



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorthesis

Jacqueline Bergmann

Entwicklung einer positionsabhängigen Hub-
tischsteuerung auf einer Schubplattform durch
Nutzung eines Barcodepositioniersystems und
einer Vernetzung via Industrial-WLAN

Jacqueline Bergmann

Entwicklung einer positionsabhängigen Hub-
tischsteuerung auf einer Schubplattform durch
Nutzung eines Barcodepositioniersystems und
einer Vernetzung via Industrial-WLAN

Bachelorthesis eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Informations- und Elektrotechnik
am Department Informations- und Elektrotechnik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Jochen Maaß
Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Ulfert Meiners

Abgegeben am 14. Juli 2017

Jacqueline Bergmann

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung einer positionsabhängigen Hubtischsteuerung auf einer Schubplattform durch Nutzung eines Barcodepositioniersystems und einer Vernetzung via Industrial-WLAN

Stichworte

Automatisierungstechnik, Steuerung, TIA Portal, SIMATIC, S7-1200, Profinet, IWLAN, RCoax Cable, Kommunikation, Positioniersystem, Anzeige, Infrarotfernbedienung

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit umfasst die Entwicklung und Implementierung einer Hubtischsteuerung auf einer Schubplattform. Diese fährt positionsabhängig, durch Nutzung eines Barcodepositioniersystems, verschiedene Hubhöhen an. Die Kommunikation zu der zentralen Steuerung, welche auch die Visualisierung beinhaltet, erfolgt über das Industrial-WLAN der Siemens AG. Die Thesis beinhaltet die Anforderungsanalyse sowie das daraus entwickelte Hardwarekonzept. Desweiteren wird ein modular aufgebautes Steuerungsprogramm entwickelt. Abschließend wird die Software an einem nach dem entwickelten Hardwarekonzept aufgebauten Testaufbau in Betrieb genommen, getestet und gegebenenfalls optimiert.

Jacqueline Bergmann

Title of the paper

Development of a position-dependent lift table control on a platform by using a barcode positioning system and networking via Industrial WLAN

Keywords

Automation, control, TIA Portal, SIMATIC, S7-1200, Profinet, IWLAN, RCoax Cable, communication, positioning system, display, infrared remote control

Abstract

This paper comprises the development and implementation of a lift table control on a platform. This control drives in different lifting positions depending on the position, by using a barcode positioning system. The communication to the central controller, which also includes the visualization, will be realized with the Industrial-WLAN of the Siemens AG. The thesis comprises the requirements analysis as well as the hardware concept developed from them. Furthermore, a modular control program is developed. Finally, the software will be commissioned, tested and if necessary optimized on a test construction, which is built in accordance with the designed hardware concept.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	5
1 Einführung	6
1.1 Ausgangssituation	6
1.2 Motivation und Zielsetzung	7
1.3 Struktur und Vorgehensweise	8
2 Anforderungsanalyse	10
2.1 Beschreibung des Prozessablaufs	10
2.2 Anforderungen an die Schubplattform	11
2.2.1 Abgeleitete Ein- und Ausgangssignale	12
2.3 Anforderungen an die zentrale Steuerung	13
2.4 Anforderung an die Kommunikation zwischen SPF und zentraler Steuerung	13
2.5 Anforderungen an die Bedienung	14
3 Entwicklung eines Hardwarekonzeptes	15
3.1 Grundkonzept	15
3.1.1 Steuerung	15
3.1.2 Positioniersystem	16
3.1.3 Höhenmessung	17
3.1.4 Anzeige	17
3.1.5 Kommunikation mit zentraler Steuerung	17
3.1.6 Hardwarekonzept	19
3.2 Schubplattform	20
3.2.1 Schaltkasten	20
3.2.2 Netzgerät und Puffermodul	20
3.2.3 Speicherprogrammierbare Steuerung	22
3.2.4 Barcodescanner	22
3.2.5 Optischer Distanzsensord	23
3.2.6 Infrarotdisplay mit Infrarotfernbedienung	24
3.3 Zentral	24
3.3.1 Access Point	24
3.4 Industrial - WLAN	25
4 Entwicklung und Implementierung der Software	26

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	5
1 Einführung	6
1.1 Ausgangssituation	6
1.2 Motivation und Zielsetzung	7
1.3 Struktur und Vorgehensweise	8
2 Anforderungsanalyse	10
2.1 Beschreibung des Prozessablaufs	10
2.2 Anforderungen an die Schubplattform	11
2.2.1 Abgeleitete Ein- und Ausgangssignale	12
2.3 Anforderungen an die zentrale Steuerung	13
2.4 Anforderung an die Kommunikation zwischen SPF und zentraler Steuerung	13
2.5 Anforderungen an die Bedienung	14
3 Entwicklung eines Hardwarekonzeptes	15
3.1 Grundkonzept	15
3.1.1 Steuerung	15
3.1.2 Positioniersystem	16
3.1.3 Höhenmessung	17
3.1.4 Anzeige	17
3.1.5 Kommunikation mit zentraler Steuerung	17
3.1.6 Hardwarekonzept	19
3.2 Schubplattform	20
3.2.1 Schaltkasten	20
3.2.2 Netzgerät und Puffermodul	20
3.2.3 Speicherprogrammierbare Steuerung	22
3.2.4 Barcodescanner	22
3.2.5 Optischer Distanzsensord	23
3.2.6 Infrarotdisplay mit Infrarotfernbedienung	24
3.3 Zentral	24
3.3.1 Access Point	24
3.4 Industrial - WLAN	25
4 Entwicklung und Implementierung der Software	26

4.1	Software für die Schubplattformen	26
4.1.1	Einführung in das TIA Portal	26
4.1.2	Grobdesign	27
4.1.3	Feindesign	30
4.2	Software für die zentrale Steuerung.....	40
4.2.1	SIMATIC Step 7	40
4.3	Visualisierung.....	43
5	Testaufbau und Erprobung	44
5.1	Testaufbau	44
5.1.1	Entwurf des Hardwareaufbaus für die Hubtischsteuerung	44
5.1.2	Entwurf des Hardwarekonzeptes für die zentrale Steuerung	46
5.2	Erstellung des TIA - Projektes	47
5.2.1	Hardwarekonfiguration.....	47
5.2.2	Software.....	48
5.3	Erstellung des Step 7 Projektes	48
5.3.1	Hardwarekonfiguration.....	48
5.3.2	Software.....	49
5.4	Inbetriebnahme und Tests	49
5.4.1	Hardware und Software der Hubtischsteuerung in CPU laden.....	49
5.4.2	Validierung der Systemanforderungen für die Hubtischsteuerung	49
6	Zusammenfassung und Ausblick	51
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	51
6.2	Persönliches Fazit	52
6.3	Ausblick	52
6.3.1	Netzaufbau	52
6.3.2	Kommunikation	53
6.3.3	Visualisierung	53
	Abkürzungsverzeichnis	55
	Glossar	56
	Abbildungsverzeichnis	57
	Tabellenverzeichnis	58
	Literaturverzeichnis	59
	Anhang	62
	Versicherung der Selbstständigkeit	63

Danksagung

Mit dieser Danksagung möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung dieser Bachelorthesis unterstützt haben.

Der größte Dank gilt meiner Abteilung RC-DE PD SO 1 EH3, die mir das Duale Studium ermöglicht hat.

Zusätzlich möchte ich mich bei dem ehemaligen Ausbildungsleiter Herr Stiehr, bei seiner Nachfolgerin Frau Carle und bei ihrem Nachfolger Herr Siemer für den sensationellen Rückhalt bedanken.

Auch möchte ich mich bei meinem Kollegen Dipl. -Ing Stefan Klee und allen anderen Kollegen bedanken, die mir während meiner Bachelorthesis für technische und fachliche Fragen zur Seite standen.

Bedanken möchte ich mich selbstverständlich auch bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Jochen Maaß und Herrn Prof. Dr.-Ing Ulfert Meiners, die sich dazu bereit erklärt haben, mich bei dieser Bachelorthesis zu betreuen und mich anschließend zu prüfen.

Zu guter Letzt gilt der Dank meinem Freund Mathias Zitt, meiner Mutter Gabriele Bergmann, meinem kleinen Bruder Maximilian Bergmann und meinem Studienkollegen Daniel Kensik, die mir während der gesamten Studienzeit zur Seite standen und mich bei allem unterstützt haben.

1 Einführung

Diese Bachelorthesis bildet die Grundlage für ein Angebot für die Daimler AG mit Sitz in Bremen, welches von der Division Process Industry and Drives der Siemens AG Bremen erstellt wird.

1.1 Ausgangssituation

Die Daimler AG mit Hauptsitz in Stuttgart ist ein deutscher Hersteller von Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen und beschäftigt weltweit 282.488 Mitarbeiter. Die Hauptmarke der Daimler AG ist Mercedes-Benz. Seit 2007 ist der Konzern in unterschiedliche Geschäftsfelder u.a. Mercedes-Benz Cars unterteilt (Wikipedia - Autoren, 2017a).

Das Mercedes-Benz-Werk in Bremen ist das größte Produktionswerk im Daimler-Verbund und ist mit rund 12.500 Mitarbeitern auch der größte private Arbeitgeber in der Region Bremen. Aktuell werden im Werk 10 unterschiedliche Baureihen (C-Klasse, E-Klasse etc.) produziert (Wikipedia - Autoren, 2017b). Damit besitzt das Mercedes-Benz-Werk in Bremen die meisten Varianten innerhalb des Produktionsnetzwerks von Mercedes-Benz Cars. Jährlich werden dort rund 300.000 Fahrzeuge produziert und größtenteils auch nach Übersee exportiert (Daimler AG, 2017).

Die Siemens AG mit Sitz auf dem Mercedes-Gelände ist für die Fördertechnik und die Wartung der Anlagen zuständig. In der Produktionshalle 9 werden die Baureihen C253, X253, S205, W205 gefertigt. Im oberen Geschoss werden die Karossen auf die leeren Hubtische gesetzt, bevor sie eine Etage tiefer in das Band einlaufen. An vier Bändern sind die Arbeiter für den Innen- und Außenausbau der Karosse zuständig. Die Schubplattformen, auf denen sich jeweils ein Hubtisch mit einer eigenen Steuerung befindet, bilden das Arbeitsband, auf dem die Arbeiter ihrer Arbeit nachgehen. Die Steuerung auf der Schubplattform, derzeit noch eine S5 – Steuerung, ist für das höhenoptimierte Arbeiten an der Karosse verantwortlich. Die Positionserkennung, an denen die Hubhöhe verändert werden soll, erfolgt über ein jeweiliges Muster von Metallplatten (jedes Muster steht für eine andere Hubhöhe), die an diesen Positionen unter den SPFs angebracht sind und induktiven Sensoren, die an jeder SPF angebracht sind, dieses Muster erfassen und anhand dessen die zum Muster bestimmte Hubhöhe anfahren. Durch diesen Aufbau ist die Hubhöhenänderung nur an Stellen möglich, an

denen ein solches Metallplattenmuster befestigt ist und da sich der Aufbau unter den Schubplattformen befindet, ist es ein immenser Aufwand, wenn man Positionen hinzufügen oder das Metallplattenmuster an vorhandenen Positionen ändern möchte. Die Daimler AG wünscht sich eine modular aufgebaute Automatisierungslösung, welche einfach zu warten ist, bei der Problemfälle durch schnelles Austauschen der Komponenten behoben werden können und bei der die Komponenten aus einer Hand stammen. Die Siemens AG bietet durch ihr breites Produktportfolio die optimale Grundlage für eine solche Automatisierungslösung. Die Daimler AG soll mit einer modular aufgebauten Hardware, Software und einem möglichen Testaufbau überzeugt werden, den Umbau der Schubplattformen als Auftrag an die Siemens AG zu geben.

1.2 Motivation und Zielsetzung

Um der Daimler AG eine bessere Automatisierungslösung als die Mitbewerber der Siemens AG zur Verfügung stellen zu können und den Zielen der Industrie 4.0 und den Wünschen der Daimler AG nach Modularisierung und Wiederverwendbarkeit zu folgen, wird die in dieser Arbeit erläuterte Automatisierungslösung entwickelt. Im Zuge der Industrie 4.0 werden in Zukunft weltweit Milliarden Maschinen, Anlagen und Sensoren miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Das bedeutet für Unternehmen, dass sie ihre Produktion wesentlich effizienter und flexibler gestalten können. (Siemens AG, 2016a)

Durch den modularen Aufbau können Anlagen mit Standardmodulen aufgebaut und je nach Kundenwünschen beliebig erweitert werden. Softwareseitig wird der Programmieraufwand durch objektorientierte Engineering-Konzepte minimiert. Die objektorientierte Programmierung ist der Schlüssel der Modularisierung. Durch die Modularisierung lassen sich die Softwaremodule einzeln programmieren und testen. Je nach Anforderung können sie flexibel mit anderen Modulen zusammengestellt und verbunden, aber auch untereinander ausgetauscht werden. Dadurch wird das SW – Engineering effizienter und die Software – Qualität steigt. (Gangl, 2013). Das beschriebene Modulkonzept wird durch ein geeignetes Engineering Framework unterstützt. Hierbei ermöglichen eine einheitliche Datenbasis sowie eine offene Systemarchitektur jederzeit den Zugriff auf die aktuellen Daten. Durch die Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit wird Zeit beim Engineering eingespart und dessen Qualität erhöht. Das Engineering Framework beinhaltet das komplette Engineering aller beteiligten Gewerke (Siemens AG, 2017c). Dazu gehören u.a. die

Controller, die Visualisierungen (HMI) und die Antriebe / Umrichter (Motion Control) (Siemens AG, 2017e).

Aus den eben erläuterten Gründen verfolgt diese Thesis eine modular aufgebaute Automatisierungslösung, die bei Kundenwünschen mit geringen Arbeitsaufwand erweitert oder ausgetauscht werden kann. Hierzu müssen geeignete Hardwarekomponenten ausgewählt werden und ein Hardwarekonzept ausgearbeitet werden. Im Anschluss wird die Software entwickelt und implementiert. An einem Testaufbau wird dann die ausgewählte Hardware mit der entwickelten Software in Betrieb genommen und getestet. Dabei wird darauf geachtet, dass die Anforderungen an Hard- und Software erfüllt werden. Mit dem Ergebnis dieser Arbeit soll die Daimler AG und auch die Projektleiter und Vertriebler der Siemens AG einen guten Einblick bekommen, wie die Schubplattformen und Hubtische in Zukunft automatisiert sind und gesteuert werden können. Zusätzlich kann getestet werden, wie demnächst die Kommunikation zwischen zentraler Steuerung und den Schubplattformen ablaufen könnte.

1.3 Struktur und Vorgehensweise

Zuerst erfolgt in Kapitel 2 eine Anforderungsanalyse der Hard- und Software der Steuerung auf der Schubplattform sowie der zentralen Steuerung. Zusätzlich werden die Anforderungen an die Kommunikation beider Steuerungen miteinander analysiert. Im anschließenden Kapitel wird ein Hardwarekonzept entwickelt und eine geeignete Auswahl an Hardwarekomponenten getroffen. In Kapitel 4 wird die softwareseitige Realisierung der Schubplattformen und der zentralen Steuerung beschrieben. Das Kapitel beginnt mit dem Grobdesign, wo die Struktur des Programms und der Daten festgelegt wird. Anschließend wird das Feindesign erläutert, welches die einzelnen Funktionen genauer beschreibt. Zusätzlich wird ein kurzer Einblick in die Visualisierung gegeben. Das nachfolgende Kapitel beschreibt den Testaufbau sowie dessen Konfiguration und Inbetriebnahme. Hier werden zudem die aufgestellten Anforderungen validiert. Zu guter Letzt werden im sechsten Kapitel die Ergebnisse dieser Thesis zusammengefasst, ausgewertet und reflektiert. Zusätzlich gibt es noch einen Ausblick auf mögliche Erweiterungen der Automatisierungslösung.

In der Abbildung 1-1 wird das Vorgehensmodell für diese Bachelorthesis dargestellt.

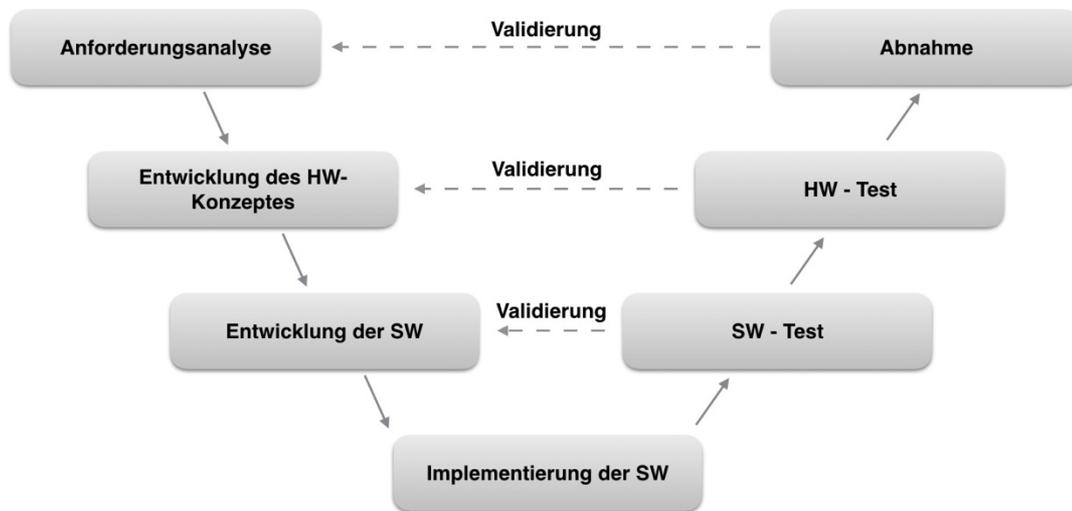


Abbildung 1-1: Vorgehensmodell für die Bachelorthesis

Alle Verzeichnisse, sowie das Glossar und Abkürzungsverzeichnis befinden sich am Ende dieser Bachelorthesis.

2 Anforderungsanalyse

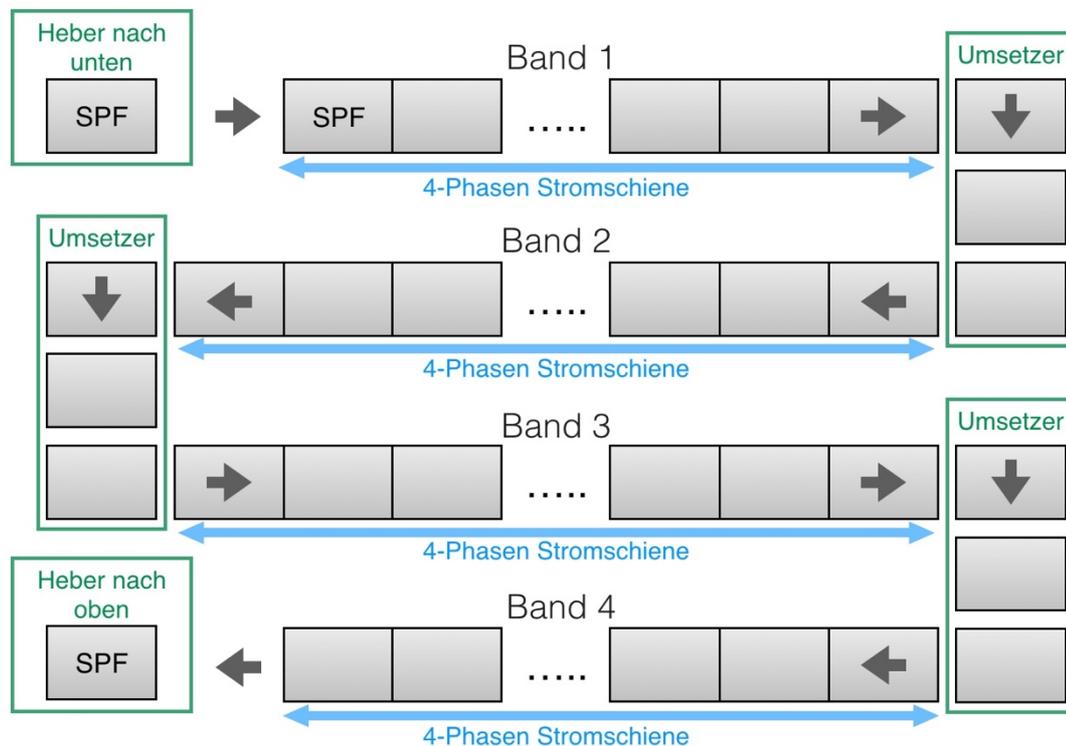
Im folgenden Kapitel wird zuerst der Prozess bei Daimler beschrieben. Anschließend werden die Anforderungen an die Schubplattform, die zentrale Steuerung, die Kommunikation der beiden Steuerungen und an die Bedienung beschrieben. Diese Anforderungen werden anhand der Wünsche der Daimler AG sowie der Siemens AG erstellt, da diese Thesis die Grundlage für ein Angebot für die Daimler AG bietet. Die Ergebnisse aus diesem Kapitel bieten die Grundlage für die Entwicklung des HW-Konzepts im folgenden Kapitel.

2.1 Beschreibung des Prozessablaufs

Ein Stockwerk über den Produktionsbändern wird die Karosse auf die leere Schubplattform (SPF) aufgesetzt. Anschließend wird die SPF samt Karosse zu einem Heber weitergeleitet, welcher die Kombination nach unten zu den Produktionsbändern befördert. Unten angekommen wird die SPF mit Hilfe eines Antriebs, welcher schneller ist als das eigentliche Band, an die letzte SPF des ersten Bandes geschoben. Während des gesamten Vorgangs sind die Schubplattformen spannungslos. Hat die Schubplattform auf die anderen SPFs aufgeschlossen, so bekommt sie über die 4-Phasen Stromschiene ihre Spannungsversorgung und können mit der zentralen Steuerung kommunizieren. Während des gesamten Bandes ändern die SPFs selbstständig, je nach Position und Hubtabelle¹. Am Ende des ersten Bandes ist die SPF wieder spannungslos. Hier kommt sie in einen Umsetzer, der sie zu dem zweiten Band, welches parallel zum ersten Band verläuft, transportiert. Am Bandanfang von Band 2 bekommt die Schubplattform wieder Spannung und kann mit der zentralen Steuerung kommunizieren. Nun fährt sie wieder selbstständig die gewünschten Hubhöhen an. Das geht so weiter, bis die Schubplattform das Ende von Band 4 erreicht hat. Zwischen allen Bändern befindet sich ein Umsetzer. Am Ende von Band 4 ist der Innen- und Außeneinbau der Karosse weitestgehend abgeschlossen. Dort befindet sich der nächste Heber, welcher die Schubplattform wieder auf die obere Etage bringt.

¹ In der Hubtabelle stehen Bandpositionen und Hubhöhen, welche bei den Bandpositionen angefahren werden sollen.

Die Abbildung 2-1 zeigt den Aufbau der Bänder in Halle 9.



SPF in den Hebern und in den Umsetzern spannungslos

Abbildung 2-1 Aufbau des Bandes in Halle 9

2.2 Anforderungen an die Schubplattform

Die Anforderungen an die SPF beinhalten, dass der Aufbau mit Schaltkasten und Antrieb optimal an Bauform des Hubtisches angepasst ist. Desweiteren wird ein Puffermodul benötigt, um eventuelle kurzzeitige Unterbrechungen bei der Stromversorgung auszugleichen. Das komplette System soll erstmal für einen 1,5 kW Antrieb ausgelegt sein. Dieser soll sehr langsam fahren. Jedoch ist die Motorauslegung nicht die Aufgabe von Siemens. Dafür ist die Abteilung der Daimler AG zuständig. Die Motoransteuerung soll laut Kundenvorgabe mit einem Umrichter erfolgen, welcher lediglich zwei digitale Eingangssignale bekommt. Hierfür wurde ein G120D von Siemens ausgewählt. Die Kommunikation der einzelnen Komponenten mit der Steuerung soll über Profinet erfolgen. Zusätzlich ist ein Display erforderlich, welches das aktuelle Modell auf der SPF, die aktuelle Hubhöhe und die aktuelle Position am Band anzeigt. Tritt ein Fehler oder eine Warnung auf, soll die Fehlernummer bzw. Warnungsnummer ebenfalls über das Display angezeigt werden. Die Modellnummer und die Hubhöhe kann mit der Fernbedienung im Handbetrieb geändert werden. Mit

der Fernbedienung kann zwischen mehreren Fehlern bzw. Warnungen geblättert werden. Für die Instandhalter der Anlagen im Werk muss dieses Display leicht verständlich und einfach zu bedienen sein. Da das Display nur im Schaltkasten, welcher sich auf dem Boden der SPF befindet, angebracht werden kann, muss es außerdem gut lesbar sein. Zudem soll die SPF per Hand gesteuert werden können. Die Hubhöhe soll als Absolutwert und aus technischen und Wartungsgründen optisch erfasst werden. Die Hubhöhenänderung soll an jeder beliebigen Bandposition erfolgen können. Der Hubtisch soll erstmal mit Endlagenschaltern und induktiven Sensoren demonstriert werden. Weitere Sicherheitsmerkmale werden somit außer Acht gelassen. Desweiteren sollen Komponenten, die Siemens nicht stellt, von SICK (Hersteller für diverse Sensoren und Systeme) sein, da diese schon bei Daimler verbaut sind. Zu guter Letzt soll die Hard- und Software möglichst günstig sein, da dieser Aufbau für mindestens 150 Schubplattformen erfolgen soll, wenn die Siemens AG den Auftrag bekommt.

2.2.1 Abgeleitete Ein- und Ausgangssignale

Aus den zuvor aufgestellten Anforderungen an die Schubplattform lassen sich die digitalen Ein- und Ausgänge sowie der analoge Eingang in Tabelle 2-1 ableiten. Analoge und Relaisausgänge werden nicht verwendet. Die Informationen sind bei der Auswahl einer geeigneten SPS notwendig. Unterschieden werden folgende Signale:

- Digitale Eingänge (DI)
- Digitale Ausgänge (DO)
- Analoge Eingänge (AI)
- Analoge Ausgänge (AO)
- Relaisausgänge (RO)

Aus Gründen der Sicherheit (Erkennung eines Drahtbruchs) werden die DIs der Endlagenschalter und induktiven Sensoren mit Öffnerkontakten (NC = normally closed) aufgebaut. Hilfskontakte von Sicherungen werden mit Schließerkontakten (NO = normally open) beschaltet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die abgeleiteten Ein- und Ausgangssignale.

Typ	Name	Beschreibung
DI	Endlage_oben	Obere Endlage ist erreicht
	Endlage_oben_ueberf	Obere Endlage wurde überfahren
	Endlage_unten	Untere Endlage ist erreicht
	Endlage_unten_ueberf	Untere Endlage wurde überfahren
	LS_externe_Geraete	Absicherung für externe Geräte ausgelöst
	24V_vorh	24V Spannung liegt an
DO	Hubtisch_hebt	Hubtisch fährt nach oben
	Hubtisch_senkt	Hubtisch fährt nach unten
AI	IST_Hubhoehe	Hubhöhen-Istwert vom optischen Distanzsensor (0...10 V)

Tabelle 2-1: abgeleitete Ein- und Ausgangssignale

Die Steuerung auf der Schubplattform muss diese Ein- und Ausgänge zur Verfügung stellen und noch Reserve bieten, um weitere Signale, je nach Wünschen von Daimler, verarbeiten zu können.

2.3 Anforderungen an die zentrale Steuerung

Die zentrale Steuerung umfasst die Kommunikation mit den 150 Schubplattformen sowie die Kommunikation mit der Visualisierung. Alle Komponenten mit Ausnahme der Steuerung benötigen einen guten Schutz vor Verschmutzungen und Feuchtigkeit, da in der Arbeitsumgebung eine Berührung mit Staub und Feuchtigkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Zudem beinhaltet diese Steuerung die Daten und die Kommunikation mit der Visualisierung.

2.4 Anforderung an die Kommunikation zwischen SPF und zentraler Steuerung

Die Kommunikation zwischen den Schubplattformen und der zentralen Steuerung soll über das Industrial – WLAN von Siemens erfolgen. Aus Kostengründen soll sich die Kommunikation auf den Bandanfang aller vier Bänder beschränken. Das bedeutet, dass die SPFs Hubhöhen- und Positionsänderungen erst im nächsten Einlauf in das aktuelle Band mitbekommen. Aus Wettbewerbsgründen muss die Kommunikation

erweiterbar sein, sodass alle Schubplattformen ständig in Kontakt mit der zentralen Steuerung stehen und Hubhöhen- und Positionsänderungen sofort aktualisieren können.

2.5 Anforderungen an die Bedienung

Der Kunde soll mit der Anlage über ein Human Machine Interface (HMI) interagieren können. Die Interaktion beinhaltet das Konfigurieren und ggf. Ändern der Bandpositionen und Hubhöhen. Das Beobachten aller Informationen aller Schubplattformen wird nicht in dieser Bachelorthesis ausgearbeitet. Abhängig von der Baureihe und dem Band muss der Kunde folgende Werte vorgeben:

- Nummer des Eintrags als ganze Zahl
- Streckenabschnitt als Text
- Bandposition in mm
- Hubhöhe an dieser Bandposition in mm

Diese Vorgaben muss der Bediener einmalig für alle Bänder und alle Modelle vornehmen. Aus Erfahrungen ist die Anzahl der Hubhöhenänderungen pro Band auf 20 begrenzt, das bedeutet für die Visualisierung, dass es pro Band 20 mögliche Eintragungen für Bandposition und Hubhöhe gibt.

Nachdem er die Vorgaben getroffen hat, sollen dem Bediener folgende Funktionen zur Verfügung stehen:

- Hubhöhe an vorhandener Bandposition ändern
- vorhandene Bandposition ändern
- vorhandenen Text ändern
- neuen Datensatz (laufende Nummer, Streckenabschnitt, Bandposition, Hubhöhe) anlegen (sortiert Datensatz anhand Bandposition in Tabelle)
- Datensatz löschen (löscht Zeile aus Datensatz)
- Änderungen speichern
- Daten aktualisieren

3 Entwicklung eines Hardwarekonzeptes

Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Anforderungsanalyse werden im Folgenden die Hardwarekonfigurationen der Schubplattform und der zentralen Anlage entworfen. Hierbei werden geeignete HW-Komponenten für die Automatisierungslösung ausgewählt. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf den Preis und die Modularität (Austauschbarkeit von Komponenten) des Systems gelegt, da dieses System später auf ca. 150 Schubplattformen verbaut werden soll.

Die Vergleiche der Komponenten in Kapitel 3.2 und 3.3 basieren auf dem Interactive Catalog CA 01, das Katalog- und Bestellsystem für Automatisierungs- und Antriebstechnik der Siemens AG. Der Katalog enthält das Datenpaket Deutschland mit dem Stand vom 10/2016.

3.1 Grundkonzept

3.1.1 Steuerung

Um die im vorherigen Kapitel aufgestellten Forderungen umzusetzen, ist für die Steuerung des Hubtisches eine Hardware notwendig, welche die digitalen / analogen Eingänge erfasst, verarbeitet und die digitalen Ausgänge (Antriebstechnik) ansteuert (EVA – Prinzip). Um diese Aufgaben zu erfüllen, benötigen wir eine speicherprogrammierbare Steuerung von Siemens, da in der Automatisierungslösung möglichst alle Geräte von einem Hersteller sein sollten. Grundsätzlich gibt es drei Arten von speicherprogrammierbaren Steuerungen.

1. Hardware – SPS

Diese Form der SPS ist die am weitesten verbreitete Art. Im einfachsten Fall besteht sie aus einer Stromversorgung (PS), aus einem Steuerungsprozessor (CPU) und Ein- und Ausgabemodulen (Wellenreuther, et al., 2015 S. 9). Solche speicherprogrammierbaren Steuerungen haben eine robuste Bauform und eine hohe „mean time between failure“ (MTBF). Zusätzlich sind sie langlebig, wartungsfrei und können modular aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den PC – basierten Steuerungen, die nachfolgend noch näher erläutert werden, hat die Hardware – SPS und ihre Zubehörteile eine garantierte zeitliche Verfügbarkeit (Schunk GmbH & Co. KG, Lauffen

A.N., 2007). Durch diese Gründe ist die Hardware – SPS speziell für die Industrie und somit auch für die Daimler AG interessant, da sie durch ihre Eigenschaften Störungen und kostenintensiven Produktionsausfälle und Serviceeinsätze gering hält.

Die Hardware – SPS kann zudem noch in modulare und kompakte Steuerungen unterteilt werden. Modulare Steuerungen bestehen aus einer CPU und Ein- und Ausgabemodulen und sind beliebig erweiterbar. Kompakte Steuerungen besitzen „on board“ digitale Ein- und Ausgänge und je nach Typ auch Analogein- und ausgänge und unterschiedliche Schnittstellen. Diese Steuerungen sind jedoch eingeschränkt erweiterbar, dafür aber platzsparend gebaut. Sie sind für die dezentrale und prozessnahe Anwendung (verteilte Intelligenz) gedacht (Wikipedia - Autoren, 2017c).

2. Slot - SPS

Diese SPS ist eine Form der PC – basierten Steuerung und besteht aus einem PC, in dem eine Karte mit SPS – Funktionalität verbaut ist.

3. Soft – SPS

Die Soft – SPS ist die zweite Form der PC – basierten Steuerung. Sie besteht im Gegensatz zur Slot – SPS aus einem PC, auf dem die SPS softwareseitig realisiert ist.

Aus den zuvor genannten Gründen wird eine kompakte Hardware – SPS bei der Wahl eines Automatisierungsgeräts favorisiert. Dadurch sind die Schubplattformen intelligent und können sich eigenständig Daten holen und selbstständig handeln. Zudem wird der geringe Platz im Schaltkasten der SPF effizient genutzt.

3.1.2 Positioniersystem

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, soll die SPF an jeder beliebigen Bandposition eine Änderung der Hubhöhe vornehmen können.

Möglichkeit 1: RFID

Es wäre möglich, an den Bandpositionen, wo die Hubhöhenänderungen erfolgen sollen, RFID – Lesestellen und an den Schubplattformen RFID – Chips anzubringen. Jedoch ist, wie in Kapitel 2.5 beschrieben, aus Erfahrungen bekannt, dass es pro Band bis zu 20 Hubhöhenänderungen geben kann. Jedoch könnte man bei dieser Lösung, so wie jetzt auch, nur an den Stellen, an denen sich die RFID – Lesestellen befinden, die Hubhöhe ändern. Möchte man die Hubhöhenänderung an einer anderen Bandposition vornehmen, müsste man aufwendig die Lesestellen verschieben.

Möglichkeit 2: Barcodepositioniersystem

Es wird an die gesamten Bänder ein Barcodeband verlegt und alle SPFs werden jeweils mit einem Barcodelesegerät ausgestattet. So weiß die Schubplattform zu jeder Zeit, an welcher Bandposition sie sich befindet und kann somit an beliebigen Bandpositionen eine Änderung der Hubhöhe vornehmen.

3.1.3 Höhenmessung

Wie in Kapitel 2.2 erläutert, soll die Höhenmessung optisch erfolgen und möglichst wartungsfrei sein. Zusätzlich soll der Messwert absolut in mm gemessen werden. Durch diese speziellen Anforderungen bleibt bei der Auswahl der SICK Komponenten nur ein optischer Distanzsensor. Anderweitig wäre es möglich, die Hubhöhe relativ über den Antrieb oder mechanisch über einen Seillängengeber zu bekommen.

3.1.4 Anzeige

Für die Anzeige der Modellnummer, der Bandposition, der Hubhöhe und der Fehler, sowie der Handsteuerung, wie in Kapitel 2.2 erläutert, eignet sich eine platzsparende Displayeinheit mit 3 – 7 Segmentanzeige und Infrarot - Fernbedienung am besten. Über die Fernbedienung kann zudem die Handsteuerung des Hubtisches realisiert werden. Eine andere Lösung wäre ein Touchpanel. Die Auflösung der Panels ist viel größer als bei einer 7 – Segmentanzeige. Dadurch gibt es viel mehr Möglichkeiten, die gewünschten Größen anzeigen zu lassen. Jedoch ist es nicht möglich, das Panel über eine Fernbedienung zu steuern. Das Panel, welches wenige Zentimeter über dem Boden der Schubplattform angebracht wäre, müsste über das Touchfeld des Panels gesteuert werden. Das wäre unvorteilhaft. Zudem ist die Bedienung über eine Fernbedienung für die breite Masse einfacher als über ein Touchfeld. Hinzu kommt, dass ein Touchpanel zwar ähnliche Maße wie das Infrarotdisplay hat, jedoch eine größere Tiefe besitzt. Dies ist ein Nachteil, da im Schaltschrank nur wenig Platz ist. Preistechnisch ist das Display mit Fernbedienung etwas teurer als ein Touchpanel.

3.1.5 Kommunikation mit zentraler Steuerung

Wie in Kapitel 2.4 erläutert, soll die Kommunikation via Industrial – WLAN von Siemens erfolgen. Die Kommunikation kann entweder mit Antennen oder mit einem RCoax Cable, dem sogenannten Leckwellenleiter, aufgebaut werden. Da in der Halle viel Metall und Strahlung herrscht, ist der Aufbau mit Antennen, die in Deckennähe angebracht werden, unvorteilhaft, da nicht sichergestellt werden kann, dass die

übertragenen Informationen vollständig und richtig bei den Plattformen ankommen. Die andere Möglichkeit sieht vor, den Leckwellenleiter unter den SPF's zu verlegen, da die Entfernung geringgehalten wird und dort ebenfalls weniger Strahlung vorliegt.

Die Abbildung 3-1 zeigt den möglichen Aufbau des I-WLANs in der Halle.

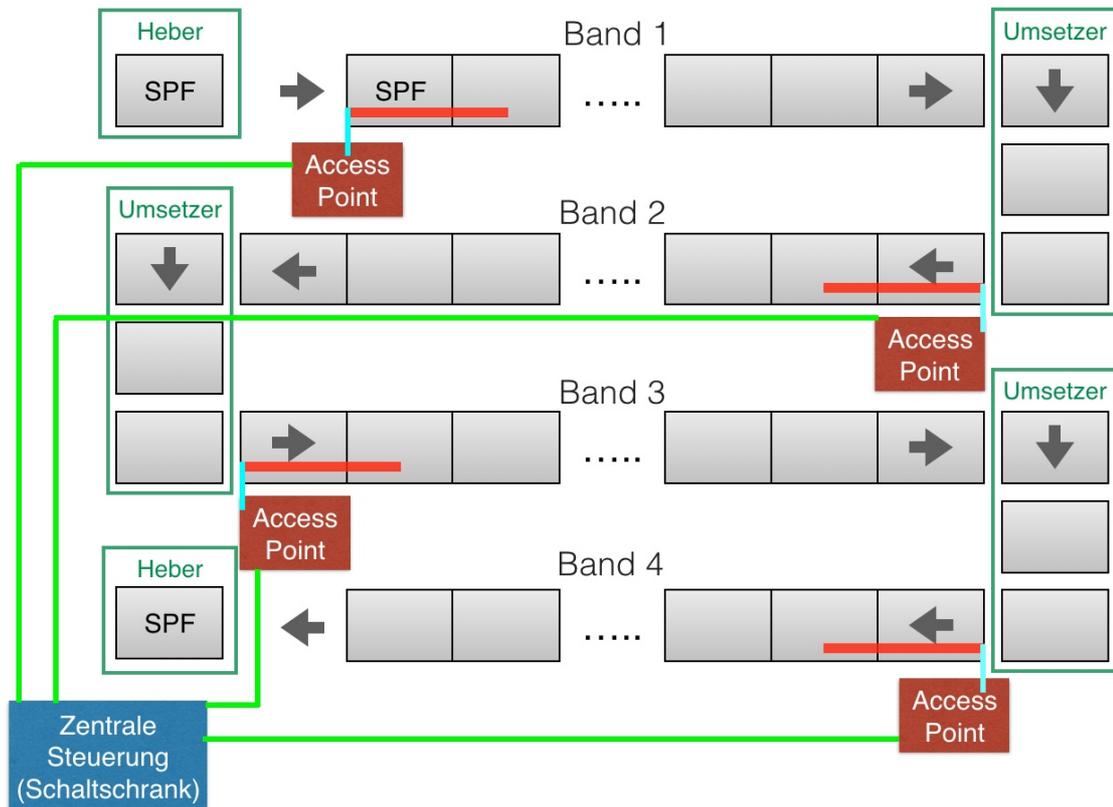


Abbildung 3-1: Möglicher Aufbau des Industrial WLANs

3.1.6 Hardwarekonzept

Aus den obengenannten Punkten lässt sich folgendes Hardwarekonzept aufstellen.

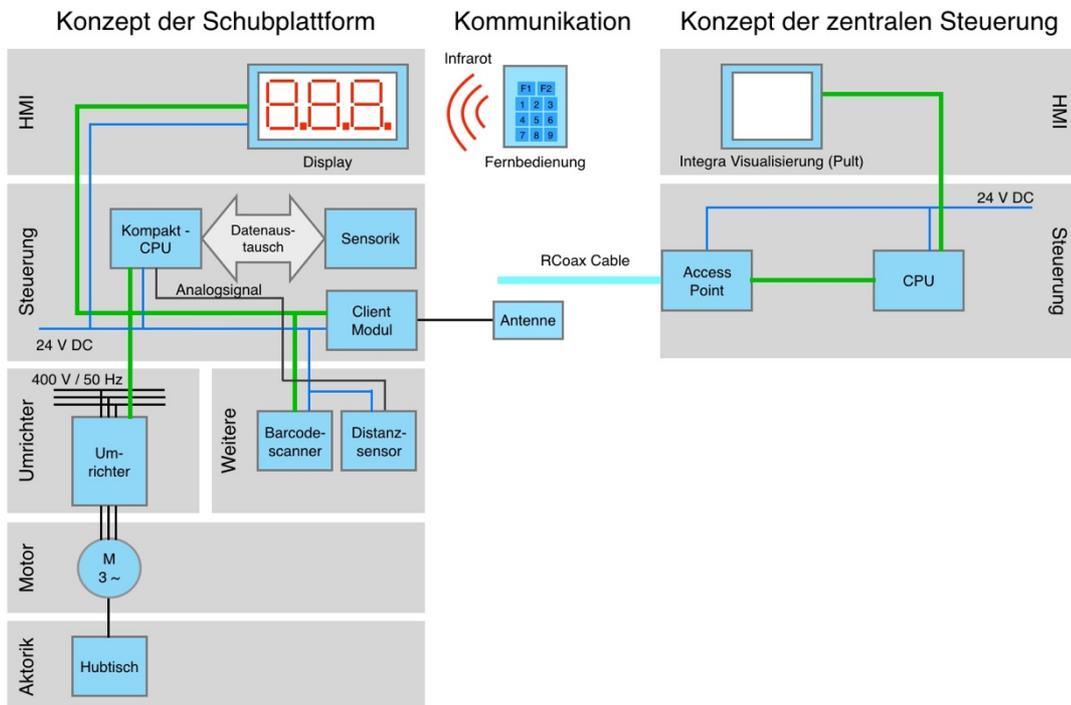


Abbildung 3-2: Hardwarekonzept

3.2 Schubplattform

3.2.1 Schaltkasten

Der Schaltkasten und der Umrichter sollen auf der Schubplattform an der kurzen Seite des Hubtisches sitzen. Die jetzigen Hubtische sind ca. 1,00 m breit und 0,30 m hoch. Für den Schaltkasten bedeutet dies, dass er maximal 0,60 m breit und 0,30 m hoch sein darf, da zur Seite noch Platz für den Umrichter bleiben muss. Wie in Kapitel 2.2 schon erwähnt, ist der Hubtisch erstmal nur mit induktiven Sensoren und Endlagenschaltern ausgestattet. Die Abbildung 3-3 zeigt den Aufbau des Hubtisches.

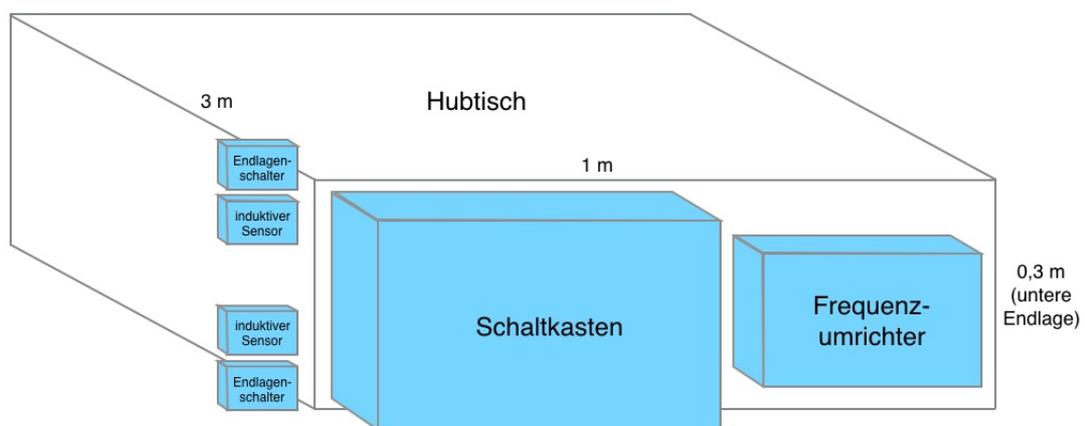


Abbildung 3-3: Aufbau des Hubtisches

3.2.2 Netzgerät und Puffermodul

Die SITOP Netzgeräte von Siemens bieten eine hohe Zuverlässigkeit und liefern geregelte 24 Volt und andere Ausgangsspannungen. Zudem bietet das Spektrum eine große Auswahl an Add-on Modulen, damit die 24 V bestens gegen Störungen aus dem Netz geschützt sind. Die SITOP Komponenten besitzen zudem einen Wirkungsgrad von 95 % (Siemens AG, 2016b).

Die kompakten SITOP modular Komponenten bieten 1-, 2- und 3-phasige Stromversorgungen für anspruchsvolle Lösungen. Der Weitbereichseingang ermöglicht den weltweiten Einsatz, da sie an jedes Netz der Welt angeschlossen werden können und auch bei großen Spannungsschwankungen für hohe Sicherheit sorgt. Die Netzgeräte liefern bei Überlast kurzzeitig bis zu dreifachen Nennstrom. Im Kurzschlussfall kann zudem zwischen konstantem Strom oder automatischem Wiederhochlauf gewählt werden. Durch den hohen Wirkungsgrad bleibt die Wärmeentwicklung gering (Siemens AG, 2016c).

SITOP smart ist die leistungsstarke Standardstromversorgung für Anlagen mit 24 V oder 12 V – Komponenten. Sie ist kompakt und schmal gebaut und benötigt keine

seitlichen Einbauabstände, welches für den Einbau in einen kleinen Schaltschrank von Vorteil ist. Zudem ist die Wärmeentwicklung durch den hohen Wirkungsgrad gering. SITOP smart bietet sowohl Komponenten für den 1-phasigen² als auch für den 3-phasigen Betrieb (Siemens AG, 2016d).

Die SITOP lite Komponenten sind für günstige einphasige Basisanforderungen im industriellen Umfeld konzipiert. Der Weitbereichseingang ermöglicht den Anschluss an verschiedene einphasige Versorgungsnetze und wird manuell umgeschaltet. Durch die schmale Baubreite können die Netzgeräte bestens im Schaltschrank integriert werden. Wie bei den modularen und smarten SITOP Komponenten besitzt diese hier ebenfalls einen hohen Wirkungsgrad und hält die Verlustwärme gering. Zudem besitzen diese Komponenten auch einen Kurzschluss- und Überlastschutz (Siemens AG, 2011).

Um kurzzeitige Netzausfälle bis zu 10 Sekunden, abhängig vom Ausgangsstrom, zu überbrücken, lassen sich einige Netzgeräte mit dem SITOP Puffermodul erweitern. Das Puffermodul lässt sich sowohl mit den SITOP modular und den SITOP smart Netzgeräten kombinieren. Für längere Ausfallzeiten gibt es weitere DC-USV – Module (Siemens AG, 2017d).

Auswahl eines geeigneten Netzgeräts

Gerätefamilie	Ausführung	Preis	Kompatibilität mit SITOP Puffermodul
SITOP modular	1-phasig, 24 V / 5 A	120,00 €	ja
	3-phasig, 24 V / 20 A	204,00 €	ja
SITOP smart	1-phasig, 24 V / 5 A	99,00 €	ja
	3-phasig, 24 V / 5A	120,00 €	ja
SITOP lite	1-phasig, 24 V / 5 A	65,00 €	nein
	3-phasig, 24 V / 5 A	n.v.	---

Es ist zu erkennen, dass nicht alle Gerätefamilien mit dem benötigten Puffermodul kompatibel sind. Zudem ist zu sehen, dass es bei der SITOP modular die 3-phasige Ausführung nicht als 5 A – Ausführung gibt, diese Gerätefamilie aber mit dem Puffermodul kompatibel ist. Vergleicht man die SITOP modular und SITOP smart, ist zu erkennen, dass die smart im unteren Preissegment liegt und in den gewünschten Ausführungen³ vorhanden ist.

² wird für den Testaufbau benötigt

³ später mehr zur Ausführung

3.2.3 Speicherprogrammierbare Steuerung

Im Nachfolgenden werden die Kriterien beschrieben, die für die Auswahl einer geeigneten SPS nötig sind. Im Anschluss werden die in Frage kommenden Produkte gegenübergestellt und eine Auswahl getroffen.

Kriterien

Preis: Der Preis ist ein wichtiges Argument, da das Ziel ist, möglichst günstig zu bleiben.

Modularität: Die SPS kann beliebig erweitert werden, jedoch sollte von Beginn an genug Reserve für mögliche Wünsche der Daimler AG gelassen werden, da auch der Schaltschrank keinerlei Reserve bietet.

Kommunikation: Das System unterstützt Industrial Ethernet / PROFINET und bietet hierfür Schnittstellen.

S7 – Kommunikation: Für das Industrial WLAN muss die S7 – Kommunikation unterstützt werden.

Programmiersprachen: Die Steuerung unterstützt die Programmiersprachen FUP und SCL. FUP spielt bei Daimler eine große Rolle und SCL gewinnt immer an Bedeutung, vor allem bei Schleifen und komplexen Rechnungen.

Auswahl der SPS nach den Kriterien

Gerätefamilie	Preis	Modularität	Profinet	S7	Sprachen
S7 – 300	Teuer	Mittel	Ja	Ja	Ja
S7 – 400	Teuer	Mittel	Ja	Ja	Ja
S7 – 1200	Günstig	Niedrig	Ja	Ja	Ja
S7 – 1500	Mittel	Mittel	ja	Ja	Ja

Tabelle 3-1: Vergleich der SIMATIC Controller

Aus diesen Erkenntnissen lässt sich schließen, dass eine 1200er Steuerung für die Hubtischsteuerung ausreichend ist.

3.2.4 Barcodescanner

Im Nachfolgenden werden die Kriterien beschrieben, die für die Auswahl eines geeigneten Barcodescanners wichtig sind. Im Anschluss werden die in Frage kommenden Produkte gegenübergestellt und eine Auswahl getroffen.

Kriterien

Preis: Möglichst preiswert.

Kommunikation: Der Scanner soll über Profinet kommunizieren.

Auswahl des Barcodescanners nach den Kriterien

Gerätefamilie	Preis	Kommunikation
OLM100	1013,00 €	CANOpen, seriell
OLM100 Hi	1145,00 €	CANOpen, seriell
OLM200	1515,00 €	Profinet

Tabelle 3-2: Vergleich der Barcodescanner

Aus den Vergleich der Barcodescanner ist zu erkennen, dass nur der OLM200 für die Positionserfassung gut geeignet ist, da er als einziger über Profinet kommuniziert.

3.2.5 Optischer Distanzsensor

Im Anschluss werden die Kriterien beschrieben, die für die Auswahl eines geeigneten Distanzsensors besonders wichtig sind. Danach werden möglichen Produkte gegenübergestellt und eine Auswahl getroffen.

Kriterien

Preis: Auch hier gilt, möglichst günstig.

Kommunikation: Da es von Sick keinen Distanzsensor gibt, der über Profinet kommuniziert, sollte der Sensor einen 0-10 Volt Analogausgang haben, um direkt als AI eingelesen werden zu können.

Messbereich: Der Messbereich liegt zwischen 200 mm und ca. 1000 mm. In diesem Bereich sollte die Auflösung optimal sein.

Auswahl des Distanzsensors nach den Kriterien

Gerätefamilie	Preis	Kommunikation	Messbereich
Dx35	401,00 €	ja	200 – 30.000 mm
Dx50	327,00 €	ja	200 – 20.000 mm
Dx50-2	745,00 €	ja	50 – 12.000 mm

Tabelle 3-3: Vergleich der Distanzsensoren

Aus den Kriterien und den verglichenen Distanzsensoren wurde ein Dx50 ausgewählt.

3.2.6 Infrarotdisplay mit Infrarotfernbedienung

Siemens bietet zwei Displays mit Infrarotfernbedienungen an. Davon besitzt nur das IRD 400 Display eine Kommunikation über Profinet. Das Display besitzt drei 7 – Segmentanzeigen, drei LEDs und eigene digitale Ein- und Ausgänge.



Abbildung 3-4: Infrarotdisplay IRD 400

3.3 Zentral

Als zentrale CPU ist eine CPU 319F-3 PN/DP bereits vorgegeben, auch das Netzgerät ist bereits vorhanden und muss somit nicht ausgewählt werden.

3.3.1 Access Point

Im Anschluss werden die Kriterien beschrieben, die für die Auswahl eines geeigneten Access Points besonders wichtig sind. Danach werden möglichen Produkte gegenübergestellt und eine Auswahl getroffen.

Kriterien

Preis: Der Preis ist bei der zentralen Steuerung nicht ganz so wichtig, jedoch sollte der Access Point nur die Funktionen haben, die auch benötigt werden.

Ort: Der Access Point muss im Innenbereich betrieben werden.

Radio: Mögliche Anschlüsse von Antennen, die voneinander unabhängig sind

Auswahl der Access Points nach den Kriterien

Gerätefamilie	Preis	Ort	Radio
W788 RJ45	920 €	Schaltschrank	1
W788 M12	1120 €	Innenbereich	1
W788 M12 EEC	1640 €	Erweiterte Umgebungsbed.	2
W786 RJ 45	1230 €	Schaltschrank	1
W774 M12 EEC	1120 €	Erweiterte Umgebungsbed.	1

Tabelle 3-4: Vergleich der Access Points

Aus der Auswahl der Access Points wurde anhand relevanter Kriterien der Access Point W788-1 M12 für den Innenbereich ausgewählt.

3.4 Industrial - WLAN

Die weiteren WLAN Komponenten wurden anhand dem folgenden, für dieses Projekt passenden, Beispiels der Siemens AG ausgewählt.

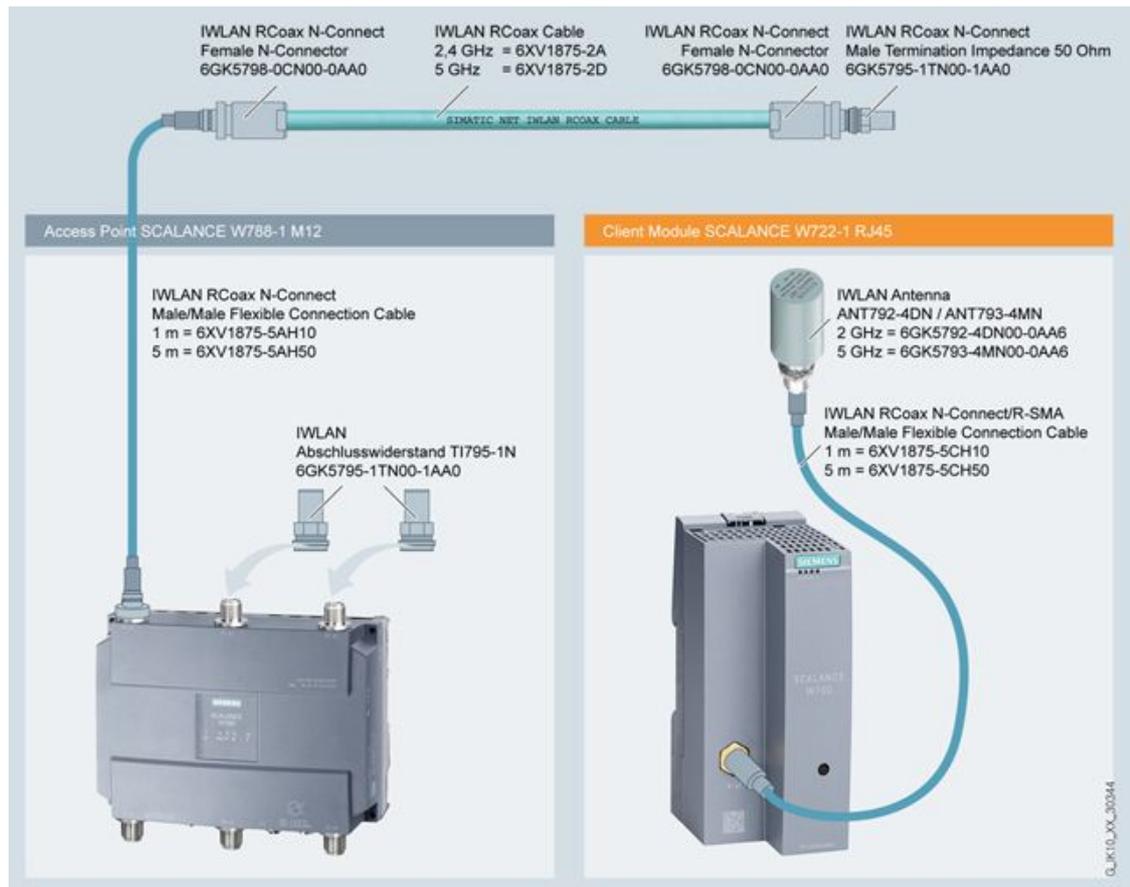


Abbildung 3-5: IWLAN - Auswahl aller Komponenten

4 Entwicklung und Implementierung der Software

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Software für die Schubplattformen sowie für die zentrale Steuerung erläutert. Die Entwicklung unterteilt sich in das Grobdesign, wo die Programm- und Datenstruktur festgelegt wird, und dem Feindesign, bei dem die einzelnen Funktionen genauer beschrieben werden. Abschließend wird ein kurzer Einblick in die Erstellung der Integra-Visualisierung gegeben. Diese wird in dieser Arbeit, wie vorher schon erwähnt, nicht vollständig und mit allen möglichen Funktionen ausgeführt. Sie ist eher als Ausblick zu betrachten. Die Implementierung der Software für die SPFs erfolgt Engineering Framework TIA Portal der Siemens AG. Die Software der zentralen Steuerung wird der SIMATIC Step 7 Software implementiert. Beide werden im Folgenden kurz vorgestellt.

4.1 Software für die Schubplattformen

4.1.1 Einführung in das TIA Portal

Das Totally Integrated Automation Portal (kurz: TIA Portal) der Siemens AG ermöglicht den vollständigen Zugriff auf die gesamte digitalisierte Automatisierung. Dazu gehört die digitale Planung, das integrierte Engineering sowie der transparente Betrieb. Somit gewährleistet das TIA Portal ein hohes Maß an Produktivität und Effizienz.

Das Hauptaugenmerk liegt bei dem Zusammenspiel aller Automatisierungskomponenten. Dazu gehören speicherprogrammierbare Steuerungen, die dezentrale Peripherie, Antriebskomponenten sowie Visualisierungen. Das TIA Portal bietet zudem höchste Transparenz von der Unternehmens- bis in die Feldebene. Diese offene Systemarchitektur deckt den gesamten Produktionsprozess ab und setzt auf konsistente Datenhaltung, weltweite Standards und einheitliche Schnittstellen bei der Hard- und Software (Siemens AG, 2017a). Um diese Bestrebungen zu erfüllen, bietet die Siemens AG ein breit aufgestelltes Produktportfolio an. Dieses Portfolio bietet laut Siemens für alle Anforderungen der Automatisierung ein passendes Produkt. Somit wird eine hohe Durchgängigkeit und Einheitlichkeit der Komponenten ermöglicht.

Für diese Bachelorthesis wird die TIA Portal Version V13 Servicepack 1 Update 9 verwendet, welche die Softwarepakete STEP 7 Professional V13 SP 1 Update 9 für die

Projektierung der Steuerungen und SINAMICS Startdrive V13 SP 1 Update 9 zur Antriebsprojektierung umfasst.

4.1.2 Grobdesign

Allgemeine Erstellung von Anwenderprogrammen in der S7-1200

Die S7-1200 unterstützt die folgenden Bausteinarten für den Aufbau einer geeigneten Struktur ihres Anwenderprogramms:

- Organisationsbausteine (OBs) legen die Programmstruktur fest. Es gibt Anlauf – OBs und Zyklus – OBs. Desweiteren kann ein OB auch einem Alarmereignis zugeordnet werden, das ein Standard- oder ein Fehlerereignis sein kann. Er wird dann ausgeführt, wenn das entsprechende Ereignis eintritt.
- Funktionen (FCs) und Funktionsbausteine (FBs) enthalten den Programmcode, der den jeweiligen Aufgaben oder Parametrierungen entspricht. Jede FC bzw. jeder FB stellt eine Anzahl Ein- und Ausgangsparameter für die gemeinsame Nutzung der Daten mit dem aufrufenden Baustein bereit. Ein FB verwendet ferner einen weiteren Datenbaustein (Instanz-DB) für die Speicherung von Zustandswerten während der Ausführung, die von anderen Bausteinen im Programm verwendet werden können.
- Datenbausteine (DBs) speichern Daten, die von den Programmbausteinen verwendet werden können.

Die Ausführung des Anwenderprogramms beginnt mit einem oder mehreren optionalen Anlauf-OBs, die nach dem Wechsel in den Betriebszustand RUN einmal abgearbeitet werden, gefolgt von einem oder mehreren Zyklus-OBs, die zyklisch abgearbeitet werden.

Das TIA Portal bietet bei Datenbausteinen die Möglichkeit die Daten übersichtlich festzulegen und über den optimierten Bausteinzugriff, die Programmlaufzeit zu verringern. Jedoch muss bei der Arbeit mit absoluten Adressen oder Pointern, wie es z.B. bei den Bausteinen PUT und GET gefordert wird, der optimierte Bausteinzugriff deaktiviert werden.

Entwicklung modularen Programm- und Datenstruktur

Eine modulare Programm- und Datenstruktur erfordert, dass das Programm in einzelne Softwaremodule unterteilt ist, welche in sich geschlossen sind und auf die

Funktionalitäten und Daten einer bestimmten Aufgabe zugeschnitten sind. Dabei soll möglichst eine Kommunikation zwischen einzelnen Modulen (Querkommunikation) verhindert werden. Sie können miteinander über die globalen Daten kommunizieren.

Da es sich bei der Hubtischsteuerung um eine in sich geschlossene Anlage handelt und es in dem Sinne keine einzelnen Module gibt, konnte die modulare Programmstruktur nicht durchgehend umgesetzt werden. Jedoch wurde die Steuerung in Teilbereiche zerlegt, bei denen es dennoch zu ein bisschen Querkommunikation kommt. Im TIA Portal ist es möglich, Bausteine zu gruppieren und sortieren. Deshalb wurden für die einzelnen Teilbereiche solche Gruppen angelegt und die FCs und DBs zugehörig sortiert (s. Bausteinordner in Abbildung 4-1).

Das TIA Portal enthält die Funktion, Bausteine automatisch durchzunummerieren. Dieses war jedoch nicht gewünscht, weshalb jede Gruppe ihren eigenen Nummernbereich in Hunderterabständen besitzt. Bei Untergruppen (z.B. bei der Displayanzeige) wird der Nummernbereich in Zehnerabständen gewählt. Zum Beispiel hat die Gruppe Fehler und Warnungen die Bausteinnummern 300 bis 399. Weiter haben die allgemeinen Daten des Ordners Displayanzeige den Bereich 600 bis 609, sowohl bei den FCs / FBs als auch bei den DBs und OBs. Der Unterordner Anzeige hat den Bereich 610 bis 619 und der Unterordner LED wiederum hat 620 bis 629. Die Systembausteine wurden nicht manuell nummeriert, da sie in einem Ordner liegen, in dem nur Systembausteine vorhanden sind und nicht in die Gruppen sortiert werden können.

Remanente Daten

Remanente Daten sind Daten, deren Werte nach einem Kaltstart / Warmstart noch vorhanden sind. Diese werden zwingend benötigt, damit die Schubplattform ihre eigene Nummer, die Bandpositionen aller einzelnen Bänder (Bandanfang, Bandende usw.), Fehlernummern / Warnungsnummer usw. behält.

Benötigte Softwarebausteine

Wie oben erwähnt, wurden die Bausteine in Gruppen gegliedert. Die erste Gruppe, die sich ergibt sind die globalen Daten. Diese beinhaltet den Main – OB sowie den Anlauf – OB. Zusätzlich sind dort die globalen Datenbausteine abgelegt. Dazu gehören die Daten der Schubplattform mit Schubplattformnummer, Modellnummer, Status etc., die Hubtabelle mit Positionen und Hubhöhen, allgemeine Signale und den Status / Anweisungen der zentralen CPU. Mit diesen Daten wird auch hauptsächlich über PUT

und GET kommuniziert, mit Ausnahme der Bandpositionen. Außerdem ist ein globaler FC erforderlich, welcher die globalen Signale und die Ausgänge steuert. Zudem wird für den Automatikbetrieb ein FC benötigt, der den Hubtisch steuert.

Die zweite Gruppe bilden die Kommunikationsbausteine, welche mit der zentralen CPU über das Industrial WLAN kommunizieren. Darin ist eine Funktion, welche den Kommunikationsablauf steuert und die einzelnen Bausteine, um sich die benötigten Daten zu holen und diese an den richtigen Orten zu speichern. Zusätzlich wird noch ein DB für die Statusmeldungen, die Fehler etc. der PUT und GET Bausteine angelegt, um bei Problemen nicht in den Systembausteinen nachgucken zu müssen.

Als Nächstes wird eine Gruppe mit Fehlern und Warnungen gebraucht. Hier gibt es einen Datenbaustein für die Fehler und einen für die Warnungen. Dazu jeweils einen FC für die Fehler und für die Warnungen, um diese zu deklarieren. Um auf dem Display die aktuellen anstehenden Fehler und Warnungen zu sehen, gibt es Bausteine, die die Nummer des ersten anstehenden Fehlers / der ersten anstehenden Warnung ermitteln sowie Bausteine, um bei mehreren Fehlern / Warnungen diese Nummern durchblättern zu können.

Im Teil Bandpositionen gibt es einen Datenbaustein mit den Bandpositionen der Bänder sowie einen FC, um die aktuelle Bandposition vom Barcodescanner im richtigen Format für die spätere Verwendung abzuspeichern.

Zusätzlich gibt es eine Gruppe für die Hubhöhe, in der ein Datenbaustein mit den Hubhöhen, ein FC für die Umrechnung der Hubhöhe vom Distanzsensoren und ein FC für die Bestimmung der Sollhubhöhe aus der Hubtabelle liegen.

Zu guter Letzt wird die Gruppe Displayanzeige benötigt. Hier wird alles rund um das Infrarotdisplay gespeichert und gesteuert. Das Display benötigt, wie die globalen Daten auch, einen DB und FC für Signale rund um das Display sowie einen DB mit den Zeichen, welche auf dem Display angezeigt werden können. Hier werden die Zeichen mit Startwerten versehen, sodass immer das benötigte Zeichen angezeigt werden kann. Diese Gruppe wurde nun nochmal in Untergruppen zerteilt. Der erste Unterordner ist für die Anzeige selbst. Dort gibt es FCs für jede einzelne Anzeige, sowie einen FC, der die Anzeigen steuert. Die zweite Untergruppe beschäftigt sich mit den LEDs des Infrarotdisplays. Je nach Betriebsart werden unterschiedliche LEDs angesteuert. Dafür wird der FC_LEDs_ansteuern vorgesehen. Zudem gibt es einen Datenbaustein, in dem die Parameter des Bausteins WRREC, welcher letztendlich die LEDs steuert, hinterlegt sind, um im Fehlerfall nicht in den Systembausteinen nachgucken zu müssen. Der letzte Unterordner ist für weitere Bausteine gedacht, wie z.B. den

FC_Umrechnung_Zahl_Zeichen, welcher Zahlen in Zeichen, die auf dem Display angezeigt werden können, umrechnet.

In dem Entwicklungsprojekt im TIA – Portal wurde folgende Baueinstruktur mit den entsprechenden Bausteingruppen und den benötigten Bausteinen angelegt. Die Bausteine wurden direkt der Bausteingruppe hinzugefügt.

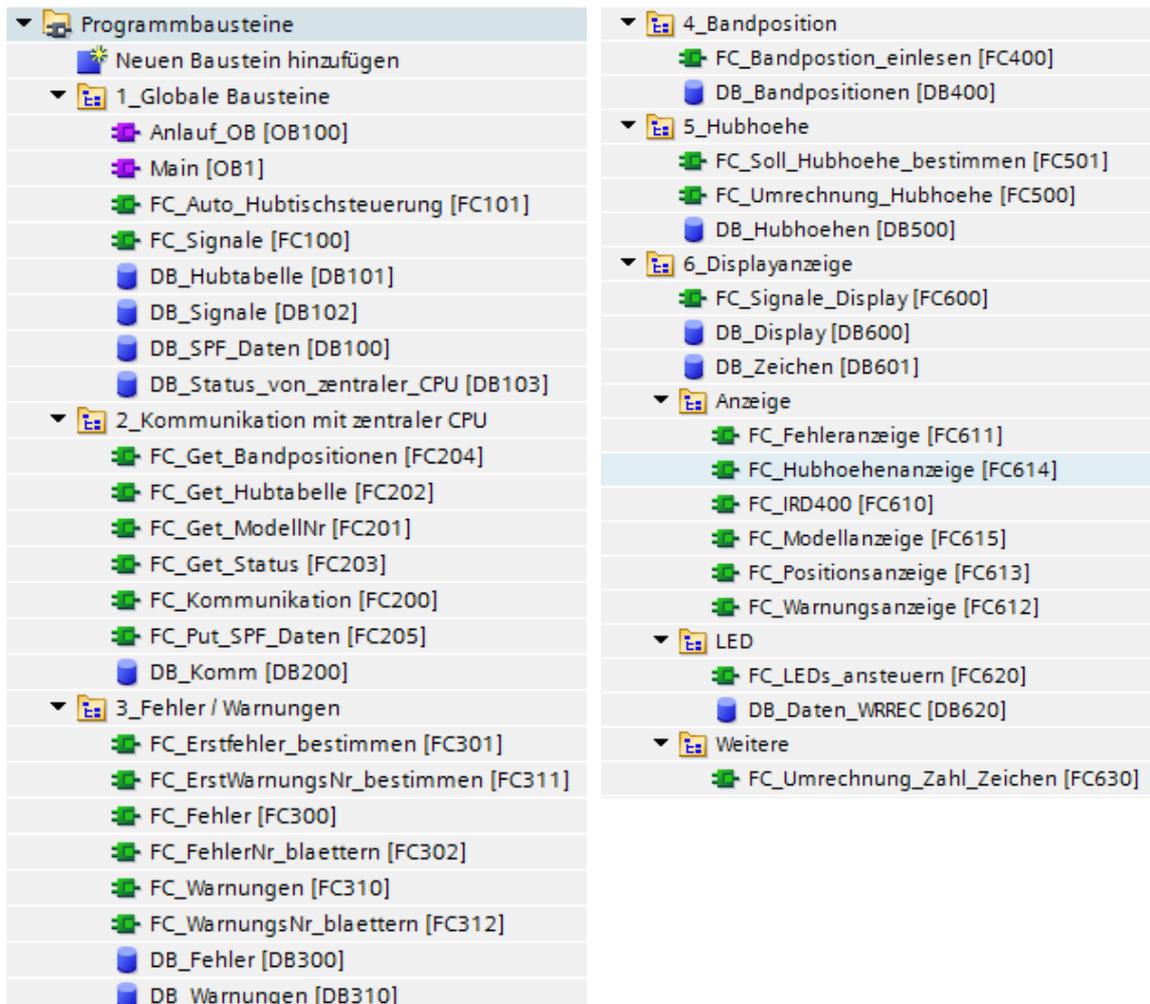


Abbildung 4-1: Baueinstruktur im TIA Portal

4.1.3 Feindesign

In diesem Unterkapitel werden die Überlegungen und Kerngedanken zu der Entwicklung der einzelnen Bausteine näher erläutert. Hierzu gehört auch die Begründung der Wahl der Programmiersprache. Als Hilfsmittel zur Softwareentwicklung werden Programmablaufpläne, Struktogramme sowie UML

Charts eingesetzt. Um die komplette Software detailliert zu betrachten, muss das kommentierte Anwenderprogramm aus dem Anhang eingesehen werden.

Wahl der Programmiersprache

Zur Erstellung von Anwenderprogrammen stehen laut DIN EN 61131-3 fünf Programmiersprachen zur Verfügung. Davon sind zwei Sprachen auf textueller Basis (AWL und SCL), zwei grafische (KOP und FUP) und eine Ablaufsprache (AS). Davon unterstützt die CPU 1200er lediglich KOP, FUP und SCL.

Zur Auswahl stehen für die Programmierung des Anwenderprogramms FUP und SCL zur Auswahl. SCL eignet sich hierbei besonders für die Programmierung komplexer Algorithmen und mathematischer Funktionen (Wellenreuther, et al., 2015 S. 350). Die Beobachtung der SCL – Bausteine ist nicht übersichtlich und servicefreundlich, deshalb sollte SCL in Bausteinen verwendet werden, die einfach gehalten sind (Zuweisungen, IF - Abfragen) und in Bausteinen, auf die im Servicefall selten zugegriffen werden muss. FUP hingegen eignet sich bei logischen Verknüpfungen. Ein Vorteil dieser Programmiersprache liegt in der Gliederung in einzelne Netzwerke und in der Online – Beobachtung. Diese ist bei FUP - Bausteinen besonders servicefreundlich.

Globale Bausteine

Anlauf_OB

Der Anlauf-OB dient zur Auswahl einer Betriebsart und einer Anzeige, wenn beim CPU - Neustart keine Betriebsart und / oder keine Anzeige ausgewählt sind. Vorrangig werden die Betriebsart „Automatikbetrieb“ und die „Positionsanzeige“ gesetzt.

OB_Main

Der OB_Main dient zum zyklischen Aufrufen der Funktionen.

DB_SPF_Daten

Dieser Datenbaustein enthält alle wichtigen Informationen zu der Schubplattform. Aufgebaut ist der DB wie folgt:

- eine Integer-Variable für die Schubplattformnummer
- eine Integer-Variable für die aktuelle Bandnummer
- eine Integer-Variable für die aktuelle Modellnummer
- diverse Statusbits der Schubplattform
- eine Integer-Variable für die Erstfehlernummer
- eine Integer-Variable für die erste anstehende Warnungsnummer
- sowie Reserve, falls später noch weitere Daten zur zentralen CPU kommuniziert werden sollen

DB_Hubtabelle

Die Hubtabelle enthält die aktuelle Modellnummer und die Bandnummer an der sich die Schubplattform derzeit befindet sowie alle 20 Einträge der Hubtabelle für das Modell und das Band. Jeder Eintrag enthält eine Bandposition [DINT] sowie eine Hubhöhe [INT]. Die Bandposition gibt an, an welcher Position die Hubhöhe erneut geändert werden soll und die Hubhöhe ist die neue Soll-Hubhöhe, die angefahren werden soll.

DB_Signale

Dieser Datenbaustein enthält alle Signale, die für den Programmablauf notwendig sind. Dazu gehören u.a. die Betriebsarten und die Anforderungen, den Hubtisch zu heben / senken.

DB_Status_von_zentraler_CPU

In diesem Datenbaustein liegen Anweisungen von der zentralen CPU. Dies ist z.B. der Fall, wenn Bandpositionen in der zentralen Steuerung geändert wurden. Dort liegen 8 Statusbits sowie neun Reservebytes.

FC_Auto_Hubtischsteuerung

Der Baustein dient dazu, im Automatikbetrieb den Hubtisch abhängig von Soll- und Ist-Hubhöhe und einer anpassbaren Hysterese [mm] zu steuern.

Kommunikation zwischen CPU_SPF und zentraler CPU

Die Kommunikation zwischen beider CPUs erfolgt jeweils am Bandanfang über die Bausteine PUT und GET.

FC_Kommunikation

Der FC_Komm regelt den Ablauf der Kommunikation und ruft die weiteren Bausteine auf, welche selbstständig aus den globalen Daten die Startadressen / Zieladressen berechnen und die GET / PUT Bausteine mit den jeweiligen Adressen aufrufen.

Zu Beginn jedes Bandes werden die fehlenden Daten von der zentralen CPU geholt. Sobald die CPU auf der Schubplattform die Daten hat, schreibt sie ihren eigenen Status in die zentrale CPU. Hierbei ist darauf zu achten, dass jede Schubplattform nicht in die gleichen Bereiche auf der zentralen CPU schreibt, sondern jede Schubplattform ihren eigenen Bereich zum Schreiben hat.

In dem DB_Bandpositionen steht, an welchen Positionen die Bänder beginnen, von wo bis wo die Kommunikationsbereiche gehen, an welcher Position die Statusbits zurückgesetzt werden und die Positionen des Bandendes. Über die Bandpositionen weiß die Schubplattform, wann sie kommunikationsbereit ist. Die Bandpositionen werden auf der zentralen CPU gespeichert, um dort ggf. abgeändert werden zu können,

falls es Änderungen an den Bändern gibt. So wird verhindert, dass die Bandpositionen einzeln auf 150 SPFs angepasst werden müssen.

Mit dem FC_Get_ModellNr holt sich die SPF am Band 1 aus dem DB_SPF_BR auf der zentralen Steuerung die aktuelle Modellnummer von ihrem Modell und speichert sie in „ModellNr“ im DB_SPF_Daten ab. Die Startadresse berechnet sich aus der Schubplattformnummer. Anschließend wird mit Modellnummer und Bandnummer die Startadresse für die benötigte Hubtabelle berechnet. Diese wird dann aus dem DB_Hubtabelle_gesamt von der zentralen CPU geholt und in DB_Hubtabelle abgespeichert. Die Hubtabelle beinhaltet die Bandpositionen und Hubhöhen für das aktuelle Modell und das aktuelle Band. Nach der Modellnummer und der Hubtabelle wird auch noch der Status der zentralen CPU geholt. Hier können über Statusbits Anforderungen an die SPF gestellt werden. Dies kann z.B. das Bit „Bandposition geändert“ sein. Dadurch weiß die Schubplattform, dass sie sich im nächsten Kommunikationsbereich die neuen Bandpositionen von der zentralen Steuerung holen muss. Ein weiteres Beispiel wäre das Bit „Kreisen“. Dies ist eine Funktion der gesamten Anlage, bei der alle SPFs einmal durch alle Bänder kreisen und an ihrem Ausgangspunkt wieder anhalten müssen. Diese wurde derzeit noch nicht implementiert. Nachdem die SPF sich den Status geholt hat, muss sie sich, sofern die Bandpositionen geändert wurden, diese holen. Die Abfrage muss nach dem Holen des Status von der zentralen CPU implementiert werden, damit die SPF am jetzigen Band auf die Statusbits reagiert und nicht erst am darauffolgenden Band. Abschließend schreibt die Schubplattform ihre eigenen Status in den für sie vorgesehenen Bereich in der zentralen CPU. Der Status enthält die aktuelle Modellnummer, die aktuelle Bandposition, einige Statusbits (kommunikationsbereit, Modell_Nr geholt, Hubtabelle_geholt, Bandpositionen_geholt usw.), die anstehende Erstfehlernummer und die anstehende Erstwarnungsnummer. Der Status enthält noch Reserve zur Erweiterung.

Wenn die Schubplattform die Position „Reset Status“ erreicht, werden die eben genannten Statusbits für den nächsten Bandeinlauf zurückgesetzt.

Der Ablauf wird nachfolgend in Abbildung 4-2 grafisch dargestellt.

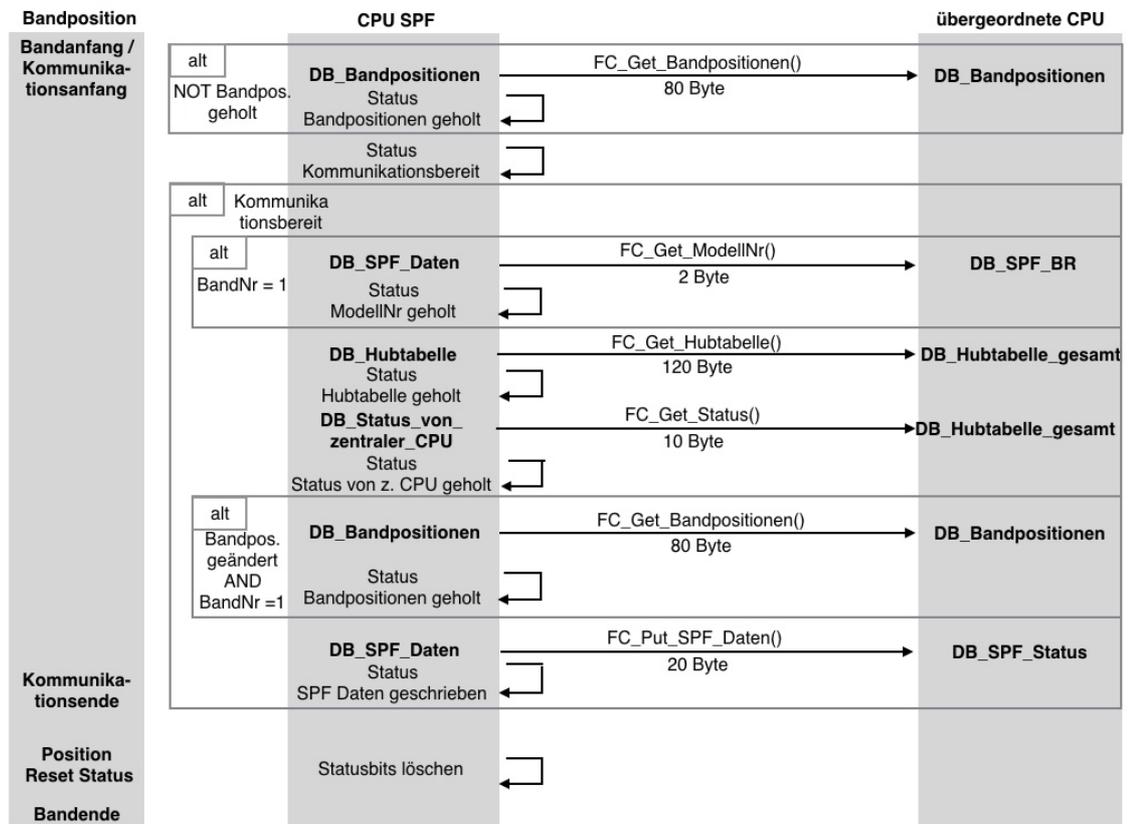


Abbildung 4-2: Ablauf der Kommunikation zwischen beiden CPUs

Fehler und Warnungen

Die Fehler sind unterteilt in quittierpflichtige und selbstquittierende Fehler. Alle Fehler, die im `DB_Fehler` gespeichert sind, werden im `FC_Fehler` zugewiesen. Quittiert werden die Fehler über die Infrarotfernbedienung⁴. Im `FC_Erstfehler_bestimmen` wird die Fehlernummer des ersten anstehenden Fehlers bestimmt und abgespeichert. Diese Nummer wird angezeigt, sobald der Fehlerbetrieb aktiviert wird⁵. Liegen mehrere Fehler vor, können diese über die Infrarotfernbedienung weitergeblättert werden. Hierfür ist die Funktion „FehlerNr_blättern“. Sie bestimmt, ähnlich wie bei der Funktion „Erstfehler_bestimmen“, den nächsten anstehenden Fehler und dadurch die nächste Fehlernummer.

⁴ Tastenkombinationen und Erklärungen werden später beim Display näher erläutert.

⁵ dazu mehr bei der Anzeige

FC_Erstfehler_bestimmen

Zu Beginn der Funktion wird zyklisch abgefragt, ob ein Fehler vorliegt. Sobald der Fehlerbetrieb gesetzt wird, kommt der Impuls_Fehler, welcher eine Kette von weiteren Anweisungen anstößt. Die Abbildung 4-3 zeigt den Programmablaufplan für die beschriebene Funktion.

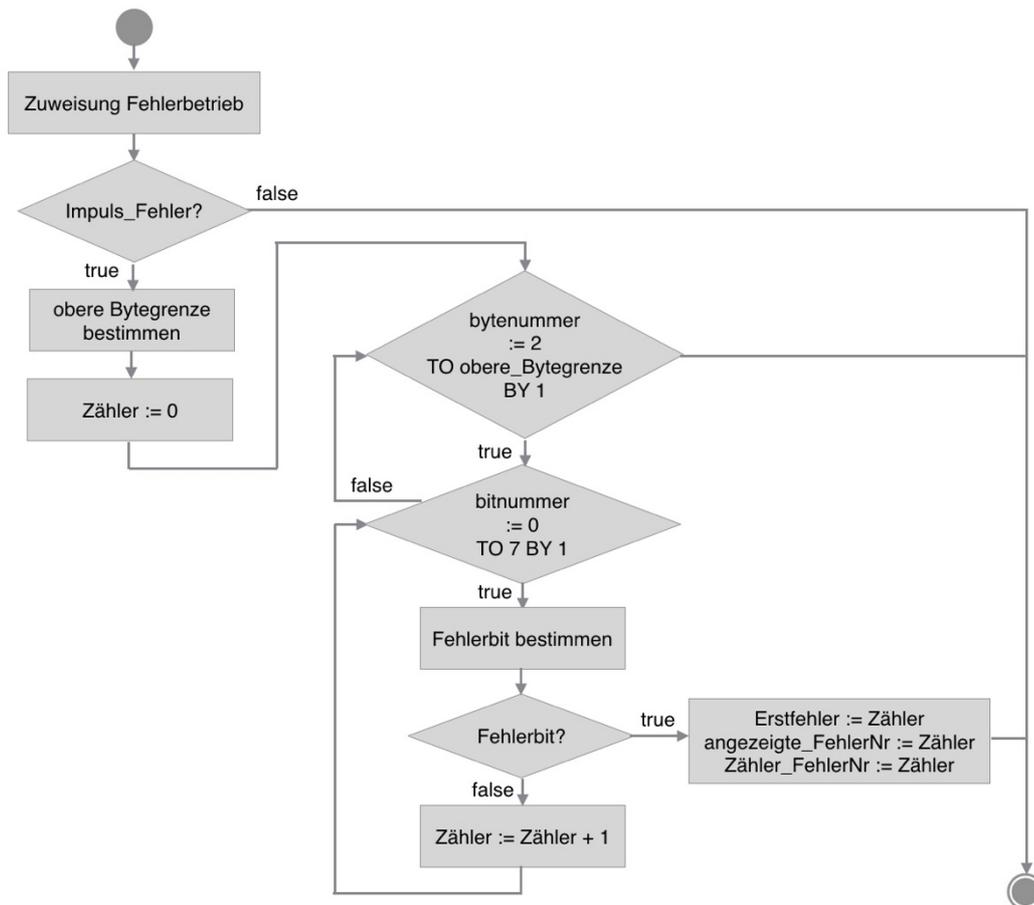


Abbildung 4-3: FC_Erstfehler_bestimmen

FC_FehlerNr_blaettern

Das Blättern der Fehlernummer funktioniert ähnlich wie das Bestimmen der ersten Fehlernummer. Jedoch beginnt die Schleife bei dem ersten anstehenden Fehler und wenn die Schleife bei der größtmöglichen Fehlernummer angelangt ist, beginnt sie die Suche nach dem nächsten anstehenden Fehler wieder von der kleinsten Fehlernummer.

Warnungen

Die Warnungen auf der Schubplattform sind genauso aufgebaut wie die Fehler, nur, dass alle Warnungen selbstquittierend sind. Es gibt einen Datenbaustein mit den Warnungen und einen FC_Warnungen, in dem die Warnungen zugewiesen werden.

Die Erstwarnungsnummer wird mit dem FC_ErstWarnungsNr_bestimmen bestimmt. Stehen mehrere Warnungen an, können die Warnungsnummer mit der Fernbedienung weitergeblättert werden. Bei dieser Funktion wird die nächste anstehende Warnungsnummer mit dem FC_WarnungsNr_blaettern bestimmt. Diese Bausteine funktionieren wie die Fehlerbausteine. Sie wurden lediglich an die Variablen der Warnungen angepasst.

Bandposition

Der Barcodescanner gibt die Position in mm an die CPU weiter. Diese wird im FC_Bandposition_einlesen lediglich gespeichert, wenn sie größer 0 ist, da sonst bei Spannungsverlust Probleme in der Steuerung auftreten.

DB_Bandpositionen

In dem DB_Bandpositionen steht, an welchen Positionen (alles DINT) die Bänder beginnen, von wo bis wo die Kommunikationsbereiche gehen, an welcher Position die Statusbits zurückgesetzt werden und die Positionen des Bandendes.

Hubhöhe

DB_Hubhoehen

In dem Datenbaustein werden die Ist-Hubhöhe sowie die Endlagenpositionen und weitere Werte, die die Höhe betreffen, gespeichert.

FC_Umrechnung_Hubhoehe

Der Distanzsensor hat einen 0 bis 10 V Analogausgang. Somit gibt der Sensor einen INT Wert zwischen 0 und 27648 aus.

Der Sensor ist auf 200 mm (entspricht 0 V) und 1000 mm (entspricht 10 V) parametrierd. Somit kann eine lineare Gleichung zur Berechnung der Hubhöhe aufgestellt werden.

FC_Soll_Hubhoehe_bestimmen

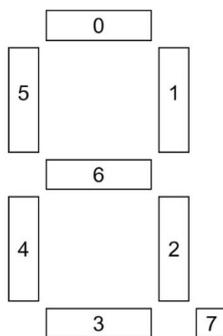
Diese Funktion durchsucht die Hubtabelle von oben nach unten nach dem Positionsbereich, in dem sich die SPF befindet und bestimmt, wenn der Bereich gefunden wurde, die Soll – Hubhöhe aus der Hubtabelle.

Display

In dieser Gruppe werden alle Funktionen rund um die Anzeige und die LEDs gesammelt. Sie hat zudem einen eigenen DB und FC mit Signalen und einen DB mit den Zeichen für die Anzeige.

DB_Zeichen

Der DB_Zeichen enthält Zahlen und Buchstaben, die mit den jeweiligen Startwerten [BYTE] hinterlegt sind. Die Startwerte lassen sich mit folgender Abbildung 4-4 bestimmen.



Beispiele:

Binär-Code								Hex-Code	Symbol
7	6	5	4	3	2	1	0	<i>Bitposition</i>	
0	0	1	1	1	1	1	1	0x3F	"0"
0	0	0	0	0	1	1	0	0x06	"1"
0	1	0	1	1	0	1	1	0x5B	"2"
0	1	0	0	1	1	1	1	0x4F	"3"
0	1	1	0	0	1	1	0	0x66	"4"
0	1	1	0	1	1	0	1	0x6D	"5"

Abbildung 4-4: Bestimmung der Startwerte für die Zeichen

FC_IRD400

Dieser Baustein ruft, je nach gewählte Anzeige, den FC für diese Anzeige auf. Die Abbildung 4-5 zeigt den Programmablaufplan für die beschriebene Funktion.

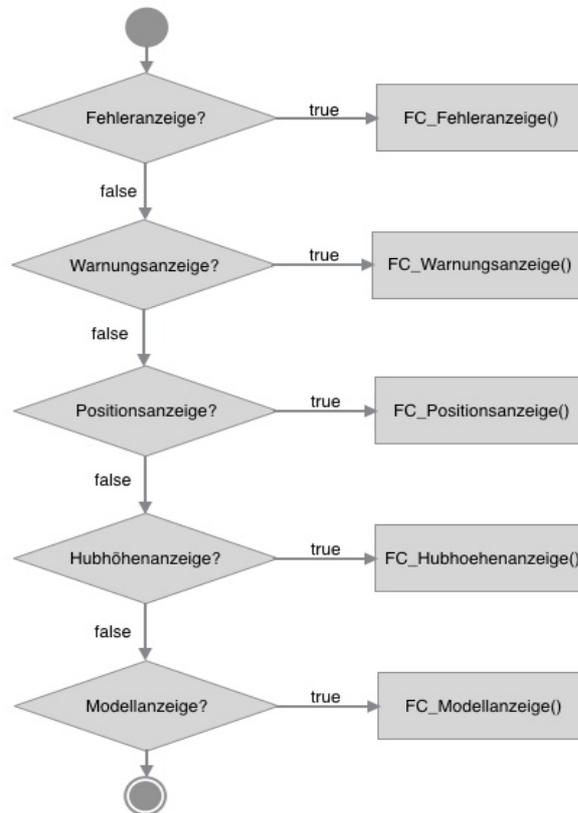


Abbildung 4-5: FC_IRD400

FC_Fehleranzeige, FC_Warnungsanzeige, FC_Modellanzeige

Für die Fehler-, Warnungs- und Modellanzeige wird folgender Programmablauf aufgerufen (s. Abbildung 4-6). Die Zahl wird zuerst in Zeichen umgerechnet und anschließend ausgegeben.

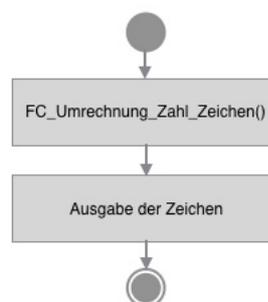


Abbildung 4-6: FC_Fehleranzeige, FC_Warnungsanzeige, FC_Modellanzeige

FC_Hubhoehenanzeige

Die Hubhöhenanzeige beginnt zunächst gleich. Jedoch wird durch einen Blinktakt abwechselnd das „H.“ und die Ist – Position angezeigt (s.).

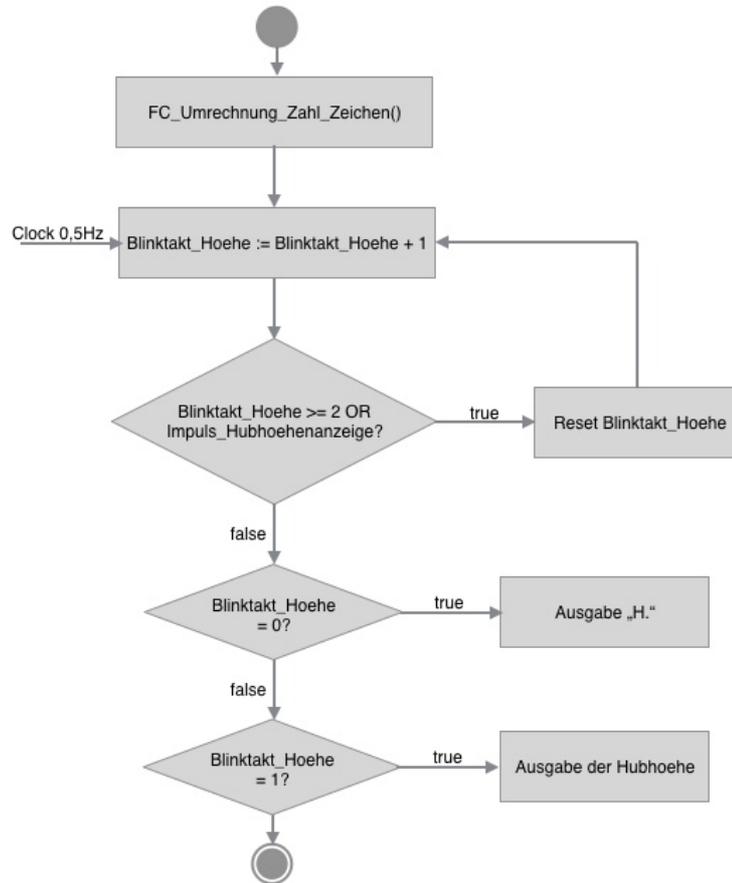


Abbildung 4-7: FC_Hubhoehenanzeige

FC_Positionsanzeige

Die Positionsanzeige funktioniert mit dem Blinktakt wie die Hubhöhenanzeige. Zusätzlich ist aber eine Abfrage der Stellen programmiert, damit der Blinktakt bei kleinen Zahlen (Stellen kleiner gleich 3) zwischen „P.“ und Ist – Position wechselt und bei Zahlen mit Stellen größer 3 zwischen „P.“, den ersten 3 Stellen der Ist – Position und den letzten Stellen der Ist – Position (s. Abbildung 4-8).

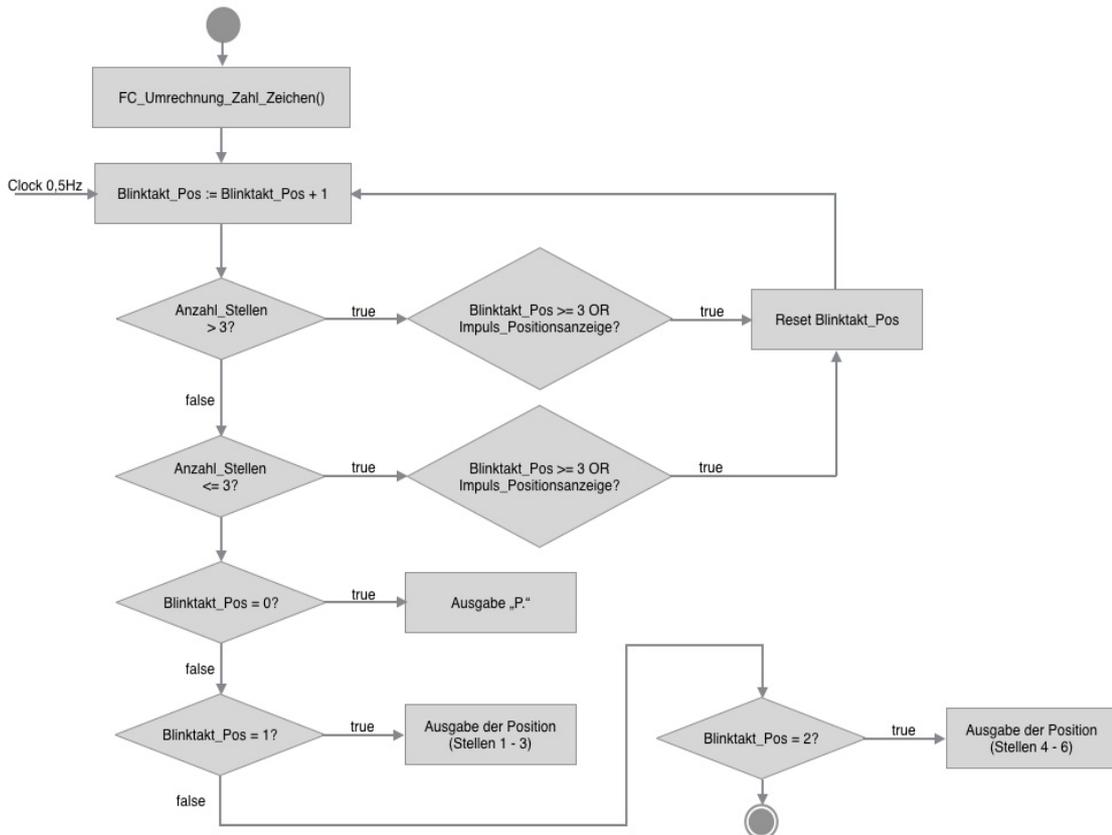


Abbildung 4-8: FC_Positionsanzeige

4.2 Software für die zentrale Steuerung

4.2.1 SIMATIC Step 7

Für die Programmierung der zentralen Steuerung wurde Step 7 V5.5 + SP4 verwendet. Diese Version ist notwendig, da die spätere Visualisierung mit Integra sich nicht mit dem TIA Portal koppeln lässt.

Grobdesign

Benötigte Softwarebausteine

Für die zentrale Steuerung werden einige Datenbausteine benötigt:

- einen DB für jedes Bild in der Visualisierung (modell- und bandabhängig) (36 DBs)
- einen weiteren DB, um alle Daten modellabhängig zu speichern (9 DBs)
Hier die fest die Baureihe drin. Wenn sich Baureihen ändern, muss dies nur hier geändert werden.
- die Hubtabelle, in der nur Bandposition und Hubhöhe für alle Modelle und alle Bänder gespeichert sind. Hier holt sich die Schubplattform ihre eigene Hubtabelle raus.
- einen DB, in dem alle Schubplattformen ihren Status schreiben
- einen DB für die Bandpositionen. Auch hier holt sich die Schubplattform ihre Daten raus.
- einen DB, in dem für jede Schubplattform und ihre aktuelle Baureihe und Modellnummer steht. Hier holt die SPF sich ihre Modellnummer, abhängig von der SPF Nr.
- einen DB für Signale von der Visualisierung
- und einen DB für weitere Signale

Zudem werden noch drei Funktionen benötigt:

- die erste Funktion wird mit Parametern wie z.B. SPF Nr. und Baureihe aufgerufen, ermittelt die Modellnummer zu der Baureihe und speichert Modellnummer und Baureihe für die aktuelle SPF Nr. in den DB für alle Modelle und Baureihen
- die zweite Funktion speichert, wenn das entsprechende Speichern – Bit aus der Visualisierung kommt, die jeweiligen Daten aus dem Visualisierungsdatenbaustein in den DB, wo die Hubtabelle modellabhängig mit allen Daten gespeichert ist. Zusätzlich werden beim Speichern – Bit Bandpositionen und Hubhöhen vom jeweiligen Modell und Band in die gesamte Hubtabelle übertragen
- die dritte Funktion transferiert lediglich die Baureihen in die Visualisierungsbausteine, um die aktuelle Baureihe anzeigen lassen zu können

Feindesign**Bausteine****DB_Hubtab_Mod_X_Band_Y**

In diesem Datenbaustein stehen alle Daten samt Hubtabelle mit LfdNr, Bandabschnitt, Bandposition und Hubhöhen aus der Visualisierung drin. Dieser DB gilt für ein Modell und ein Band. Das bedeutet, dass es insgesamt 36 solcher DBs gibt.

DB_Hubtab_Mod_X

Hier werden alle Daten von Modell X und allen Bändern gespeichert. Hier steht auch die Baureihe drin, mit der die Modellnummer ermittelt wird. Ändern sich Baureihen, muss dies nur an dieser Stelle in der Steuerung angepasst werden. Es gibt insgesamt neun von diesen DBs. So ist es möglich, bis zu neun unterschiedliche Baureihen in der Halle zu produzieren.

DB_Hubtabelle_gesamt

Die gesamte Hubtabelle enthält zehn Byte mit Statusbits für die zentrale Steuerung, die sich dann die SPF holt. Zusätzlich sind dort für alle Modelle und alle Bänder sowohl Bandpositionen als auch die Hubhöhen der Hubtabelle hinterlegt.

DB_SPF_Status

In diesem DB schreiben die Schubplattform am Bandanfang ihre Statusbits, jede Schubplattform hat ihren eigenen Bereich.

DB_Bandpositionen

Hier stehen alle Bandpositionen der Bänder (Bandanfang, Bandende, etc.) drin. Diesen DB holt sich ebenfalls die Schubplattform.

DB_SPF_BR

In diesem DB werden Modellnummer und Baureihe eingetragen (das macht der FC_BR_in_ModellNr), sobald die Karosse in der oberen Etage auf die Schubplattform gesetzt werden.

DB_von_Integra

Hier stehen die Signale der Visualisierung drin (speichern und aktualisieren für jedes der 36 Bilder), welche die Steuerung zur Weiterverarbeitung bekommt.

DB_Signale

In diesem DB stehen allgemeine Signale zur Programmabarbeitung.

4.3 Visualisierung

Hier ist ein mögliches Bild, wie die Visualisierung der Hubtabellen für alle Modelle und Bänder aussehen könnten und die Anforderungen an die Visualisierung erfüllt werden.

Baureihe **Hubhöhentabelle**

Band

Lfd.-Nr.	Bandabschnitt	Bandposition [mm]	Hubhöhe [mm]	
1	Bandanfang bis Station 1	0	320	Übernahme
2	Station 1 bis Station 4	7500	500	Übernahme
3	Ende Station 4 bis Station 6	201000	750	Übernahme
4	Anfang Station 7 bis Station 9	358000	350	Übernahme
5	Übernahme
6	Übernahme
7	Übernahme
8	Übernahme
9	Übernahme
10	Übernahme
11	Übernahme
12	Übernahme
13	Übernahme
14	Übernahme
15	Übernahme
16	Übernahme
17	Übernahme
18	Übernahme
19	Übernahme
20	Übernahme

Übernahme in die Steuerung erst gültig nach "Speichern"

Abbildung 4-9: Visualisierung der Hubtabelle (Baureihe: C253 und Band: 1)

5 Testaufbau und Erprobung

In diesem Kapitel wird der Testaufbau, der nach dem entwickelten Hardwarekonzept aufgebaut wurde, in Betrieb genommen, getestet und ggf. optimiert wurde, dokumentiert. Zusätzlich werden die Anforderungen validiert.

Vorab ist darauf hinzuweisen, dass der Testaufbau leider ohne Antriebskomponenten aufgebaut und getestet werden musste, da keine Testräume auf dem Daimler-Gelände zur Verfügung standen und die Durchführung der Tests somit im Büro stattfinden mussten. Aus Arbeitssicherheitsgründen und auch um Kosten zu sparen, wurde es mir untersagt, den Antrieb dort aufzubauen und zu testen. Da der Frequenzumrichter laut den Anforderungen zwei digitale Ausgänge als Ansteuerung bekommt, wurden diese stattdessen mit zwei 24V – LED - Lampen („Hubtisch hebt“ und „Hubtisch senkt“) aufgebaut.

5.1 Testaufbau

5.1.1 Entwurf des Hardwareaufbaus für die Hubtischsteuerung

Anhand des in Kapitel 3 entwickelten Hardwarekonzeptes wurden folgende Komponenten für den Aufbau der Hubtischsteuerung ausgewählt.

Spannungsversorgung	
1 x	SITOP PSU 100S, 230 V / 24 V / 5 A
1 x	SITOP 24 V Puffermodul
Steuerungskomponenten	
1 x	SIMATIC CPU 1215C DC / DC / DC
Positioniersystem	
1 x	SICK Linearer Messsensor OLM200-1009
Höhenmessung	
1 x	SICK Distanzsensor DT50-P1124
IWLAN	
1 x	Client Modul Scalance W722-1 RJ 45
1 x	Antenne ANT 792-4DN

1 x	RCoax Connection Cable (Client Modul – Antenne)
Display	
1 x	Infrarotdisplay IRD 400
1 x	Infrarotfernbedienung IR-RC
Endlagen	
2 x	Endlagenschalter
2 x	Induktive Sensoren von ifm
Schutzeinrichtungen	
3 x	1-poliger Leitungsschutzschalter
1 x	Hauptschalter
Lampen	
2 x	LED – Lampen, 24 V

Tabelle 5-1: Eingesetzte Komponenten für den Testaufbau der Hubtischsteuerung

Für die Aufteilung der Komponenten im Schaltschrank wurde die Vorlage eines bestehenden Schaltschranks für die Hubtischsteuerung genommen und diese an den benötigten Schaltschrank und an die gewünschten Geräte und ihre Maße angepasst. Zusätzlich war die Verlustleistung der Komponenten und die daraus entstehende Wärmeentwicklung zu beachten. Auch mussten die Einbauabstände der Komponenten beachtet werden. Da der Testaufbau ohne Antrieb aufgebaut wurde und der Frequenzumrichter später nicht im Schaltschrank verbaut wird, musste hier weniger auf die EMV-Verteilung geachtet werden. Beim späteren Aufbau auf dem Hubtisch, muss dann auf die Verlegung der Signal- und Motorleitungen geachtet werden und ggf. Leitungen geschirmt werden.

Die Abbildung 5-1 zeigt den Aufbau des Schaltschranks für den Testaufbau der Hubtischsteuerung.

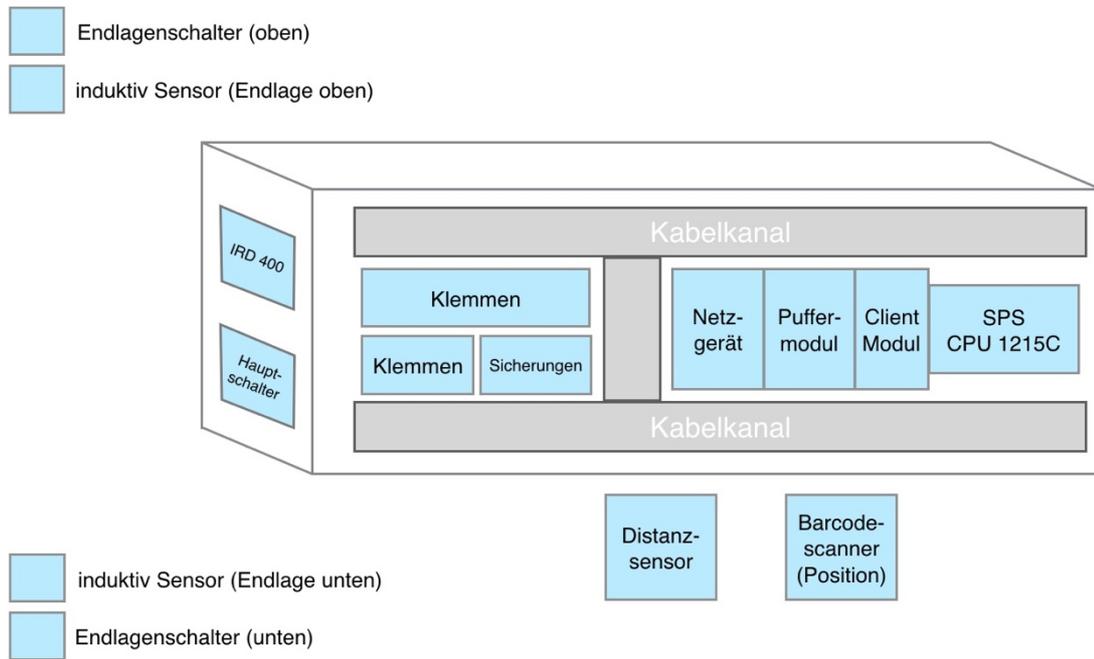


Abbildung 5-1: Aufbau des Schaltschranks für den Testaufbau der Hubtischsteuerung

5.1.2 Entwurf des Hardwarekonzeptes für die zentrale Steuerung

Für die zentrale Steuerung wurde folgende Hardwarekomponenten ausgewählt.

Spannungsversorgung
1 x SITOP Netzgerät, 230 V / 24 V / 10 A
Steuerungskomponenten
1 x SIMATIC CPU 319F – 3 PN/DP
Industrial WLAN
1 x Access Point Scalance W788-1 M12 für den Innenbereich
1 x RCoax Cable, 2,4 GHz, 5 Meter
1 x RCoax Connection Cable (Access Point – Rcoax Cable)
3 x 50 Ohm Abschlusswiderstände
1 x RCoax Female N-Connect

Tabelle 5-2: Eingesetzte Komponenten für den Testaufbau der zentralen Steuerung

Auf Grundlage der vorherigen Hardwareentwürfe wurde mit dem Hardwareingenieur der Siemens AG ein Stromlaufplan für die Hubtischsteuerung erstellt. Dieser gibt die konkrete Verdrahtung der Komponenten vor und liegt dem Anhang bei. Die mechanische Fertigung des Testaufbaus sowie die Verdrahtung erfolgten durch einen Elektroniker der Siemens AG. Dem Anhang liegen Bilder des Testaufbaus bei.

5.2 Erstellung des TIA - Projektes

Für den Testaufbau wurde ein neues TIA-Projekt mit dem Namen „Projekt_SPF_Testaufbau“ erstellt.

5.2.1 Hardwarekonfiguration

Die Hardwarekonfiguration wird im TIA Portal im Menü „Geräte & Netze“ in der sogenannten Netzsicht und in den zu den Geräten zugehörigen Einstellungen erstellt. In den Einstellungen werden hauptsächlich IP-Adresse und Profinet – Gerätename zur eindeutigen Identifizierung der Komponenten vergeben. Zusätzlich werden in der Netzsicht die Komponenten miteinander vernetzt und auch Kommunikationsverbindungen erstellt.

In der HW-Konfiguration wird zunächst die CPU 1215C aus dem Hardwarekatalog eingefügt. Anschließend werden Barcodescanner, Infrarotdisplay und Client Modul in die Hardwarekonfiguration hinzugefügt. Hierfür wurden zuvor die notwendigen GSDML Dateien für die Komponenten heruntergeladen und installiert. Die Einstellungen am Client Modul wurden über das Web Based Management vorgenommen. Die Einstellungen des Client Moduls (und auch die des Access Points, wie im Kapitel 5.3.1 beschrieben) wurden anhand einer Anleitung der Daimler AG vorgenommen, lediglich an die unterschiedlichen Komponenten und den Testaufbau angepasst. Die Anleitung liegt dem Anhang bei. Durch das Anlegen eines Profinet-Netzes in der Hardwarekonfiguration wurden die oben benannten Komponenten gemeinsam im „PN/IE_1“ vernetzt. In der Topologiesicht wurde im Anschluss noch überprüft, ob die Vernetzung der Komponenten und die Anschlüsse der Profinetleitungen an den Ports der Komponenten mit dem Hardwareaufbau übereinstimmt.

Für die Kommunikation mit dem Industrial WLAN muss eine un spezifizierte S7-Verbindung an der CPU 1215C angelegt werden. Unspezifiziert, da beide CPUs in unterschiedlichen STEP 7 Projekten konfiguriert sind. Anleitung war hier eine Siemens Anleitung aus dem Internet, welche dem Anhang beiliegt. Diese beschreibt aber nur die Kommunikation zwischen S7-300 und S7-1200 mit der 300er CPU im Step 7 V5.5 Projekt als aktiven Part. In dieser Thesis ist die 1200er CPU jedoch der aktive Part.

Somit wurde die Einstellungen genau andersherum wie dort beschrieben, vorgenommen.

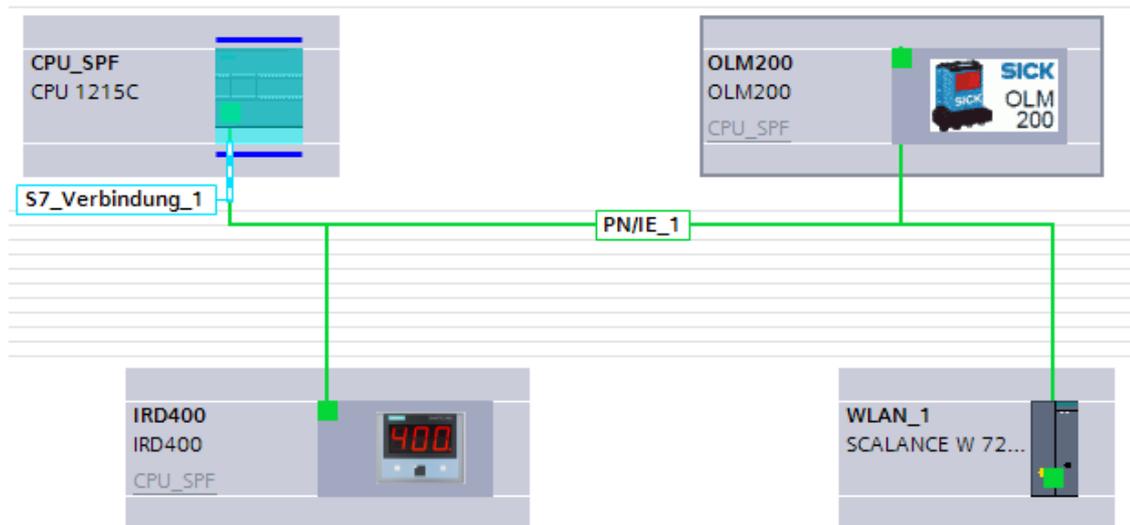


Abbildung 5-2: Hardwarekonfiguration des Testaufbaus in der Netzsicht

5.2.2 Software

Die Software wurde komplett aus dem Kapitel 4 übernommen.

5.3 Erstellung des Step 7 Projektes

Für die zentrale Steuerung wurde ein neues Step 7 V5.5 Projekt erstellt.

5.3.1 Hardwarekonfiguration

Im Simatic Manager im Menü „Hardware“ wurde aus dem Hardwarekatalog ein Rack hinzugefügt. Auf den Steckplatz 1 wird das in den Hardwarekomponenten ausgewählte Netzgerät platziert. Auf den folgenden Steckplatz die vorhandene CPU. In den CPU – Einstellungen wurde die gewünschte IP – Adresse eingestellt. Zusätzlich wurde für den Access Point ein Profinet – Netz angelegt. Laut einem Kollegen der Fachberatung der Siemens AG muss der Access Point nicht in die HW- Konfiguration eingebunden werden, das Netz hierfür aber schon. Über das Primary Setup Tool der Siemens AG wurde dem Access Point die IP – Adresse zugewiesen. Anschließend wurde über das Web Based Management die Einstellungen für den Access Point vorgenommen.

Die Abbildung 5-3 zeigt die Hardwarekonfiguration der zentralen Steuerung.

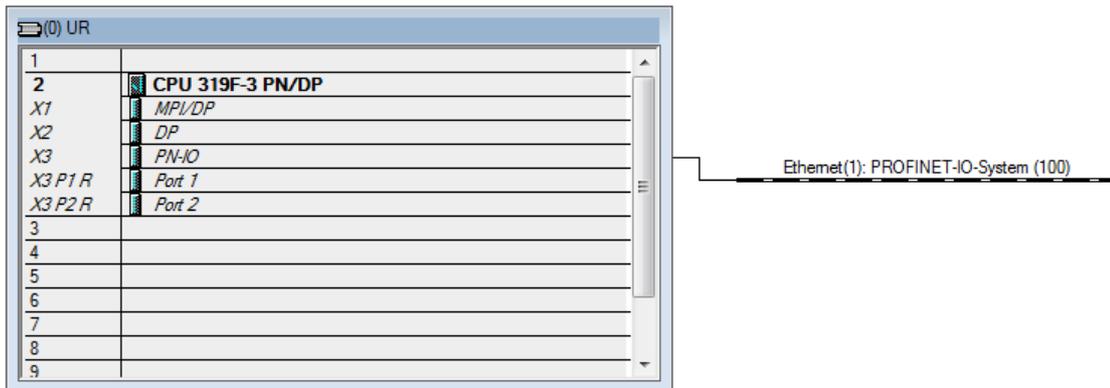


Abbildung 5-3: Hardwarekonfiguration der zentralen Steuerung

5.3.2 Software

Auch diese Software wird komplett aus dem vierten Kapitel ins Projekt eingefügt.

5.4 Inbetriebnahme und Tests

Im folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise bei der Inbetriebnahme und den Tests genauer beschrieben.

5.4.1 Hardware und Software der Hubtischsteuerung in CPU laden

Die Hardwarekonfiguration und die Software der Hubtischsteuerung wurde nach vorherigem Übersetzen in die CPU geladen. Beim Übersetzen wird die Software auf Syntax-, Aufruf oder Softwarefehlern untersucht. Nach erfolgreichem Laden wurde ein EA – Check durchgeführt. Dieser überprüft die richtige Verdrahtung der Ein- und Ausgänge. Hierbei wurden die Ein- und Ausgänge in die Beobachtungstabelle eingefügt und online beobachtet. Dann wurden die Eingänge nacheinander von Hand belegt und online beobachtet, ob der richtige Eingang, das richtige Signal gibt. Anschließend wurden die beiden Ausgänge getestet. Diese wurden per Hand in der Beobachtungstabelle angesteuert und hardwareseitig geprüft, ob die gewünschte Ansteuerung vorhanden ist.

5.4.2 Validierung der Systemanforderungen für die Hubtischsteuerung

Die Softwaretests wurden direkt an dem Testaufbau durchgeführt. Über die Datenbausteine und die Beobachtungstabelle wurden die Bedingungen für die Abarbeitung der Funktion vorgenommen, überlegt, welches Ergebnis erwartet wird (auch bei unterschiedlichen Fällen z.B. Soll-Hubhöhe größer Ist-Hubhöhe und andersherum) und geprüft, ob die erwartete Funktionalität anforderungsgemäß erfüllt

wurde. Wurde die Funktionalität nicht anforderungsgemäß erfüllt, so wurde der Online-Betrieb genutzt, um entsprechende Funktionsfehler zu beseitigen. Hierzu gibt es die Möglichkeit Bausteine direkt online zu beobachten, Variablen in Beobachtungstabellen zu beobachten und steuern und Datenbausteine online zu beobachten und auch dort Daten zu steuern.

Zuerst wurde das gesamte Modul für sich getestet (Modultest). Im Anschluss wurden die Module in ihrem Zusammenspiel (Integrationstest) getestet. Zum Abschluss gab es einen Systemtest, der das Gesamtsystem auf seine Funktion geprüft hat.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Zum Abschluss dieser Arbeit erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse und ein persönliches Fazit. Anschließend wird noch ein Ausblick auf die weitere Verwendung und Ausarbeitung der Ergebnisse gegeben.

6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zu Beginn des Projektes wurde eine Anforderungsanalyse aufgestellt, die alle wichtigen Anforderungen enthielt. Somit war es möglich, sich von jedem Part des Projektes einen guten Einblick zu verschaffen.

Auf die Anforderungsanalyse aufbauend wurde das Hardwarekonzept entwickelt. Aus dem breiten Spektrum des Produktportfolios der Siemens AG und der Firma SICK konnte nach Abwägung relevanter Kriterien eine zum größtenteils⁶ geeignete Auswahl an Geräten getroffen werden. Die Kommunikation über das Industrial – WLAN ist neu, innovativ und erfüllt die Kommunikationsaufgabe zu voller Zufriedenheit. Auch das Infrarotdisplay mit Fernbedienung ist für solche Aufgabe sehr gut geeignet. Es ist leicht zu handhaben und sehr übersichtlich. Die Positionserkennung über das Barcodepositioniersystem funktioniert einwandfrei und ist eine schöne und saubere Lösung für die Positionserkennung. Die Höhenmessung wäre wohl über einen Umrichter selbst schöner gewesen und hätte ein Bauteil erspart, da der Umrichter sowie von der Daimler AG gewünscht ist, jedoch bei einem langsam fahrenden Motor, der nur links oder rechts angesteuert wird, nicht von Nöten gewesen wäre.

Auf Grundlage der Hardware und der Anforderungen wurde für die Hubtischsteuerung eine Programmierung mit STEP 7 V13 und für die zentrale Steuerung eine Programmierung mit STEP 7 V5.5 erstellt. Das TIA Portal mit den symbolischen Adressen, der Auswahl an Programmiersprachen und der Gliederung der Bausteine bietet eine gute Grundlage zur Programmierung gegliederter und modular aufgebauten Steuerungen.

Abschließend erfolgte der Testaufbau, welcher sich aus dem entwickelten Hardwarekonzept ergab. Die daran durchgeführten Tests erlaubten einen Einblick in den möglichen späteren Aufbau in der Halle der Daimler AG.

⁶ Siehe Kapitel 6.3.1

Zusammenfassend betrachtet lässt sich daher festhalten, dass die formulierte Zielsetzung zufriedenstellend erreicht werden konnte. Weiterhin haben sich das gewählte Vorgehensmodell sowie die einzelnen Entwicklungsschritte als zweckmäßig und zielführend erwiesen.

6.2 Persönliches Fazit

Die eingangs aufgestellte Anforderungsanalyse gab einen detaillierten Einblick in die Komplexität und den Umfang des Projektes. Leider wurden diese Anforderungen immer wieder zwischendurch von Kollegen abgeändert, sodass es schwer war, ein endgültiges Konzept aufzustellen und zu verfolgen. Dies hat das Projekt lange verzögert und auch bei der Erstellung der Software immer wieder zu Problemen geführt, da fertige Software und Programmablaufpläne teils komplett abgeändert werden mussten, obwohl es zuvor anders besprochen war. Zusätzlich waren schon viele Anforderungen gegeben, sodass es nicht allzu viel Freiheit bei der Entwicklung einer Automatisierungslösung gab. Dennoch war es hilfreich, sich so erstmal in die neue Hardware einzuarbeiten und entsprechende Komponenten auszuwählen. Das ist bei der Vielzahl an Komponenten eine echte Herausforderung.

Die Programmierung hat sich an manchen Stellen als schwierig dargestellt, da teilweise die TIA Hilfe ein wenig dürftig oder die Dokumentation zum Gerät nicht ausreichend war, um direkt sauber und fehlerfrei zu programmieren. Dadurch musste man sich noch ein wenig in die einzelnen Funktionen und Bausteine, die bisher noch nicht bekannt waren, einarbeiten bzw. Kollegen fragen, die Ähnliches bereits in STEP 7 V5.5 programmiert haben.

6.3 Ausblick

6.3.1 Netzaufbau

Was bei diesem Projekt ein wenig in Vergessenheit geriet, ist der spätere Netzaufbau in der Halle. Hierbei ist zu beachten, dass Daimler für die Anlage der Schubplattformen lediglich 255 IP – Adressen zur Verfügung stellt. Um nun die IP-Adressen der weiteren Geräte auf der SPF gleich zu lassen und nur die IP Adressen der CPUs auf der SPF anpassen zu müssen (letzter Teil der IP – Adresse der CPU entspricht SPF Nummer), muss eine Netztrennung erfolgen. Dies ist leider mit der CPU 1215C so wie sie im Testaufbau genutzt wurde, nicht möglich. Hierfür gibt es einen CP (Kommunikationsprozessor), der eine zusätzliche Schnittstelle für die 1200er CPU

bietet oder die 1500er CPU, die über zwei Profinetschnittstellen verfügt, welche voneinander unabhängig sind.

6.3.2 Kommunikation

Zum Thema Kommunikation zwischen den CPUs wäre es möglich, bei Kundenwunsch, das RCoax Cable über die gesamte Bandlänge zu verlegen. Da es nicht möglich ist, dass 150 Teilnehmern gleichzeitig mit der CPU eine Verbindung aufbauen, kann man die CPUs auf der Schubplattform nacheinander mit der zentralen CPU kommunizieren lassen. Dies könnte z.B. alle 3 Minuten (180 Sekunden) erfolgen. Somit würde jede SPF eine bestimmte Sekunde (abhängig von der SPF Nummer) zur Kommunikation zugewiesen bekommen.

6.3.3 Visualisierung

Da die Visualisierung nur ein Nebenbestandteil dieser Bachelorthesis war, müsste diese noch weiter ausgeführt werden, wenn die Daimler AG das Angebot umgesetzt haben möchte. Hierzu müssen hinter den Buttons Funktionen hinterlegt werden.

- **Neuen Datensatz anlegen:**
Hier kann der Bediener einen komplett neuen Datensatz mit Bandabschnitt, Bandposition und Hubhöhe anlegen. Dieser wird anhand der Bandposition direkt an die richtige Stelle einsortiert. Dies ist z.B. zum Füllen der Hubtabelle notwendig.
- **Datensatz löschen:**
Hier wird ein kompletter Datensatz gelöscht und die nachfolgenden Datensätze werden aufgerückt.
- **Aktualisieren:**
Beim Aktualisieren werden alle Daten aus der Steuerung geholt z.B. wenn der Bediener fehlerhafte / falsche Änderungen vorgenommen hat, diese aber noch nicht gespeichert hat.
- **Speichern:**
Beim Speichern werden alle vorgenommenen Änderungen in die Steuerung übertragen und somit vollständig gespeichert (kein Zurück möglich).
- **Zurück:**
Springt in das Hauptmenü zurück.
- **Übernehmen:**

Dieser Button taucht erst auf, wenn sich ein Bediener angemeldet hat, der Änderungen vornehmen darf und dieser Änderungen in den E/A – Feldern der jeweiligen Zeile vorgenommen hat. Wird „Übernehmen“ gedrückt, so werden alle Änderungen in dieser Zeile auf Sinnhaftigkeit überprüft, aber noch nicht weiter in die Steuerung übertragen.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AI	Analog Input
AWL	Anweisungsliste
CPU	Central Process Unit
DB	Datenbaustein
DC	Direct Current -> Gleichstrom
DI	Digital Input
DO	Digital Output
EVA	Erfassen – Verarbeiten – Ausgeben
FB	Funktionsbaustein
FC	Funktion
FUP	Funktionsplan
HMI	Human Machine Interface
HW	Hardware
MTBF	Mean time between failure
NC	Normally Closed (Öffnerkontakt)
NO	Normally Open (Schließerkontakt)
n.v.	nicht vorhanden
OB	Organisationsbaustein
PS	Power Supply
SCL	Structed Control Language
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SW	Software
TIA	Totally Integrated Automation
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Glossar

Anweisungsliste Kurz AWL. Textuelle Programmiersprache des Programmiersystem STEP 7.

Automatisierung Unter Automatisierung versteht man das Ausrüsten einer Einrichtung, so dass diese teilweise oder vollständig selbstständig abläuft (TU Freiberg, 2017)

Framework Im Software-Engineering bietet ein Framework dem Programmierer einen Entwicklungsrahmen für seine Programmierung. Durch dieses Framework werden die Software-Architektur der Programme bestimmt. Vorwiegend wird das Framework bei der objektorientierten Programmierung eingesetzt (IT Wissen, 2012).

Funktionsplan Kurz FUP. Grafische Programmiersprache auf Basis des Programmiersystem STEP 7 auf Basis grafisch dargestellter Funktionsblöcke.

Human Machine Interface Kurz HMI. Übersetzt: Mensch-Maschinen-Schnittstelle. Teilsystem, welches zur Interaktion zwischen Mensch (Bediener) und Maschine (Anlage) dient.

Interoperabilität Interoperabilität beschreibt die Fähigkeit zur Zusammenarbeit von Systemen oder Modulen (Duden, 2017).

Kontaktplan Kurz KOP. Grafische Programmiersprache der Programmiersystems STEP 7 in Anlehnung an die Darstellung von Stromlaufplänen.

Speicherprogrammierbare Steuerung Kurz SPS. Englisch auch PLC, Programmable Logic Controller. Technisches Gerät, das zur Steuerung oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt und auf digitaler Basis programmiert wird.

Structed Control Language Kurz SCL. Textuelle Programmiersprache der Programmiersystems STEP 7 mit Analogien zur Hochsprache PASCAL

Verfügbarkeit Die Verfügbarkeit eines technischen Systems gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass dieses zu einem bestimmten Zeitpunkt einsatzbereit und funktionsfähig ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vorgehensmodell für die Bachelorthesis	9
Abbildung 2-1 Aufbau des Bandes in Halle 9	11
Abbildung 3-1: Möglicher Aufbau des Industrial WLANs	18
Abbildung 3-2: Hardwarekonzept	19
Abbildung 3-3: Aufbau des Hubtisches	20
Abbildung 3-4: Infrarotdisplay IRD 400	24
Abbildung 3-5: IWLAN - Auswahl aller Komponenten	25
Abbildung 4-1: Bauelementstruktur im TIA Portal	30
Abbildung 4-2: Ablauf der Kommunikation zwischen beiden CPUs	34
Abbildung 4-3: FC_Erstfehler_bestimmen	35
Abbildung 4-4: Bestimmung der Startwerte für die Zeichen	37
Abbildung 4-5: FC_IRD400	38
Abbildung 4-6: FC_Fehleranzeige, FC_Warnungsanzeige, FC_Modellanzeige	38
Abbildung 4-7: FC_Hubhoehenanzeige	39
Abbildung 4-8: FC_Positionsanzeige	40
Abbildung 4-9: Visualisierung der Hubtabelle (Baureihe: C253 und Band: 1).....	43
Abbildung 5-1: Aufbau des Schaltschranks für den Testaufbau der Hubtischsteuerung	46
Abbildung 5-2: Hardwarekonfiguration des Testaufbaus in der Netzsicht.....	48
Abbildung 5-3: Hardwarekonfiguration der zentralen Steuerung	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: abgeleitete Ein- und Ausgangssignale	13
Tabelle 3-1: Vergleich der SIMATIC Controller	22
Tabelle 3-2: Vergleich der Barcodescanner	23
Tabelle 3-3: Vergleich der Distanzsensoren	23
Tabelle 3-4: Vergleich der Access Points	24
Tabelle 5-1: Eingesetzte Komponenten für den Testaufbau der Hubtischsteuerung ..	45
Tabelle 5-2: Eingesetzte Komponenten für den Testaufbau der zentralen Steuerung	46

Literaturverzeichnis

Daimler AG. 2017. Bremen, Mercedes-Benz Werk. [Online] 2017. [Zitat vom: 12. Juni 2017.] <https://www.daimler.com/karriere/jobsuche/standorte/detailseiten/standort-detailseite-5095.html#undefined2>.

Duden. 2017. Duden | Interoperabilität | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition. [Online] 2017. [Zitat vom: 26. Juni 2017.] <http://www.duden.de/rechtschreibung/Interoperabilitaet>.

Gangl, Bernhard. 2013. Modulares Software-Engineering. *SPS-Magazin*. Monatliche Ausgabe, 2. Juli 2013, Ausgabe 7.

IT Wissen. 2012. Framework. [Online] 19. April 2012. [Zitat vom: 26. Juni 2017.] <http://www.itwissen.info/Framework-framework.html>.

Pigan, Raimond und Metter, Mark. 2008. *Automatisieren mit PROFINET*. [Hrsg.] Siemens Aktiengesellschaft. 2. Auflage. Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2008.

Schmitt, Karl. 2015. *SPS-Programmierung mit SCL im TIA Portal*. Soden : Vogel Buchverlag, 2015.

Schunk GmbH & Co. KG, Lauffen A.N. 2007. *Hard, Soft, Slot - SPS-Konzepte im Vergleich*. Februar 2007.

Siemens AG. 2016a. Digitale Fabrik: Industrie 4.0. [Online] 21. Januar 2016a. [Zitat vom: 25. April 2017.] <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/industrie-und-automatisierung/digitale-fabrik-industrie-4-0.html>.

Siemens AG 2017a. Industrial Communication. [Online] 2017a. [Zitat vom: 09. Juni 2017.] <https://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia/industrial-communication/Seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2017b. Industry - Bilddatenbank. [Online] 2017b. <https://www.automation.siemens.com/bilddb/>.

Siemens AG 2017c. Integrated Engineering - Totally Integrated Automation. [Online] 2017c. [Zitat vom: 24. April 2017.]

<https://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia/integrated-engineering/Seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2017d. Puffermodule - Stromversorgung SITOP. [Online] 2017d. [Zitat vom: 28. Mai 2017.] <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/de/ergaenzungsmodule/puffermodul/seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2011. SITOP lite - Stromversorgung SITOP. [Online] 2011. [Zitat vom: 28. Mai 2017.] <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/de/lite/Seiten/Default.aspx> .

Siemens AG 2016c. SITOP modular - Stromversorgung SITOP. [Online] 2016c. [Zitat vom: 28. Mai 2017.] <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/de/modular/Seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2016d. SITOP smart - Stromversorgung SITOP. [Online] 2016d. [Zitat vom: 28. Mai 2017.] <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/de/smart/Seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2016b. SITOP Stromversorgung 24 V. [Online] 2016b. [Zitat vom: 28. Mai 2017.]
<https://www.siemens.com/global/de/home/produkte/automatisierung/stromversorgung.html>.

Siemens AG 2017e. TIA Produktportfolio - Totally Integrated Automation. [Online] 2017e. [Zitat vom: 24. April 2017.]
<https://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia/produktportfolio/Seiten/default.aspx>.

Siemens AG 2017f. Totally Integrated Automation. [Online] 2017f. [Zitat vom: 15. Mai 2017.] <https://www.siemens.com/global/de/home/produkte/automatisierung/tia.html>.

TU Freiberg. 2017. *Begriffe der Automatisierung (DIN 19233)*. [Hrsg.] Deutsches Institut für Normung. 2017.

Wellenreuther, Günter und Zastrow, Dieter. 2015. *Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis*. 6. Auflage. Mannheim; Ellerstadt : Springer Vieweg, 2015.

Wikipedia - Autoren. 2017a. Daimler AG. [Online] 5. April 2017a. [Zitat vom: 28. April 2017.] https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Daimler_AG&oldid=164272917.

Wikipedia - Autoren 2017b. Mercedes-Benz Cars. [Online] 27. Februar 2017b. [Zitat vom: 28. April 2017.] https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mercedes-Benz_Cars&oldid=163065664.

Wikipedia - Autoren 2017c. Speicherprogrammierbare Steuerung. [Online] 11. März 2017c. [Zitat vom: 16. April 2017.] https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Speicherprogrammierbare_Steuerung&oldid=163463348.

Sofern die Online – Quellen heruntergeladen werden konnten, stehen sie im PDF – Format im Anhang dieser Arbeit zur Verfügung.

Anhang

Der Anhang dieser Arbeit befindet sich auf der beigefügten CD und kann beim betreuenden Professor eingesehen werden.

Der Inhalte im Anhang liegen in folgender Struktur vor:

- Bachelorarbeit im PDF – Format
Hier befindet sich diese Bachelorarbeit in Form eines PDF – Dokumentes.
- Abbildungen
Die in der Arbeit aufgeführten Abbildungen sind in diesem Ordner als png- bzw. jpg - Dateien hinterlegt. Wenn im Text der Thesis nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Eigenanfertigungen.
- Online - Quellen
In diesem Ordner befinden sich die elektronischen Quellen als PDF, sofern diese heruntergeladen werden konnten.
- Projektdateien
In diesem Ordner befinden sich das archivierte TIA – Projekt „Projekt_CPU_SPF.zip“ für den Testaufbau und das archivierte STEP7 – Projekt „Projekt_CPU_zentral.zip“ für die zentrale Steuerung.
- Programmdokumentationen
Hier befinden sich die Bausteine des TIA Projektes im PDF – Format.
- Testaufbau
Hier ist die technische Dokumentation der Projekte aufgeführt, darunter der Stromlaufplan sowie die komplette Bestellliste. Im Unterordner „Datenblätter“ befinden sich zudem die Datenblätter der eingesetzten Automatisierungskomponenten. Im Unterordner „Software“ befinden sich diverse Dateien, die bei der Programmierung hilfreich waren.

Versicherung der Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §16(5) APSO-TI-BM ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift