutet „end Auftrag“ (Auftrag fertig). Jedes Mal, wenn ein Auftrag fertig bearbeitet wird, sendet die Station Hochregallager die Nachricht zum PC zurück.

- „erra“:

„erra“ ist ein Kommando für die Auftragsverwaltung. Es bedeutet „error Auftrag“ (Auftrag fehlerhaft). Jedes Mal, wenn ein Auftrag nicht bearbeitet werden kann, sendet die Station Hochregallager die Nachricht zum PC zurück.

- „seti“:

„seti“ ist ein Kommando für die Lagerverwaltung. Es bedeutet „set Inhalt“ (Lagerinhalt setzen). Jedes Mal, wenn der Lagerinhalt des Hochregallagers geändert wird, sendet das Hochregallager die Nachricht zum PC, um die Datenbank im PC zu aktualisieren.

6 Ausblick

Wegen der zeitlichen Beschränkung gibt es noch viele Dinge, die wir in der Bachelorarbeit nicht fertig machen konnten. In diesem Teil wird der Ausblick gemacht, um die dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage in der Zukunft zu erweitern und zu verbessern.

6.1 Auftrags- und Lagerverwaltung mit weiteren Geräte

Bei der alten zentralen Steuerung und der neuen dezentralen Steuerung wurde die Auftrags- und Lagerverwaltung auf dem Zellenrechner realisiert. Früher war es nur möglich, die Aufträge mit dem Zellenrechner einzugeben. Aber in der Industrie 4.0 werden alles vernetzt, nicht nur die Geräte, sondern auch die Menschen. Die Aufträge sollen von Benutzer mit verschiedenen Geräte eingeben. Im 5.4 werden alle unterstützte Schnittstellen vorgestellt. Mit diesen Schnittstellen kann jedes Gerät mit der Kommissionieranlage verbunden werden und die Auftragsverwaltung realisieren.

Für die Lagerverwaltung ist es ähnlich. Der Lagerzustand ist sehr wichtig für solchen Kommissionieranlage in dem Industrieinsatz. Mit TCP/IP Verbindung ist es möglich, dass ein Arbeiter den Lagerzustand manuell mit einem Handy realisiert.

6.2 Überwachungssystem

Überwachungssystem ist ein wichtiges Teil in dem System. Bei der alten zentralen Steuerung hat man eine deutliche Übersicht von dem ganzen System. Jeder Schritt von der Bearbeitung wird auf dem Fenster gezeigt, z.B. wie Abb. 20. Der Status ist erkennbar und der Fehler wird schnell gelöst.

Bei der dezentralen Steuerung ist es sehr unterschiedlich. Es gibt keinen zentralen Controller in dem System und die Bearbeitung wird bei verschiedenen Komponenten selbst organisiert. In diesem Fall ist der Status des Systems nicht mehr erkennbar.

Aus diesem Grund ist ein Überwachungssystem notwendig. Jede Komponente sendet den Status zu dem Überwachungssystem und alle Informationen werden z.B. auf einem großen Bildschirm gezeigt. Die Funktion wird auch durch mit der TCP/IP Verbindung realisiert.

7 Fazit

Zum Schluss fasse ich meine Arbeit zusammen. Das Thema meiner Bachelorarbeit lautet „Konzeption und Realisierung von RFID – Infrastruktur-Elementen zur dezentralen Steuerung einer Festo-Kommissionieranlage“. Wegen der Schwierigkeit arbeite ich zusammen mit Herrn Ziniu Lu, die Festo-Kommissionieranlage umzubauen.

Die Kommissionieranlage wurde vorher für eine zentrale Steuerung programmiert aber war am Anfang der Bachelorarbeit fehlerhaft. Nach der Reparatur der Hardware haben wir die Kommissionieranlage in den bisherigen Entwicklungsstand eingearbeitet.

Wir haben einige Lösungen zur dezentralen Steuerung der Festo-Kommissionieranlage gefunden und verglichen z.B. TURCK Lösung und Arduino Lösung. Wegen der Zuverlässigkeit ist die Arduino Lösung für den Industrieinsatz nicht geeignet aber sie ist preisgünstig und sehr einfach zu entwickeln. Aus diesem Grund wurde die Arduino Lösung ausgewählt.

Nach der Konzeption haben wir die neue Hardware – Arduino RFID Gerät gemacht und alle Hardwarekomponenten – PC, die Station Hochregallager, die Kommissionierstation, das Transportsystem und das Arduino RFID Gerät komplett neu programmiert. Nach dem Umbau wird die Festo-Kommissionieranlage dezentral gesteuert und das Ziel erreicht.

Die neue dezentrale Steuerung der Festo-Kommissionieranlage funktioniert deutlich besser als früher. Verschiedene Stationen können sich selbst entscheiden und die Aufgabe organisieren. Viele Fehler werden erkannt und das System ist viel „smarter“ als früher. Alle Komponenten werden im Internet verbunden und sind per TCP/IP Verbindung erreichbar. Eine Datenbank wird im Hochregallager gestellt und die Auftrags- und Lagerverwaltung kann mit verschiedenem Gerät realisiert werden. Mit der dezentralen Struktur ist das System schnell und einfach zu erweitern.

Die Realisierung der dezentralen Steuerung ist auch nicht perfekt. Wegen der zeitlichen Beschränkung wird das Überwachungssystem nicht fertiggestellt. In der Zukunft kann der Status von einzelner Station hochgeladen und auf einem Bildschirm gezeigt werden, um das System besser zu überwachen. Der Funktionsablauf der dezentralen Steuerung kann auch optimiert werden.

Anhang

A Ergänzende Abbildungen

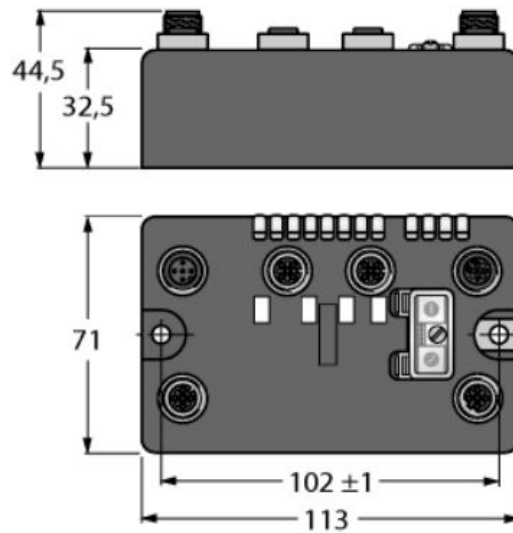


Abb. I Turck RFID Interface²⁹

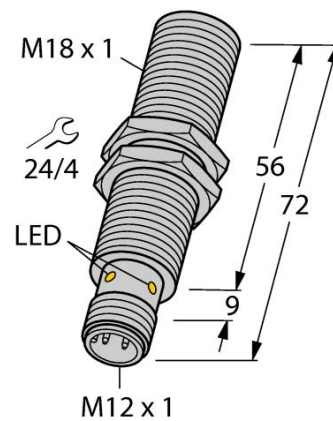


Abb. II Turck RFID Lese-/Schreibkopf³⁰

²⁹ BLCEN-2M12MT-2RFID-A Datasheet,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/Datei_EDB/edb_6811484_ger_de.pdf, (abgerufen am 09.04.2017)

³⁰ TB-EM18WD-H1147 Datasheet,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/Datei_EDB/edb_7030224_ger_de.pdf, (abgerufen am 09.04.2017)



Abb. III Arduino Uno³¹

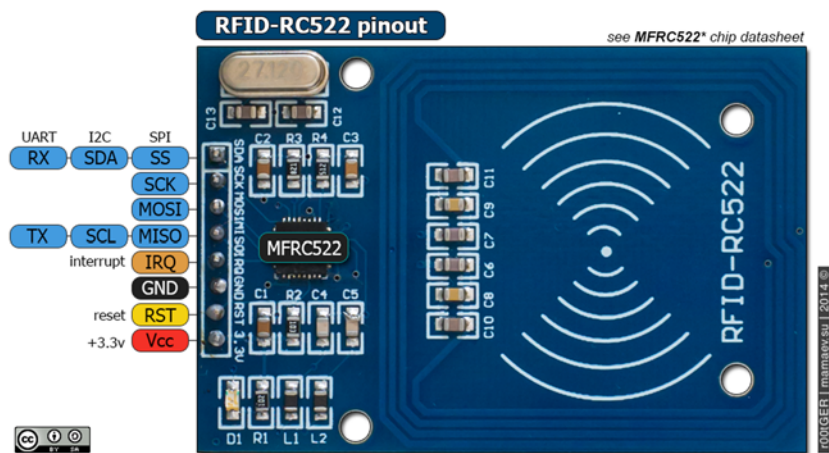


Abb. IV Lese/Schreibmodul: RFID – RC522³²

³¹ http://robotechshop.com/wp-content/uploads/2015/12/arduino_uno_large-comp.jpg?v=3a52f3c22ed6 (abgerufen am 09.04.2017)

³² <https://home.ctw.utwente.nl/slootenvanf/wp-content/uploads/2016/05/RFID-RC522-pinout.png>, (abgerufen am 03.04.2017)

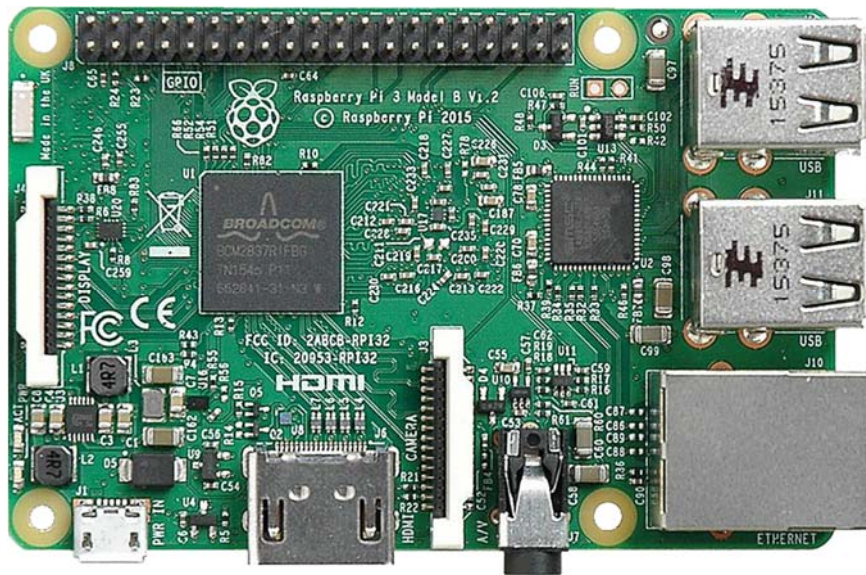


Abb. V Raspberry Pi³³

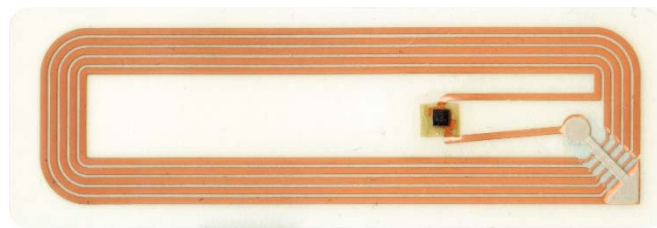


Abb. VI RFID Etikett³⁴



Abb. VII RFID Etikett 2³⁵

³³ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> (abgerufen am 03.04.2017)

³⁴ <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Transponder2> (abgerufen am 14.03.2017)

³⁵ http://www.adaptronik.fraunhofer.de/content/dam/adaptronik/images/inhalt_kreisblatt.jpg (abgerufen am 14.03.2017)



Abb. VIII RFID- Schlüsselanhänger³⁶



Abb. IX RFID Karte³⁷

³⁶ https://www.anthell-electronics.com/images/product_images/original_images/ru092003.png (abgerufen am 14.03.2017)

³⁷ <http://www.dlpdesign.com/rf/images/tags.jpg> (abgerufen am 14.03.2017)

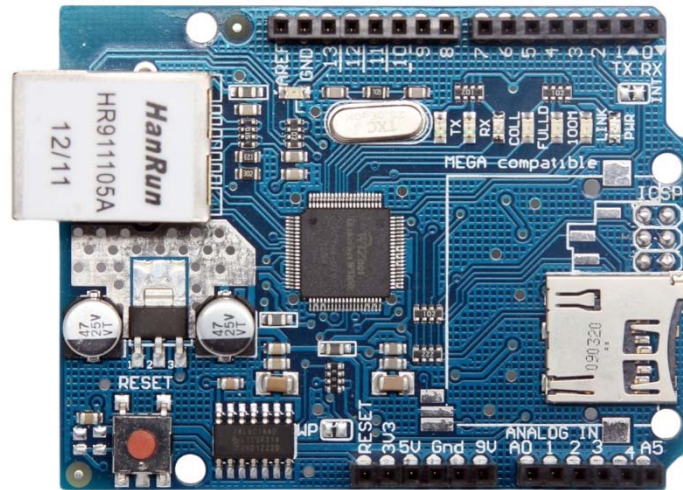


Abb. X W5100 Ethernet Shield³⁸

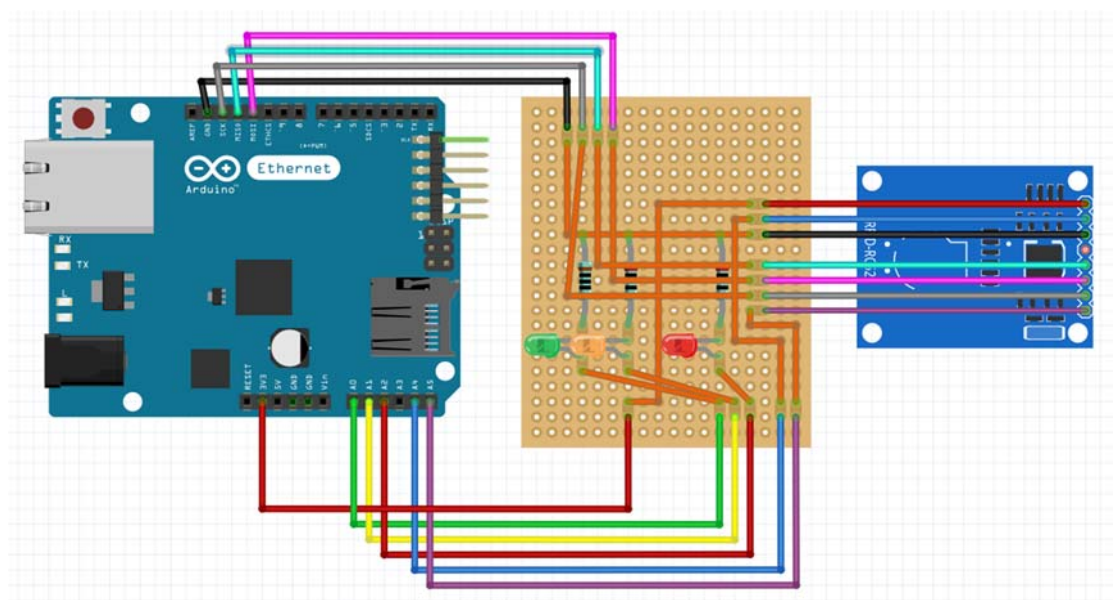


Abb. XI Verkabelungsplan von dem Expansion Board

³⁸ <https://forum.arduino.cc/index.php?action=dattach;topic=99880.0;attach=124268> (abgerufen am 17.03.2017)

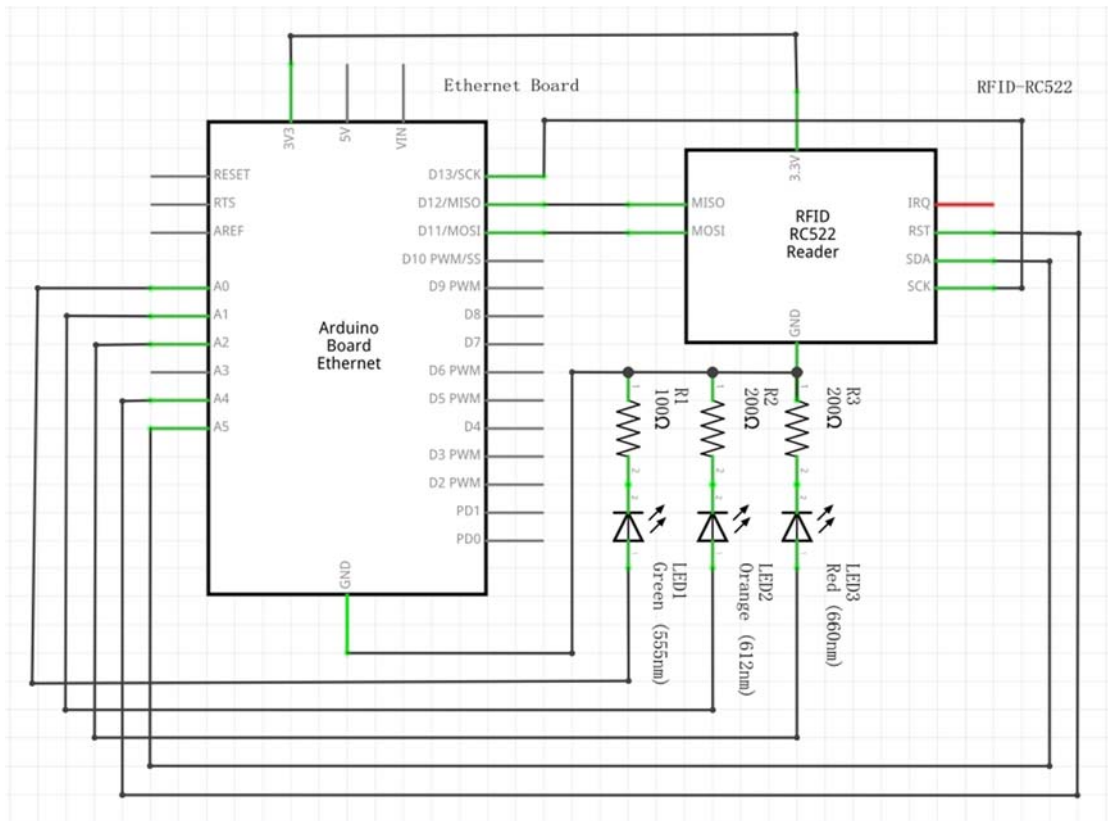


Abb. XII Schaltplan (Arduino – RC522)

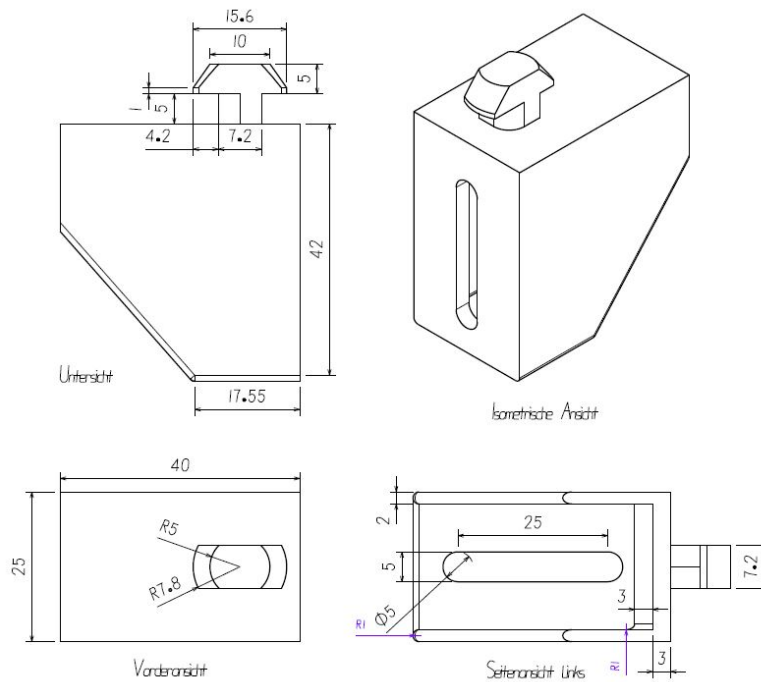


Abb. XIII Technische Zeichnung von dem Hüllerständer

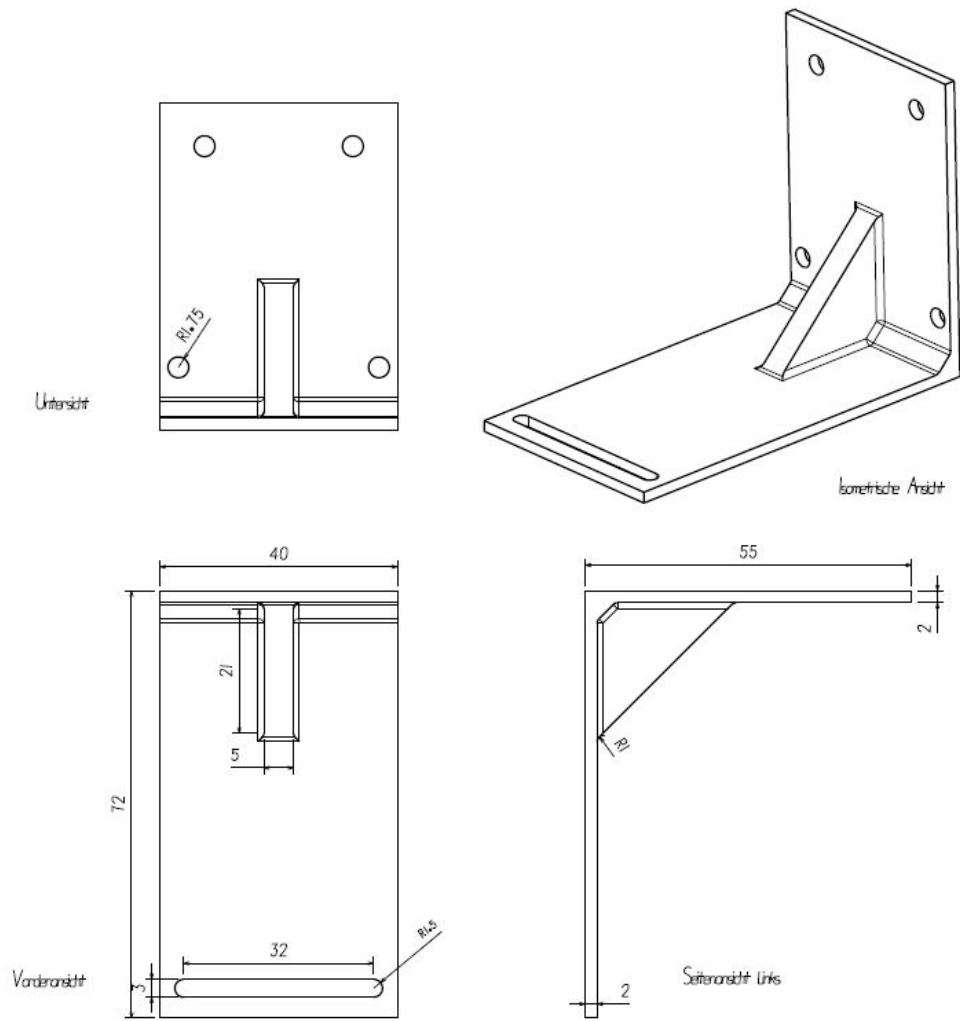


Abb. XIV Technische Zeichnung von dem Lese-/Schreibkopfständer



Abb. XV NTAG³⁹

³⁹ http://www.shopnfc.it/317-thickbox_default/nxp-ntag213-nfc-tags.jpg (abgerufen am 18.03.2017)

Literaturverzeichnis

Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Hochregallager_A001

Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Handbuch_A002

Festo Didactic GmbH & Co.KG, (2005), Handbuch iCIM_Transportsystem_A001

MITSUBISHI ELECTRIC, (2004), Technisches Handbuch RV-1A/RV-2AJ

Prof. Dr.-Ing. Heike Mrech, DF_V_CAM BDE_RFID.pdf

https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0#cite_note-plattformi40-4 (abgerufen am 09.04.2017)

<https://de.wikipedia.org/wiki/RFID> (abgerufen am 09.04.2017)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Turck_\(Unternehmen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Turck_(Unternehmen)) (abgerufen am 09.04.2017)

<http://pdb2.turck.de/de/DE/groups/000000090002a54a00010023> (abgerufen am 09.04.2017)

RFID-System BL ident – Projektierung,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/d500024.pdf, (abgerufen am 09.04.2017)

RFID-System BL ident – Projektierung,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/d500024.pdf, (abgerufen am 09.04.2017)

BLCEN-2M12MT-2RFID-A Datasheet,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/Datei_EDB/edb_6811484_ger_de.pdf,
(abgerufen am 09.04.2017)

TB-EM18WD-H1147 Datasheet,
http://pdb2.turck.de/repo/media/_de/Anlagen/Datei_EDB/edb_7030224_ger_de.pdf,
(abgerufen am 09.04.2017)

http://roboteshop.com/wp-content/uploads/2015/12/arduino_uno_large-comp.jpg?v=3a52f3c22ed6 (abgerufen am 09.04.2017)

<https://home.ctw.utwente.nl/slootenvanf/wp-content/uploads/2016/05/RFID-RC522-pinout.png>, (abgerufen am 03.04.2017)

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> (abgerufen am 03.04.2017)

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Transponder2> (abgerufen am 14.03.2017)

http://www.adaptronik.fraunhofer.de/content/dam/adaptronik/images/inhalt_kreisblatt.jpg (abgerufen am 14.03.2017)

https://www.anthell-electronics.com/images/product_images/original_images/ru092003.png (abgerufen am 14.03.2017)

<http://www.dlpdesign.com/rf/images/tags.jpg> (abgerufen am 14.03.2017)

<https://forum.arduino.cc/index.php?action=dlattach;topic=99880.0;attach=124268> (abgerufen am 17.03.2017)

http://www.shopnfc.it/317-thickbox_default/nxp-ntag213-nfc-tags.jpg (abgerufen am 18.03.2017)