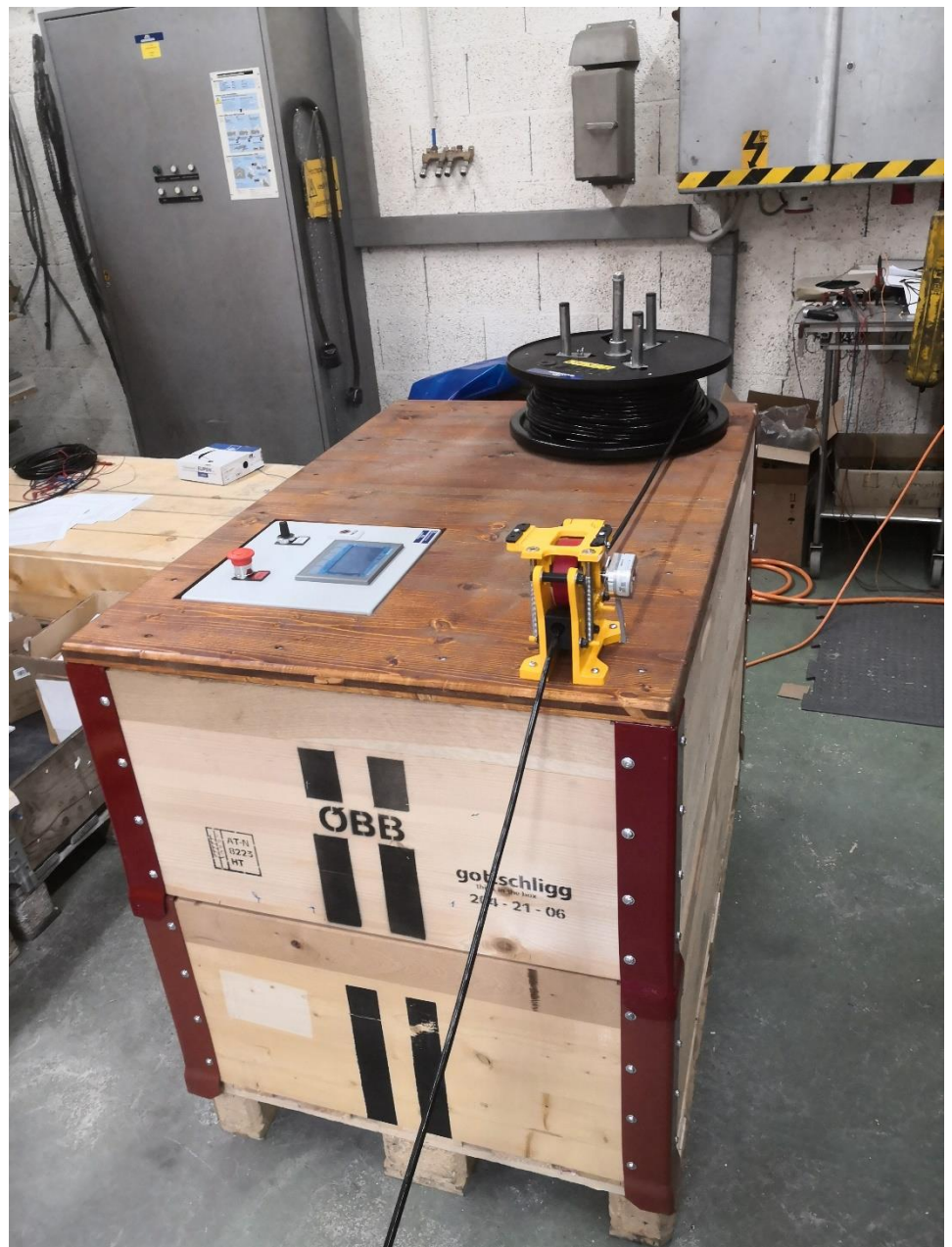


9.10.2021

# Automatisierte Kabelaufrollmaschine



Diplomarbeit  
TEKO, HF Elektrotechnik  
THOMAS BETSCHART

# Inhaltsverzeichnis

1	Management Summary .....	3
2	Kurzvorstellung Diplomand Thomas Betschart .....	4
3	Kurzvorstellung Garaventa AG .....	5
4	Projektinitialisierung .....	7
4.1	Zielscheibe .....	7
4.2	Pflichtenheft .....	8
4.2.1	Projektorganisation .....	8
5	Planung .....	9
5.1	Projektstrukturplanung .....	9
5.2	Projektlaufplanung .....	10
6	Projektrealisierung .....	11
6.1	Ideenfindung – Brainstorming .....	11
6.1.1	Variantenfindung mit ABC-Methode .....	12
6.1.2	Grobvarianten bilden .....	13
6.1.3	Grobvarianten bewerten .....	13
6.2	Projekt ausarbeiten .....	15
6.2.1	Funktionsbeschreibung .....	15
6.2.2	Skizze .....	15
6.2.3	Zustandsdiagramm .....	17
6.2.4	Input / Output Skizze .....	18
6.2.5	Wahrheitstabelle .....	18
6.2.6	KV-Diagramm .....	19
6.3	Erfassung der Komponenten und ihre Verwendung .....	19
6.3.1	Aufrollvorrichtung .....	19
6.3.2	Motor .....	19
6.3.3	Bremse .....	20
6.3.4	SPS .....	21
6.3.5	HMI .....	27
6.3.6	Frequenzumrichter .....	32
6.3.7	Inkrementalgeber .....	34
6.3.8	Sichere Abschaltung .....	34
6.4	Elektrisches Schema .....	35
6.5	Aufbau .....	37

6.5.1	Testaufbau.....	37
6.5.2	Schaltschrank.....	38
6.5.3	Endprodukt.....	38
6.6	Funktionstest.....	40
7	Projektabschluss.....	42
7.1	Reflexion.....	42
7.2	Lessons Learnt .....	43
7.3	Danksagung .....	43
7.4	Redlichkeitserklärung.....	44
8	Anhang.....	45
8.1	Abbildungsverzeichnis.....	45
8.2	Tabellenverzeichnis .....	46
8.3	Quellen .....	47
8.4	Datenblätter .....	49

## 1 Management Summary

Mit dieser Diplomarbeit möchte ich das während der Ausbildung erworbene Wissen selbständig und praktisch anwenden. Dazu gehört das Sammeln von Informationen, das systematische Vorgehen bei der Lösungsfindung sowie bei der Umsetzung.

Mit der Themenwahl dieser Arbeit möchte ich zur Verbesserung eines Arbeitsmittels der Firma Garaventa beitragen.

Kurz erklärt geht es um folgendes: Die Firma Garaventa verwendet für die Stützenverkabelung bei den Seilbahnen ein spezielles doppelisoliertes verzinktes  $1 \times 2.5 \text{ mm}^2$  Kabel. Dieses Kabel bestellen wir in grossen Mengen. Geliefert werden in der Regel mehrere tausend Meter auf Bobinen aufgewickelt. Der Kunde benötigt aber oft viel kürzere Längen, vor allem bei Revisionsarbeiten auf den Stützen. Für diesen Zweck liefern wir regelmässig 100m-Bündel aus. Bisher wurde dieser Vorgang immer mit zwei Personen ausgeführt: eine rollte die grossen Bobinen ab und kontrollierte den Handzähler, ob dieser korrekt zählte, während die zweite Person mit einer Vorrichtung von Hand diese Bündel aufrollte. Ziel meiner Arbeit war es, den eben beschriebenen Vorgang so weit möglich zu automatisieren, damit nur noch eine Person benötigt wird, um diese 100m-Bündel bereitzustellen. Um das zu realisieren habe ich an die bisher verwendete Vorrichtung einfach ausgedrückt einen Motor montiert. Damit der Zählvorgang ohne Überwachung funktioniert, habe ich ein zuverlässiges Produkt mit integriertem Inkrementalgeber eingesetzt.

Um den Zählstand und andere Informationen schnell und übersichtlich zu erhalten, habe ich einen HMI-Bildschirm von Siemens eingesetzt und diesen mit einer ebenfalls von Siemens kommenden SPS S7 kombiniert. Somit war es mir möglich alle wichtigen Daten auf dem Bildschirm anzeigen zu lassen. Um einen gewissen Komfort zu bieten, habe ich drei verschiedene Modi entwickelt, um dem Bediener mehrere Optionen zur Verfügung zu stellen.

Im ersten Modus kann man den ganzen Vorgang automatisch ablaufen lassen, d.h. die Maschine stoppt nach 100 Metern automatisch und man muss lediglich einen Startbefehl geben.

Der zweite Modus beinhaltet ein Fusspedal und ein Potentiometer, damit der Anwender jederzeit die Kontrolle über die Maschine hat und die Drehzahl frei regeln kann. Auch in diesem Modus stoppt der Motor automatisch nach Erreichen der 100 Meter.

Im dritten und letzten Modus kann man die gewünschten Meter frei einstellen, die Maschine stoppt nach dem eingestellten Wert ebenfalls automatisch.

Somit deckt die Maschine bereits mehrere Optionen ab. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt weitere Modi benötigt werden, können sie beliebig ergänzt werden.

## 2 Kurzvorstellung Diplomand Thomas Betschart

Thomas Betschart, geboren am 11.06.1985 in Schwyz SZ.  
Aufgewachsen in Goldau SZ, wohnhaft in Morschach SZ.

2001 – 2005	Ausbildung zum Elektromonteur EFZ
2006 – 2017	Mitarbeiter Elektroabteilung Garaventa
2017 – 2019	Stv. Leiter Elektroabteilung Garaventa
2019 – 2021	Leiter Elektroabteilung Garaventa
2018 – 2021	Ausbildung zum Dipl. Techniker HF Elektrotechnik bei der TEKO, Luzern



Abbildung 1 Thomas

Seit 2006 bin ich bei der Firma Garaventa als Elektromonteur tätig. 2019 habe ich die Leitung der Elektroabteilung übernommen. Meine Tätigkeiten sind in erster Linie die Koordination und Organisation der Teammitglieder der Abteilung, daneben arbeite ich aber auch aktiv mit, wenn das Arbeitspensum es verlangt. Unser Hauptaufgabengebiet sind die Installation sowie Wartung von Skiliftanlagen, kleineren Pendelbahnen sowie Monorack-Anlagen. Des Weiteren werden diverse Produkte in der Abteilung hergestellt und verkabelt, wie z.B. Notantriebe und Bremsaggregate. Zusätzlich sind wir auch für den ganzen elektrischen Betriebsunterhalt der Firma zuständig.

### 3 Kurzvorstellung Garaventa AG

Die beiden führenden und traditionsreichen Seilbahnhersteller Garaventa und Doppelmayr fusionierten im Jahr 2002 unter dem gemeinsamen Holdingdach der Ropetrans AG. Die Doppelmayr/Garaventa-Gruppe unterhält Produktionsstandorte sowie Vertriebs- und Serviceniederlassungen in über 33 Ländern der Welt. In den Stammbetrieben von Goldau, Schweiz und Wolfurt, Österreich wird geplant und konstruiert, was als Garaventa- bzw. Doppelmayr-Technologie Weltruf erlangt hat und bereits in über 96 Staaten exportiert wurde (Quelle: Garaventa-interne Präsentation, Stand Dez. 2020).

Hier einige Fakten:



Abbildung 2 Kennzahlen Doppelmayr/Garaventa

Konzernumsatz nach Regionen (Stand 2020)



Abbildung 4 Konzernumsatz Doppelmayr/Garaventa

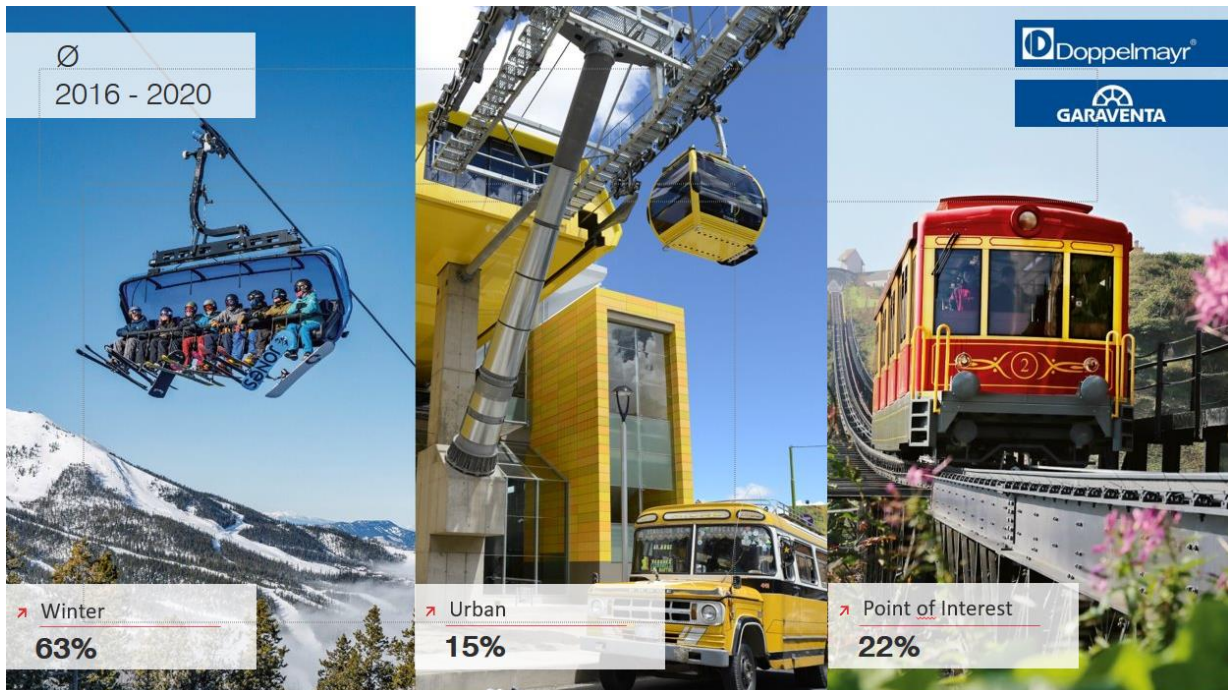


Abbildung 3 Konzernumsatz 2 Doppelmayr/Garaventa

## 4 Projektinitialisierung

### 4.1 Zielscheibe

#### Richtziel: Automatisierte Kabelaufrollmaschine für 100m Kabelbündel (1x2.5mm<sup>2</sup>)

1. Das System ist wie folgt realisiert:
  - Frequenzumrichter (Ansteuerung Motor)
  - Inkrementalgeber (Erfassung Meteranzahl)
  - Bedienung per HMI
  - Optional: Spindelmotor für Kabelführung
  - Optional: Automatisierte Kabeltrennung
2. Es ist eine HMI entwickelt, welche die Bedienung intuitiv gestaltet
3. Die folgenden Inhalte liegen in der Dokumentation vor:
  - Projektdokumentation gemäss 4-Phasen Modell
  - Lessons-Learnt
4. Die Projektdokumentation der Diplomarbeit ist auf der TEKO Homepage hochgeladen sowie eine Kopie dem Diplomlehrer bis spätestens 11. Oktober 2021 16:00Uhr zugestellt und die Arbeit bis 30. Oktober 2021 präsentiert.

Diplomlehrer Josef Räber  
Garaventa AG

#### Endergebnisse

##### Sinn und Zweck

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der HF TEKO Schule werden durch diese praktische Anwendung vertieft und des Weiteren wird die Ausbildung mit dieser Diplomarbeit abgeschlossen.

#### Kunde

##### Erfolgskriterien

1. Die Ansteuerung der automatisierten Kabelaufrollmaschine wird mit der Siemens SPS S7 und somit das Programm mit dem TIA Portal erstellt.
2. 80% der Anwender können das Programm ohne Hilfestellung bedienen.
3. Es liegt eine vollständige Dokumentation wie folgt vor:
  - Es können keine Abweichungen zum 4-Phasen Modell festgestellt werden.
  - Aus dem Lessons-Learnt können mind. 2 Massnahmen definiert werden.
4. Der Abgabetermin wird termingerecht eingehalten.

## 4.2 Pflichtenheft

Das Pflichtenheft wurde in diese Arbeit integriert und nicht extra beigefügt, da sonst viele Informationen doppelt vorhanden wären.

### 4.2.1 Projektorganisation

#### **Garaventa AG :**

- Fachexperte  
Martin Marktler  
Funktion: Ressortleiter Produktion, Garaventa AG  
Adresse : Tennmattstrasse 15, Goldau  
Email : [Martin.marktler@garaventa.com](mailto:Martin.marktler@garaventa.com)  
Tel: +41 859 11 77

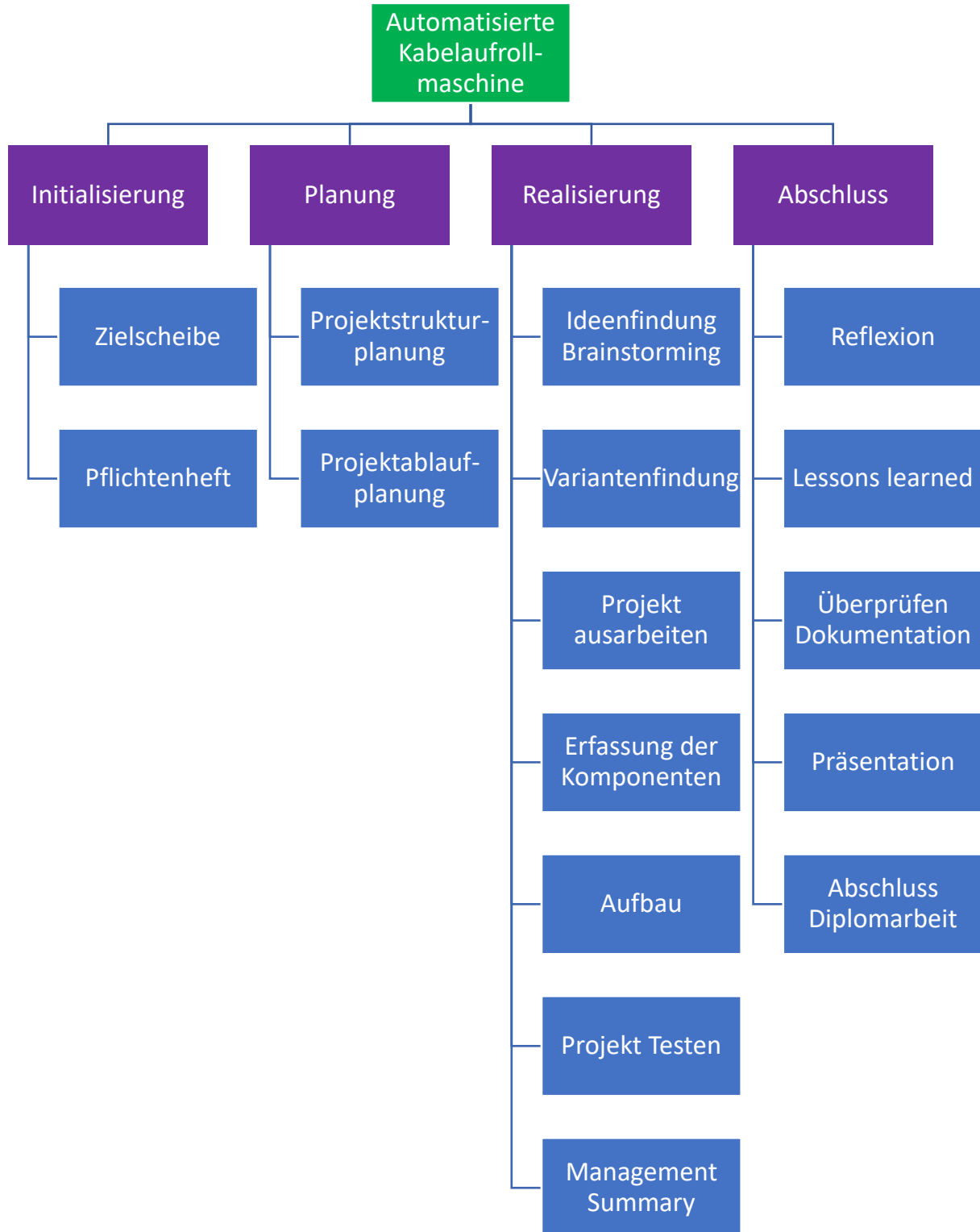
- Diplomand  
Thomas Betschart  
Funktion: Leiter Elektroabteilung, Garaventa AG  
Adresse: Silbergasse 3, Morschach  
Email : [Thomas.betschart@garaventa.com](mailto:Thomas.betschart@garaventa.com)  
Tel : +41 859 12 52

#### **Diplomlehrer:**

- TEKO  
Josef Räber  
Funktion: Diplomlehrer  
Email : [josef.raeber@teko.ch](mailto:josef.raeber@teko.ch)  
Tel : +41 79 133 54 34

## 5 Planung

### 5.1 Projektstrukturplanung





## 6 Projektrealisierung

### 6.1 Ideenfindung – Brainstorming

Für das Brainstorming setzte ich mich an einen Tisch und schrieb während 10 Minuten Stichwörter zu potenziellen Projekten auf, welche mir spontan in den Sinn kamen.

Des Weiteren habe ich mit meinem Vorgesetzten gesprochen sowie andere Abteilungsleiter angefragt, ob sie Kenntnis von potenziellen Projekten haben. Diese Vorschläge habe ich in meiner Liste ergänzt.

Ideen aus dem Brainstorming:

- Uhr digital (Anzeige Uhrzeit ohne Zeiger, nur mit Mundart-Buchstaben)
- Smart Home Steuerung (bei den Eltern)
- Aquarium-Überwachung automatisieren (bei einem Kollegen)
- Retrofit Heizung (bei den Eltern)
- Retrofit Lastenaufzug (bei den Eltern)
- Modellseilbahn inkl. Steuerung
- Modellskilift inkl. Steuerung

Ideen aus der Firma:

- Gescheiterte Diplomarbeit von einem ehemaligen Arbeitskollegen beenden (Winden Zugkraftmessung)
- Kabelaufrollmaschine für 100m-Bündel (Umbau bestehende Handaufrollmaschine)
- Retrofit Schrägaufzug (Monorack)
- Retrofit Standbohrmaschine (Abteilung Mechanik)
- Zentrale Überwachung diverser Maschinen im Areal (Heizung, Kompressor, Lüftung usw.)
- Diverse Kleinaggregate von Relais auf SPS umrüsten
- Stanzmaschinesteuerung herstellen (bei Steuerkästen Löcher stanzen, damit nicht mehr manuell gebohrt werden muss)



Abbildung 6 Brainstorming

### 6.1.1 Variantenfindung mit ABC-Methode

Nachdem ich die verschiedenen Ideen gesammelt hatte, kategorisierte ich sie mit der ABC-Methode.

Legende:

- Kategorie A: hohe Bedeutung / trifft voll zu
- Kategorie B: mittlere Bedeutung / trifft teilweise zu
- Kategorie C: niedrige Bedeutung / trifft gar nicht zu

#### Umsetzung mit TIA Portal und meinen Kenntnissen realisierbar?

Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liftsimulation</li> <li>• Aquarium</li> <li>• Retrofit Heizung</li> <li>• Zugkraftmessung</li> <li>• Retrofit Monorack</li> <li>• Kabelaufrollmaschine</li> <li>• Smart Home Steuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uhr digital</li> <li>• Retrofit Lastenaufzug</li> <li>• Retrofit Standbohrmaschine</li> <li>• Zentrale Überwachung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellseilbahn</li> <li>• Modellskilift</li> <li>• Diverse Kleinaggregate umrüsten</li> <li>• Stanzmaschine</li> </ul>

#### Technischer Aufwand machbar in der vorgegebenen Zeit?

Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uhr digital</li> <li>• Smart Home Steuerung</li> <li>• Kabelaufrollmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Home</li> <li>• Aquarium</li> <li>• Retrofit Heizung</li> <li>• Retrofit Lastenaufzug</li> <li>• Retrofit Standbohrmaschine</li> <li>• Zugkraftmessung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellseilbahn</li> <li>• Modellskilift</li> <li>• Retrofit Monorack</li> <li>• Zentrale Überwachung</li> <li>• Diverse Kleinaggregate umrüsten</li> <li>• Stanzmaschine</li> </ul>

#### Bestehen bereits Vorstellungen, um die Visualisierung auf dem HMI darzustellen?

Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uhr digital</li> <li>• Retrofit Heizung</li> <li>• Retrofit Lastenaufzug</li> <li>• Zugkraftmessung</li> <li>• Kabelaufrollmaschine</li> <li>• Smart Home</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquarium</li> <li>• Modellseilbahn</li> <li>• Modellskilift</li> <li>• Retrofit Monorack</li> <li>• Zentrale Überwachung</li> <li>• Stanzmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrofit Standbohrmaschine</li> <li>• Diverse Kleinaggregate umrüsten</li> </ul>

Sind bereits Vorkenntnisse zu den Ideen vorhanden?

Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrofit Monorack</li> <li>• Smart Home</li> <li>• Modellseilbahn</li> <li>• Modellskilift</li> <li>• Kabelaufrollmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uhr digital</li> <li>• Zugkraftmessung</li> <li>• Retrofit Standbohrmaschine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquarium</li> <li>• Retrofit Heizung</li> <li>• Retrofit Lastenaufzug</li> <li>• Zentrale Überwachung</li> <li>• Diverse Kleinaggregate umrüsten</li> <li>• Stanzmaschine</li> </ul>

6.1.2 Grobvarianten bilden

Aus der ABC-Methode heraus haben sich drei Grobvarianten herauskristallisiert:

1. Smart Home Steuerung
2. Kabelaufrollmaschine
3. Zugkraftmessung

6.1.3 Grobvarianten bewerten

Hier wird in kurzen Worten erläutert, warum ich mich für die Kabelaufrollmaschine entschieden habe.

6.1.3.1 Smart Home Steuerung

Bei meinen Eltern zuhause besteht die Möglichkeit das Haus bzw. die Wohnung «smart» zu machen. Die Smart Home Steuerung klingt nach einer sehr interessanten Idee. Eine Umsetzung mit Reglern und Schaltern, die via LED den Betriebszustand anzeigen, ist gut umsetzbar. Dabei soll die Raumtemperatur wie auch die Helligkeit auf äussere Einflüsse intelligent reagieren und Aktoren ansteuern. Der technische Aufwand lässt vermuten, dass die Erstellung der Steuerung in der geplanten Zeit machbar ist. Die visuelle Darstellung kann kompakt und informativ mit diversen Schieberegler und Schaltern für Sensoren und LEDs für Aktoren dargestellt werden.



Abbildung 7 Smart Home Steuerung

6.1.3.2 Kabelaufrollmaschine



Abbildung 8 Aufrollvorrichtung #1

In der Firma Garaventa AG werden regelmässig kleinere Bündel Kabel (Länge meist 100m) benötigt, da die Kunden für Revisionsarbeiten auf den Stützen nur kleinere Bündel wünschen. Bisher wurde dieser Vorgang immer «von Hand» gemacht. (Kabel Typ Pur/Pur 1x2.5mm<sup>2</sup>). Diese Arbeit benötigt in der Regel zwei Personen. Das Ziel ist eine möglichst automatisierte Kabelaufrollmaschine zu realisieren. Im Idealfall muss so nur die Maschine eingerichtet werden. Die z.B. 100m Kabel werden sodann möglichst sauber und automatisch aufgerollt. Die Vorteile

dieser automatischen Kabelaufrollmaschine sind Einsparung von Zeit und Personal.

### 6.1.3.3 Zugkraftmessung

Ein ehemaliger Arbeitskollege von mir realisierte vor einigen Jahren ebenfalls eine Diplomarbeit. Dabei versuchte er unsere Montagewindens, die bei der Seilbahnmontage für den Seilzug benötigt werden, um eine Zugkraftmessung zu erweitern. Dieses Projekt konnte er leider nicht vollends erfolgreich abschließen, da einige Funktionen nicht wie gewünscht arbeiteten. Die Möglichkeit bestünde nun darin, die Arbeit von meinem ehemaligen Arbeitskollegen fortzuführen und die noch offenen Problembereiche zu lösen.



Abbildung 9 Montagewinde

### 6.1.3.4 Begründung Entscheid Automatisierte Kabelaufrollmaschine

Die Zugkraftmessung habe ich aus folgenden Gründen ausgeschlossen: Ich kenne den genauen Stand der Arbeit sowie die damals aufgetretenen Probleme nicht im Detail. Deshalb ist eine genaue Aufwandsabschätzung schwer und ich fürchtete, das Projekt nicht in der vorgegebenen Zeit umsetzen zu können. Zudem war meine Motivation nicht sehr hoch, eine bereits gestartete Arbeit weiterzuführen.

Nach reiflicher Überlegung habe ich mich auch gegen die Smart Home-Steuerung im Hause meiner Eltern entschieden. Auch hier spielte der Faktor Zeit eine wichtige Rolle - das Organisieren und Einbinden von allen möglichen Sensoren klang nach einem beträchtlichen Zeitaufwand. Nicht zuletzt spielte auch die Tatsache eine wichtige Rolle, dass meine Eltern nicht „smart“ unterwegs sind und die smarten Funktionen wohl kaum nutzen würden.

So fiel mein Entschluss auf die automatisierte Kabelaufrollmaschine. Ich habe die automatisierte Kabelaufrollmaschine letzten Endes vor allem auch gewählt, weil dieses «Werkzeug» in meiner aktuell tätigen Abteilung zum Einsatz kommen wird. Ich kann somit ziemlich gut einschätzen, was mich erwartet, was das Werkzeug am Ende können muss sowie den tatsächlichen Nutzen für unsere Abteilung.

## 6.2 Projekt ausarbeiten

### 6.2.1 Funktionsbeschreibung

Wie bereits erwähnt, arbeite ich in der Elektroabteilung der Firma Garaventa. Wir verwenden für die Verkabelung auf den Stützen ein speziell hergestelltes doppelisoliertes Kabel mit einem verzinnnten Innenleiter. Dieses Kabel wird oft in Längen von 500m – 2000m bestellt, aufgewickelt auf Bobinen. Da der Kunde in der Regel eine solche Menge nicht benötigt und diese Grösse von Bobine nicht praktikabel ist um auf einer Stütze zu verwenden, werden die Bobinen von uns auf 100m-Bündel umgerollt. Dies wird von Hand gemacht und benötigt entsprechend einiges an Zeit sowie oft auch mehrere Personen.

Mit dem umgebauten «Handaufrollgerät» soll dieser Vorgang möglichst automatisiert ablaufen. Nach der ersten Einrichtung kann die 100m-Kabelbündel eine Person allein umrollen. So kann damit Zeit und am Ende auch Geld eingespart werden.

Wirtschaftlich gesehen können so pro 100m-Bündel circa 10min Zeit inklusive einer kompletten Arbeitskraft gespart werden, die dann natürlich anderweitig eingesetzt werden kann.

Auf dem Markt sind es bereits ähnliche Maschinen erhältlich. Diese sind aber sehr teuer und gross, da sie oft sehr viele Varianten von Kabel aufrollen können, was in unserem speziellen Fall aber nicht nötig ist.

Ich werde in dieser Dokumentation nachfolgend alle verwendeten Komponenten vorstellen und im Detail erklären, wie ich diese im Projekt verwendet habe. Im gleichen Zug werde ich bei der SPS und dem Frequenzumrichter die Programme erklären.

### 6.2.2 Skizze

Zuerst habe ich mir Gedanken gemacht, wie die fertig entwickelte automatisierte Kabelaufrollmaschine in etwa aussehen könnte, eine ganz grobe Vorstellung davon sieht man in den folgenden Skizzen.

#### 6.2.2.1 Vorher Handbetrieb

Bis anhin wurden immer zwei Personen benötigt, da das Abrollen bei grossen Bobinen mit dem gleichzeitigen Aufrollen der Handaufrollvorrichtung nicht möglich war. Des Weiteren musste dazwischen noch ein mechanischer Zähler montiert werden, damit das Kabel durchgezogen werden konnte. Es war also alles in allem eine mühsame Installation notwendig.

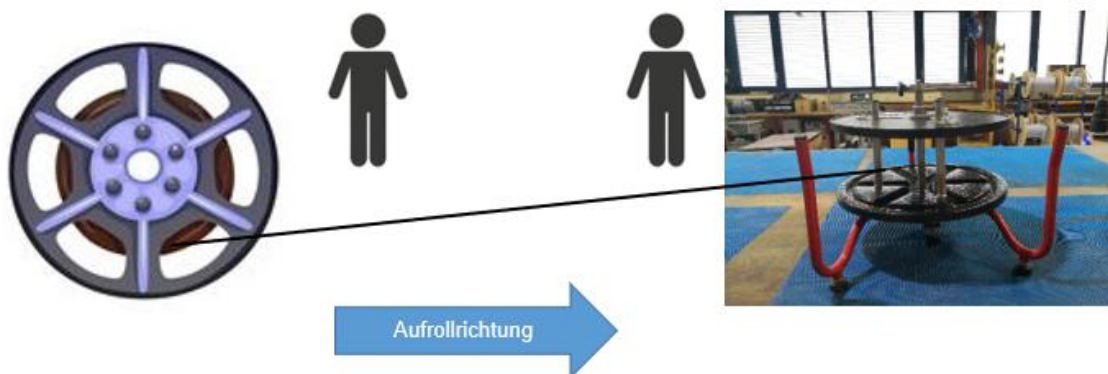


Abbildung 10 Skizze Handbetrieb

6.2.2.2 Nachher Automatikbetrieb

Mit der Automatisierten Kabelaufrollvorrichtung soll ein einfaches Einrichten möglich sein, da die komplette Vorrichtung auf einem Palett fertig installiert ist und somit nach dem Gebrauch wieder im Gestell verstaut werden kann.

Des Weiteren soll, wie in der Skizze ersichtlich, die ganze Prozedur von einer Person erfolgreich bewältigt werden können.

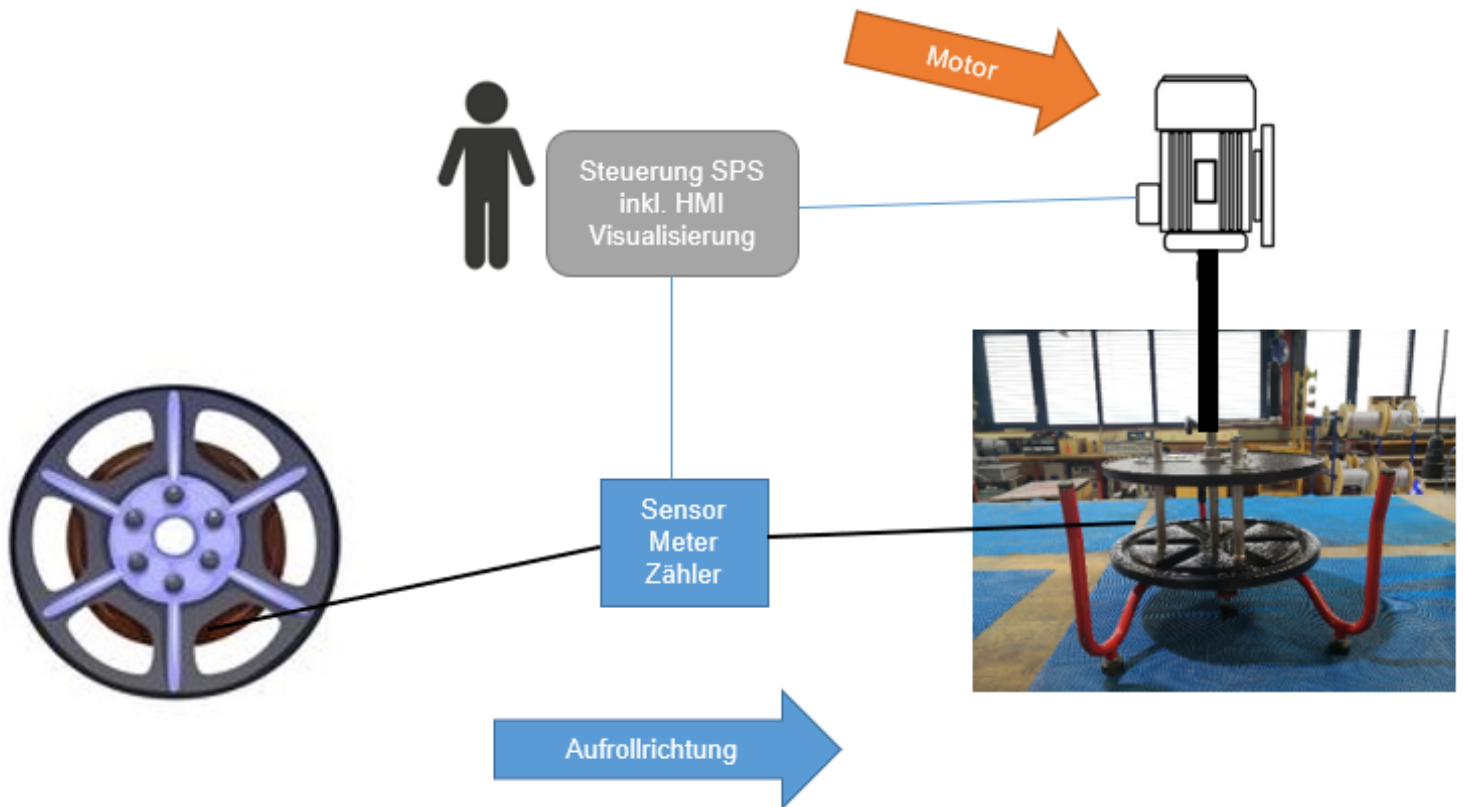


Abbildung 11 Skizze Automatikbetrieb

6.2.3 Zustandsdiagramm

Die Bedienung beinhaltet drei Kerneinstellungen: Automatik Modus, Manueller Modus und Freier Modus. Diese kann der Bediener je nach Bedarf auswählen. Im Manuellen Modus bestimmt der Anwender durch das manuelle Betätigen des Fusspedals, wie lange er die Trommel drehen lässt. Im Auto Modus dreht der Motor automatisch mit 80Hz. Sobald die 100 Meter Kabel aufgerollt sind, schaltet die Maschine in den beiden eben beschriebenen Modi automatisch aus. Im Freien Modus kann die gewünschte Anzahl Meter selbst eingegeben werden. Des Weiteren kann per Nothalt-Knopf die Anlage jederzeit stillgelegt werden.

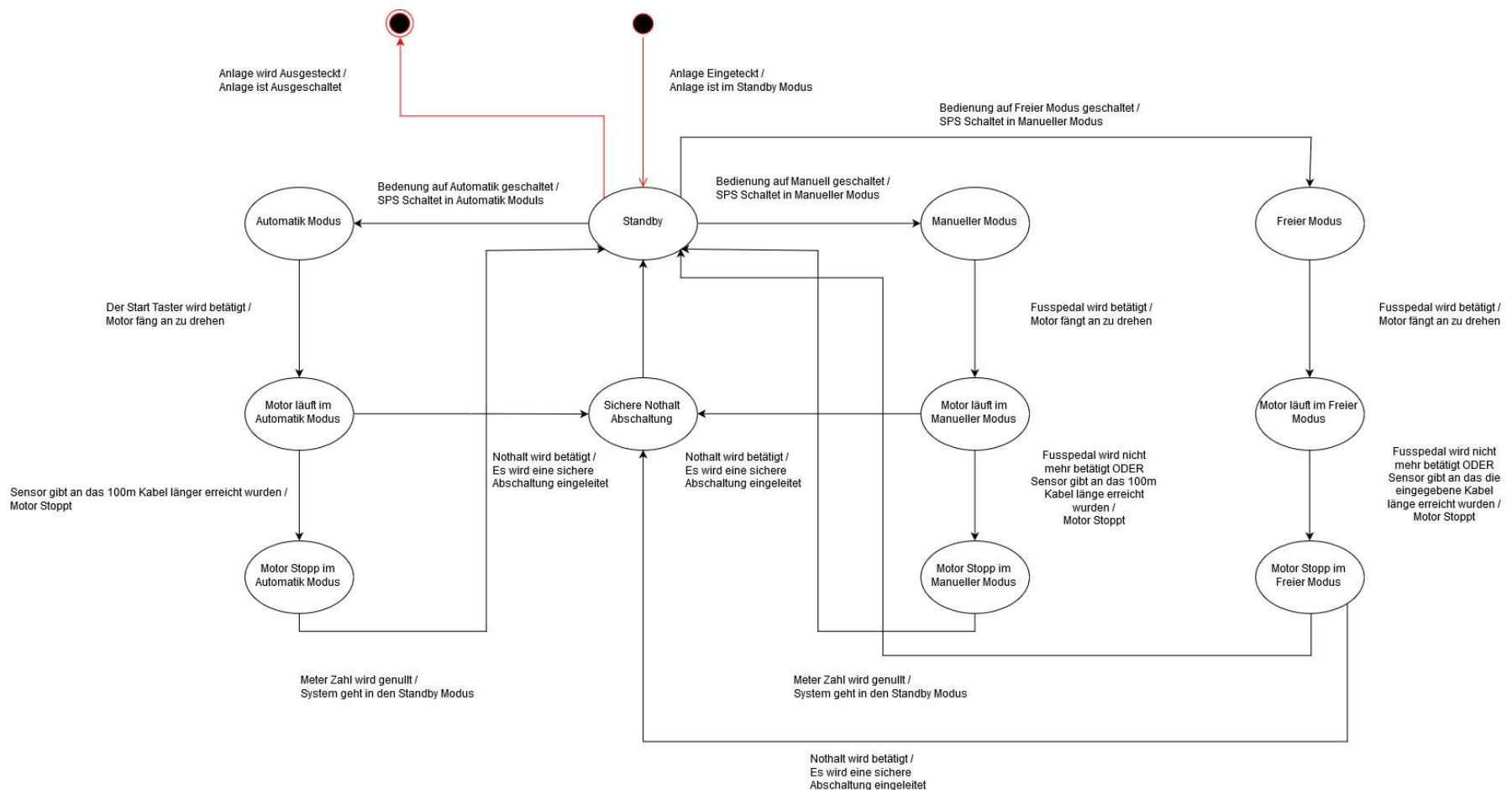


Abbildung 12 Zustandsdiagramm

6.2.4 Input / Output Skizze

Mit der folgenden Skizze erhält man eine grobe Übersicht der Sensoren und Aktoren:

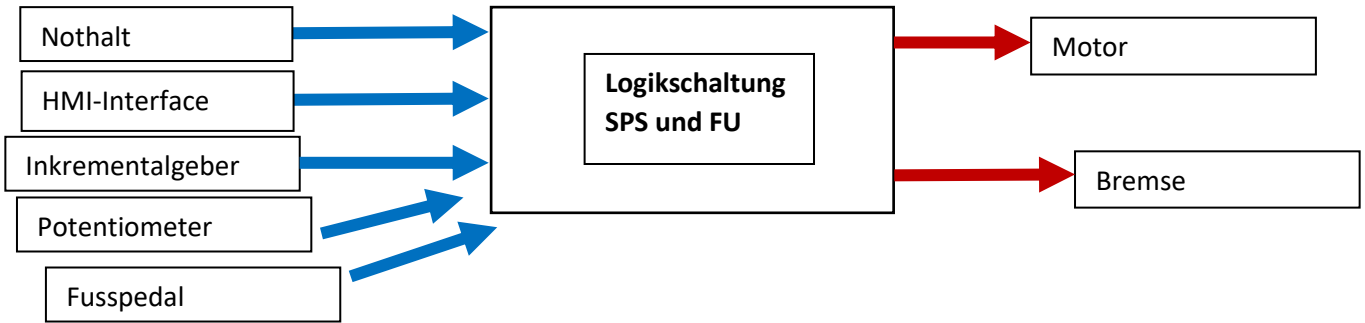


Abbildung 13 Logikschaltung

6.2.5 Wahrheitstabelle

Ich werde hier nur die Wahrheitstabelle des «Motor läuft» Netzwerkes (siehe SPS Programm) darstellen, da dieses die essenzielle Variable ist. In der Tabelle werden nur die möglichen Zustände abgebildet. Auf die Auflistung der nicht möglichen Zustände wird verzichtet. A wird definiert als Auto Modus, B als Manueller Modus und C als Freier Modus.

Variable **X=1 Motor läuft**, also sobald der Motor dreht.

Schalter Auto	Start	Zählstand 100m	A	Schalter Manuell	Fuss-pedal	Zählstand 100m	B	Schalter Freier	Fuss-pedal	Zählstand beliebig	C
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0

A	B	C	Quittierung Nothalt (NH)	X
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Tabelle 1 Wahrheitstabelle

6.2.6 KV-Diagramm

Hier wird aus der Wahrheitstabelle das KV-Diagramm erstellt.

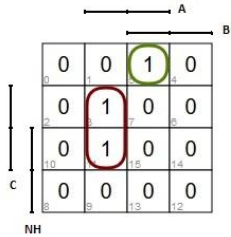
Funktionsgleichung	Diagramm
<p>Motor läuft = (AB-C-NH) + (CA-B)</p>	

Tabelle 2 KV-Diagramm

6.3 Erfassung der Komponenten und ihre Verwendung

6.3.1 Aufrollvorrichtung

Die effektive Aufrollvorrichtung, also die «Trommel», ist grundsätzlich eine herkömmliche Vorrichtung, bei der man von Hand die Kurbel dreht, um das Kabel aufzurollen. Für dieses Projekt wurde die komplette Halterung entfernt, da nur die Trommel allein benötigt wurde. Die Trommel selbst besteht aus Aluminium und Kunststoff, welche nicht gerade robuste Materialien sind. Zu beachten war insbesondere, dass die Trommel bei einer maschinell angetriebenen Vorrichtung einer deutlich erhöhten Kraft ausgesetzt ist und dieser Belastung standhalten muss.



Abbildung 14 Aufrollvorrichtung #2

6.3.2 Motor

Beim Motor hatte ich den Vorteil, dass wir firmenintern viele verschiedene Typen bereits an Lager hatten. Primär sind die Motoren aber alles sehr alte Modelle. Die grosse Herausforderung bestand darin, einen passenden zu finden, da dieser einige Kriterien erfüllen musste. Er musste so kompakt wie möglich sein, aber doch einiges an Kraft aufweisen können. Maximal 2.2kW durfte er aufweisen, da ich im Vorfeld herausgefunden hatte, dass die Frequenzumrichter ab 2.2kW einer grösseren Baugruppe angehören und somit nicht mehr wie in meiner Vorstellung in einem kompakten Steuerkasten Platz hätten.

Das nächste Kriterium waren die Drehzahlen, diese sind bei einem Kurzschlussläufer-Motor in der Regel zwischen 1000-3000 U/min. Da diese Drehzahlen viel zu schnell waren, musste es ein Motor mit einer Übersetzung sein, da ich eine sehr tiefe Drehzahl benötigte. Des Weiteren wäre eine Bremse ebenfalls von Vorteil, aber keine Bedingung.

In die engere Auswahl kamen folgende Motoren:



Abbildung 15 Flansch-Motor



Abbildung 16 Winkelgetriebe-Motor



Abbildung 17 Getriebe-Motor

Flansch-Motor  
0.75 kW  
1.9 A  
N1: 1395 U/min  
N2: 110 U/min  
Bremse: Ja

Winkelgetriebe-Motor  
0.63 kW  
1.5 A  
N1: 1390 U/min  
N2: 78 U/min  
Bremse: Ja

Getriebe-Motor  
1.5 kW  
3.85 A  
N1: 1410 U/min  
N2: 37 U/min  
Bremse: Ja

Die Entscheidung fiel auf den 1.5 kW Getriebe-Motor, da die Montage am einfachsten zu bewerkstelligen ist, da dieser Standfüsse hat für eine waagrechte oder senkrechte Montage. Beim provisorischen Testlauf bemerkte ich, dass die 37 U/min zu langsam sind. Dieses Problem konnte ich jedoch mit dem Frequenzumrichter lösen, da ich den Motor damit mit 80 oder 100 Hz betreiben konnte, was praktisch zu einer Verdopplung von 37 auf gemessene 77 U/min bei 100 Hz führte.

### 6.3.3 Bremse

Der verwendete Getriebe-Motor hatte eine bereits integrierte Bremse. Für mein Projekt wäre eine Bremse nicht notwendig gewesen. Da diese nun aber vorlag, wollte ich sie ebenfalls mit einbinden.

Die Bremse ist eine Gleichstrom-Bremse. Im Klemmenbrett des Motors ist ein Gleichrichter verbaut, dieser wird mit 230V Aussenleiter und Neutralleiter angeschlossen.

Bremse unter der Abdeckung liegend:



Abbildung 19 Gleichrichter

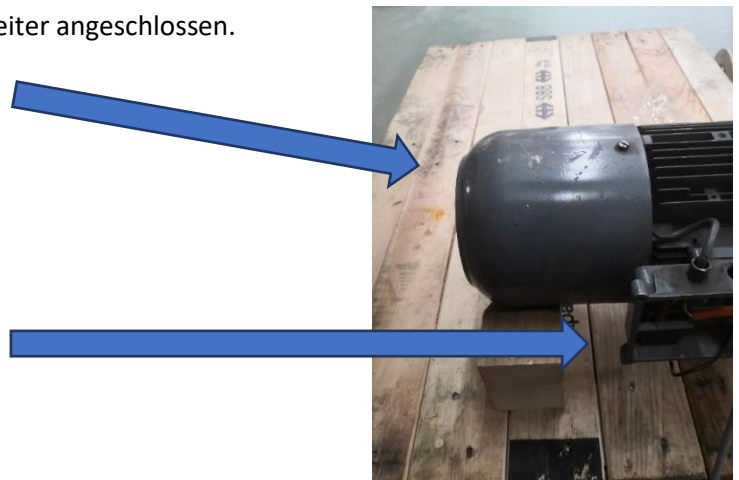


Abbildung 18 Bremse

6.3.4 SPS

Wie der Zielscheibe zu entnehmen ist, hatte ich schon früh vor, die Umsetzung per TIA Portal-Software zu realisieren; dies bedeutete mit einer Siemens SPS. Die Entscheidung fiel mir jedoch nicht leicht, da ich mich mit der LOGO (ebenfalls von Siemens) bereits einige Erfahrung hatte und ich mich zuerst in diese Richtung bewegen wollte.

Da wir aber im SPS-Unterricht mit der TIA Portal Software arbeiteten, wurde mir diese Software immer sympathischer. Im Unterricht an der TEKO hatte ich gelernt, wie man ein HMI (Human Machine Interface) einrichtet und programmiert. Dies war der ausschlaggebende Punkt, der für die S7 SPS sprach, da ich bei der LOGO keine Erfahrung mit einer Bildschirmansteuerung hatte.

Bei der CPU handelte es sich um die S7-1212C AC/DC/RLY.

Der Aufbau des Programms ist so gestaltet, dass alle verschiedenen Funktionen in separate Netzwerke aufgeteilt sind. Dies dient der guten visuellen Übersicht sowie der einfachen Verfolgung bei diversen Funktionstests im Simulationsmodus der S7.



Abbildung 20 CPU 1212

6.3.4.1 Variablen-Liste der CPU

In Tabelle 4 sind alle verwendeten Variablen aufgelistet. Man sieht, wie ich die verschiedenen Variablen benannt habe, den Datentyp und natürlich auch die Interne Adresse.

PLC-Variablen									
	Name	Variablen-tabelle	Datentyp	Adresse	Rema...	Erreic...	Schrei...	Sichtb..	
1	Zähler_Reset_Taste	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Aktuelle_Meterzahl	Standard-Variablen-tabelle	Int	%MW2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Motor_Läuft	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Schalter_Auto	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Schalter_Vorwärts	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	FU_Auto	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Zählerstand_100m	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Start	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Bremse	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Schalter_Manuell	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Schalter_Frei	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	FU_Manuell_Frei	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	NH_Quittieren	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Taste_FU_und_NH_Quittieren	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Motor_Vorwärts	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Fusspedal	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Summer	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Schalter_Einstellungen	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Tag_1	Standard-Variablen-tabelle	DWord	%ID250	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Impulse	Standard-Variablen-tabelle	Int	%MW8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Impulse_Dividiert	Standard-Variablen-tabelle	Int	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	Nothalt_Quittiert	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	Z_Signal	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	Eingabe_Freier_Modus	Standard-Variablen-tabelle	Int	%MW22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	Zählerstand_beliebig	Standard-Variablen-tabelle	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Tabelle 3 Variable-Liste der CPU

Nachfolgend werde ich die eben erwähnten Netzwerke einzeln durchgehen und die Funktionsabläufe erklären.

6.3.4.2 Netzwerk 1 - Zähler

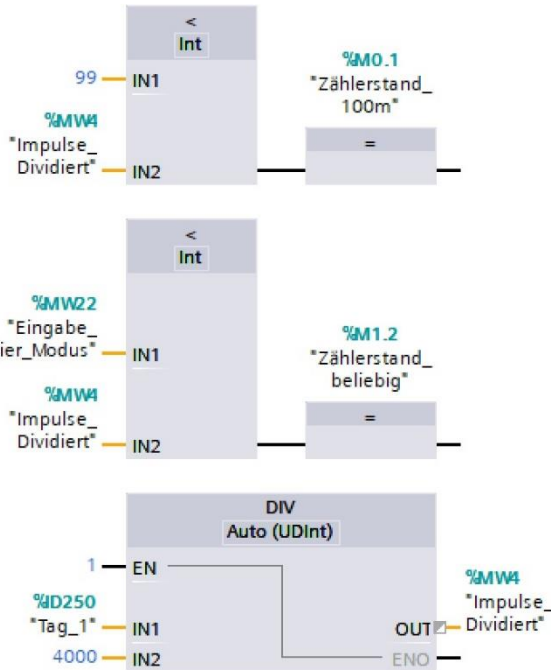


Abbildung 22 Netzwerk 1 Zähler #1

und dort auch die verwendeten Anschlussklemmen angeben konnte. Danach hatte ich bereits das erste Erfolgserlebnis. Ich konnte die Impulse mit der Variablen «Tag\_1» verknüpfen und so in das Programm einfließen lassen.

Nach einigen Tests bemerkte ich, dass nicht alle Impulse korrekt verarbeitet wurden, da beim schnellen Drehen des Zählers Fehler auftraten. Mit Hilfe der Anleitung fand ich heraus, dass es nicht ausreicht, nur die Eingänge für den schnellen Zählvorgang klar zu deklarieren, sondern dass man

zusätzlich den Eingangsfiler ebenfalls darauf anpasse muss.

Das hieß also, dass dieser Wert, der standardmässig auf 6.4ms eingestellt war, tiefer sein musste als die Abfolge der einkommenden Impulse, um so korrekt von der CPU erfasst zu werden. Sobald ich diese auf den Wert 0.4ms geändert hatte, funktionierte die Zählung sehr präzise.

Die Variable «Tag\_1» bringt nun also die Impulse. Mit einem Divisionsblock teile ich diese Impulse durch 4'000, da ja wie erwähnt 4'000 Impulse einem Meter entsprechen. Den so erhaltenen Wert habe ich jeweils mit einem «Ist kleiner als»-Block auf einen internen Merker geführt, um in einem späteren Schritt die automatische Abschaltung bei z.B. 100m umzusetzen. Der CTRL\_HSC-Baustein (Abb. 22) ist extra für die «schnellen Zähler», um dort diverse Funktionen verarbeiten zu können. Ich habe von diesem Baustein lediglich die «CV», also die Zurücksetzen-Funktion verwendet.

Da ich die Meter-Zählung ebenfalls digital erfassen wollte, musste ich die Impulse des Sensors auswerten. Da der Umfang des Zählerrades 25cm war und laut Datenblatt 1'000 Impulse pro Umdrehung betrug, konnte ich berechnen, dass 4'000 Impulse = 1 Meter entsprachen.

Die Konfiguration war für mich sehr aufwendig, da ich noch keine Erfahrung mit solch einem Netzwerk hatte. Mein Sensor hatte die Signale A / B / Z und Z-. Als ich diese anschloss, sah ich zwar, dass am Eingang die LED rasant blinkten, aber mir war unbekannt, wie ich diese Signale in die SPS-Netzwerke übertragen konnte.

Nach einiger Recherche fand ich heraus, dass man die verwendeten Eingänge separat als «schnelle Zähler»-Eingänge validieren musste

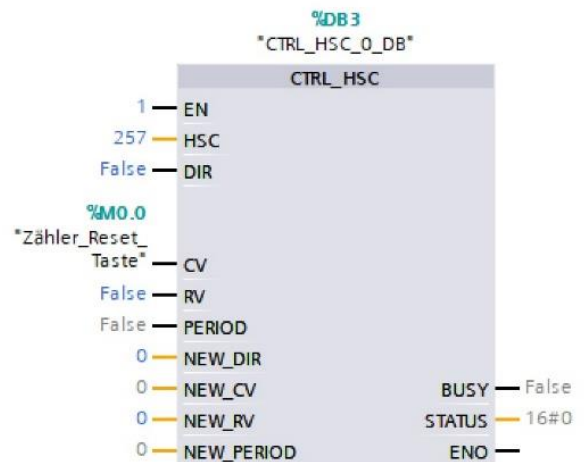


Abbildung 21 Netzwerk 1 Zähler #2

6.3.4.3 Netzwerk 2 - Bremse

Nachfolgend ist die komplette Schaltung des 2. Netzwerks abgebildet. Diese beinhaltet die notwendigen Vorgänge, damit sich die Bremse öffnet.

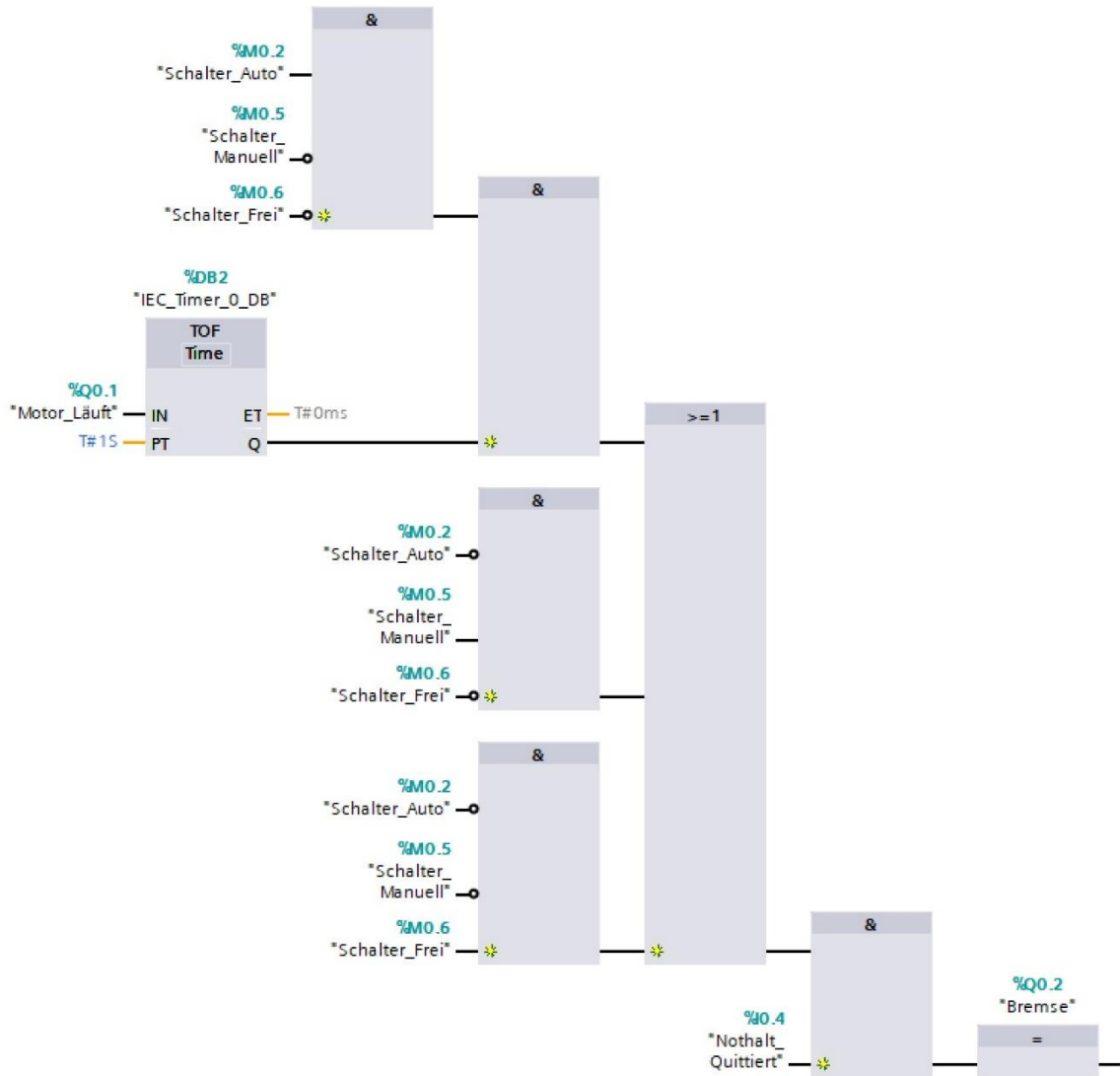


Abbildung 23 Netzwerk 2 - Bremse

Dies funktioniert folgendermassen: sobald ein Modus einzeln aktiviert wird, öffnet sich die Bremse. Diese bleibt anschliessend permanent offen. Die Ausnahme bildet hier der Automatik Modus, dort ist die Bremse von Beginn an geschlossen und öffnet gleichzeitig mit dem Starten des Motors. Nachdem 100m Kabel aufgerollt worden sind und der Motor gestoppt hat, fällt die Bremse leicht verzögert nach 1 Sekunde ebenfalls wieder ein. Dies wurde deshalb so umgesetzt da es beim Automatischen Modus möglich ist, dass keine Person am Gerät ist und es gewährleistet sein muss, dass die Maschine sicher anhält. Des Weiteren muss das Nothalt-Relais quittiert sein, sonst öffnet die Bremse nicht.

Die Bremse wird über ein externes Relais vom Ausgang Q0.2 der SPS angesteuert.

6.3.4.4 Netzwerk 3 - Drehrichtung

Die Drehrichtung wird über den Frequenzumrichter geregelt. Die Funktionsweise der Drehrichtung werde ich deshalb im Kapitel 6.3.6 Frequenzumrichter im Detail erläutern. Da man vom HMI-Bildschirm die Drehrichtung ändern kann, musste ich eine Variable für das Umschalten definieren. Diese Variable bringt das Signal über den Ausgang Q0.5 auf den Frequenzumrichter.

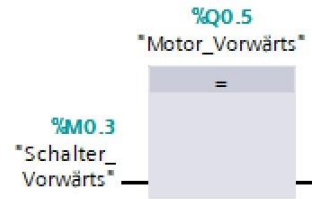


Abbildung 24 Netzwerk 3 Drehrichtung

6.3.4.5 Netzwerk 4 - Motor läuft

In diesem Netzwerk ist definiert, ab wann man den Motor starten kann. Grundsätzlich funktioniert dieser Ablauf ähnlich wie das Programm bei der Bremse. Damit der Motor startet, muss zum einen immer ein Modus aktiviert sein und zum anderen muss das Nothalt-Relais quitiert sein.

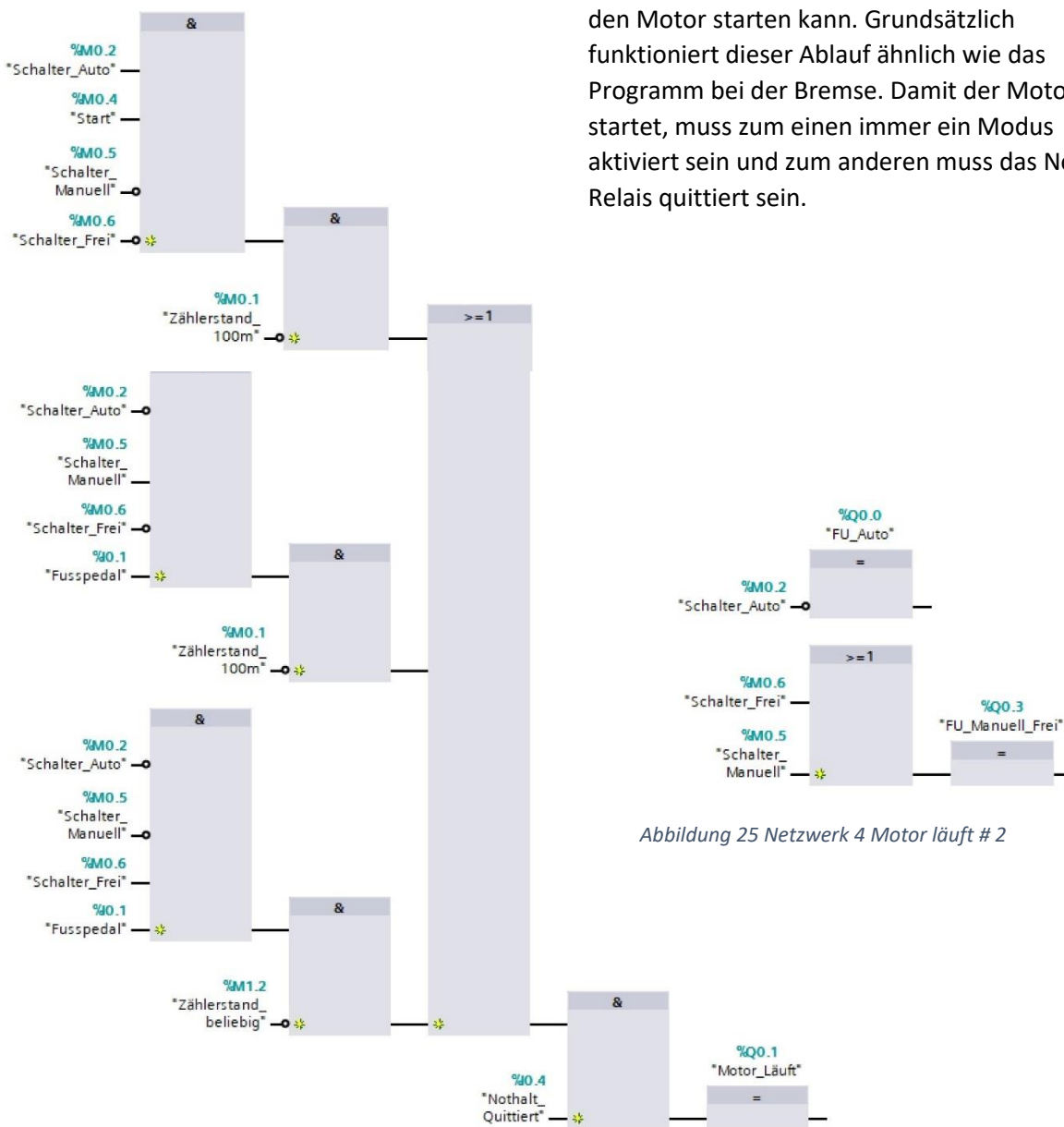


Abbildung 25 Netzwerk 4 Motor läuft # 2

Abbildung 26 Netzwerk 4 Motor läuft # 1

Beim Automatik Modus sowie auch im Manuellen Modus wird immer der Zählstand verglichen, dazu verwende ich die Variable «Zählerstand 100m» aus dem Netzwerk 1. Somit ist gewährleistet, dass der Motor nur in einem klar definierten und durch das Nothalt-Relais auch nur in einem sicheren Zustand starten kann.

Des Weiteren ist im selben Netzwerk auch der Automatik Modus definiert worden. Die SPS meldet dem Frequenzumrichter über den Ausgang Q0.0 den Wert «0», was heisst, dass man nun im Automatik Modus ist und dort die entsprechend hinterlegte Geschwindigkeit aktiviert wird.

Ebenso ist der Ausgang Q0.3 für den Frequenzumrichter bestimmt. Dadurch regelt dieser die Geschwindigkeit nicht automatisch hoch, sobald man in den Manuellen oder Freien Modus schaltet, da man stattdessen über das Potentiometer steuern kann.

6.3.4.6 Netzwerk 5 - Nothalt Quittieren

Hier wird das Quittieren des Nothaltkreises behandelt. Die Voraussetzungen für das Quittieren sind im E-Schema ersichtlich. Es geht darum, dass über den Bildschirm automatisch quittiert werden kann, sobald man einen Modus aktiviert oder wechselt. Da das Nothalt-Relais nur quittiert werden kann, wenn das Signal einen kurzen Impuls beinhaltet, habe ich hier ein Zeitmodul vorgeschaltet, das einen solchen benötigten Impuls erzeugt.



Abbildung 27 Netzwerk 5 Nothalt Quittieren

6.3.4.7 Netzwerk 6 - Optionaler Summer

Das letzte Netzwerk beinhaltet eine optionale Summer-Ansteuerung. Ursprünglich wollte ich einen Summer realisieren, der bei 90m anfängt zu piepsen und so den Bediener informiert, dass die 100m bald erreicht sind. Da die SPS leider keine weiteren Ausgänge hatte, konnte ich diesen Summer nicht umsetzen. Ich lasse das Programm aber trotzdem in der SPS, für den Fall, dass wir eines Tages die SPS mit weiteren Ausgängen erweitern.

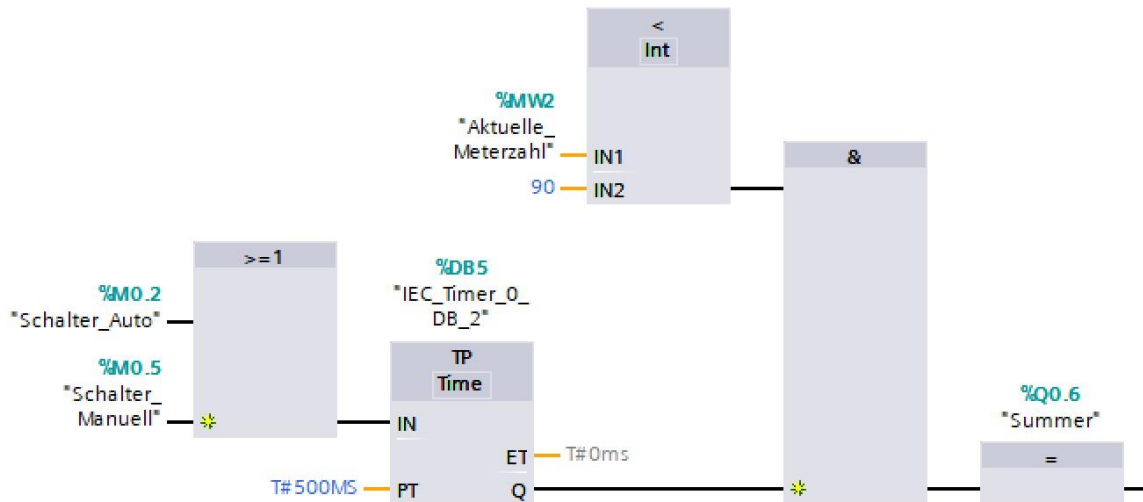


Abbildung 28 Netzwerk 6 Optionaler Summer

6.3.5 HMI

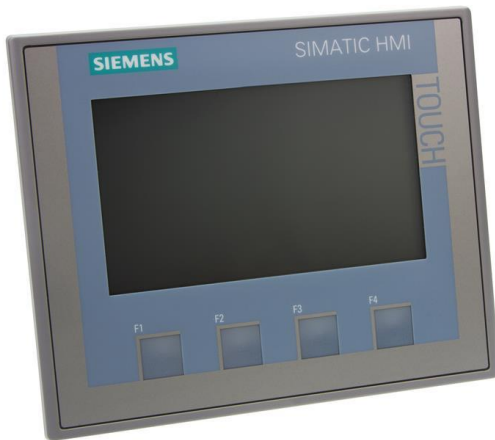


Abbildung 29 HMI KTP400 Basic

Für die Visualisierung habe ich mich für den Siemens Touch Bildschirm mit dem Namen KTP400 Basic entschieden. Mir war bewusst, dass er etwas klein sein könnte, aber der nächstgrössere Bildschirm hätte fast doppelt so viel gekostet. Deshalb entschied ich mich für diese Variante. Mit einem solchen Bildschirm hatte ich zuvor noch keine Erfahrungen sammeln können, da wir in der Schule nur Simulationen gemacht haben und wir somit nicht an echter Hardware üben konnten. Der Bildschirm hat unterhalb des Displays vier physische Knöpfe, bezeichnet mit F1-F4.

Mein Ziel war es, eine möglichst intuitive Bedienung zu realisieren, damit mindestens 80% der Bediener ohne zusätzliche Informationen die Maschine bedienen können.

Im Tia Portal kann man diese Bildschirme sehr individuell gestalten. Da es vier physikalische Knöpfe gibt, wollte ich diese möglichst sinnvoll verwenden. Deshalb entschied ich mich, mit diesen F-Tasten die drei Modi anzusteuern und mit der vierten Taste ein Infowindow anzeigen zu lassen.

Nachfolgend zeige ich wieder die Variablen-Liste des HMI und danach werde ich die verschiedenen gestalteten Bildschirme durchgehen und erklären.

6.3.5.1 Variable-Liste HMI

In Tabelle 5 sind die einzelnen HMI-Variablen ersichtlich, ebenfalls Details wie Datentyp und die damit verknüpfte PLC-Variable.

HMI-Variablen						
Name ▲	Variablen-Tabelle	Datentyp	Verbindung	PLC-Name	PLC-Variable	
Aktuelle_Meterzahl	Standard-Variablen-Tabelle	Int	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Aktuelle_Meterzahl	
Bremse	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Bremsen	
FU_und_NH_Quittieren	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	NH_Quittieren	
Impulse_Dividiert	Standard-Variablen-Tabelle	Int	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Impulse_Dividiert	
Motor_Läuft	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Motor_Läuft	
Motor_Vorwärts	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Motor_Vorwärts	
Schalter_Auto	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Schalter_Auto	
Schalter_Einstellungen	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Schalter_Einstellungen	
Schalter_Frei	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Schalter_Frei	
Schalter_Manuell	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Schalter_Manuell	
Schalter_Vorwärts	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Schalter_Vorwärts	
Start	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Start	
Eingabe_Freier_Modus	Standard-Variablen-Tabelle	Int	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Eingabe_Freier_Modus	
Zähler_Reset_Taste	Standard-Variablen-Tabelle	Bool	HMI_Verbindung_1	PLC_1	Zähler_Reset_Taste	

Tabelle 4 Variable-Liste HMI

6.3.5.2 Bildschirm „Home“

Sobald die Anlage mit Spannung versorgt wird, startet der Bildschirm und geht automatisch zum «Home»-Fenster über. Dieser soll dem Bediener die wichtigsten Informationen mitgeben, damit dieser die Anlage ohne weitere Fragen bedienen kann.

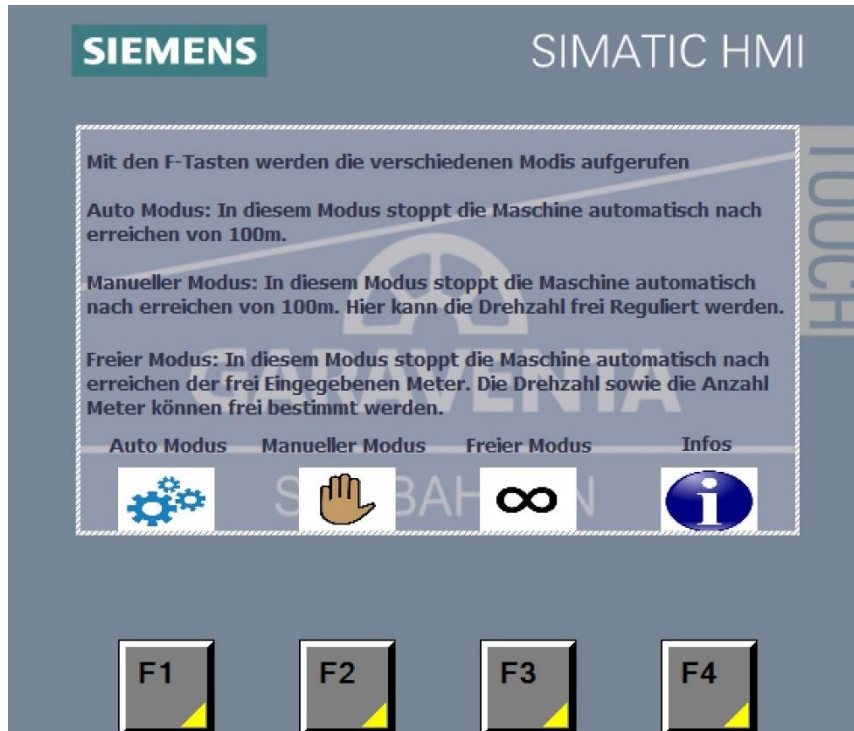


Abbildung 30 Bildschirm Home

Wie oben erwähnt, habe ich mich dazu entschieden, die vier physikalischen Taster für die Umschaltung der Modi zu verwenden. Wie im Bild ersichtlich habe, ich die Taster mit Schrift und einer Visualisierung versucht möglichst intuitiv zu gestalten.

Vom Home-Bildschirm aus kann man nun in den gewünschten Modus wechseln und die Maschine entsprechend starten.

6.3.5.3 Bildschirm „Automatischer Modus“

Wenn der Bediener die Taste F1 (Auto Modus) drückt, wird das Nothaltrelais quitiert und die Anlage ist startbereit. Auf diesem Bildschirm gibt es einen Start Schalter, dieser startet den Motor, sofern alle Bedingungen dafür erfüllt sind. Mit einem weiteren Schalter kann die Drehrichtung jederzeit gewechselt werden, sofern gewünscht. Diese Option soll dem Bediener mehr Flexibilität gewähren, auch wenn im normalen Ablauf ein Drehrichtungswechsel nicht nötig sein sollte.

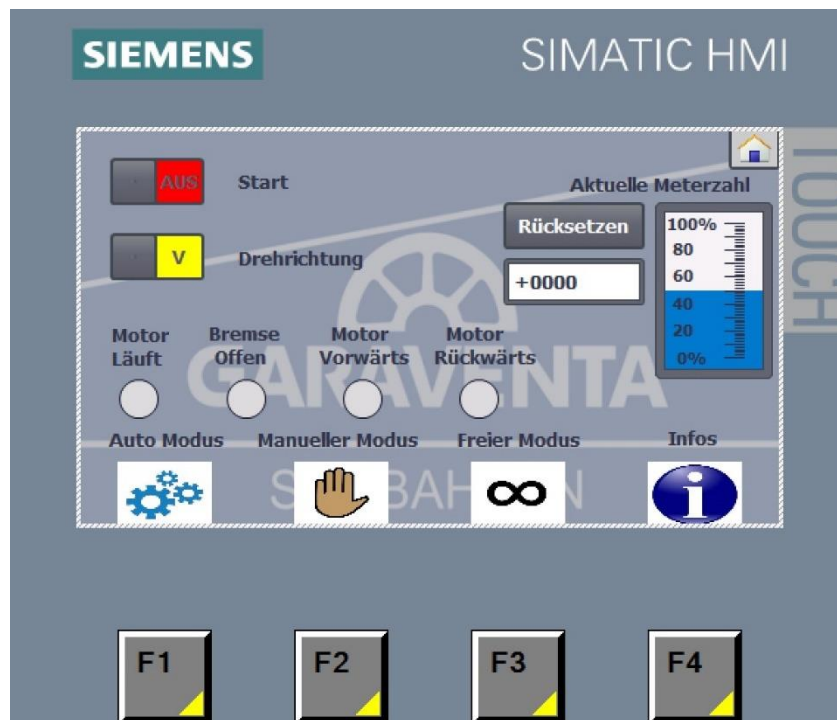


Abbildung 31 Bildschirm Automatischer Modus

Es gibt einige Signallampen, um den Bediener über den aktuellen Ist-Zustand zu informieren. Eine davon ist die Anzeige «Motor läuft». Sobald der Motor am Drehen ist, leuchtet diese Anzeige grün. Daneben befindet sich die Anzeige «Bremsen offen», diese zeigt die Stellung der Bremse an. Wenn die Bremse geschlossen ist, leuchtet die Anzeige rot und wenn die Bremse sich im offenen Zustand befindet, leuchtet sie grün. Da der Bediener jederzeit die Drehrichtung wechseln kann, sieht er auf dem HMI-Bildschirm jederzeit die aktuelle Drehrichtung mit den beiden Anzeigen «Motor Vorwärts» und «Motor Rückwärts». Diese leuchten je nach aktiviertem Signal grün.

Auf der rechten Seite sieht man immer die aktuelle Meterzahl, also wie viele Meter bereits aufgerollt wurden. Einerseits durch eine Dezimalzahl und andererseits durch eine Prozentanzeige. Somit hat der Bediener jederzeit den Überblick, wie viele Meter bereits aufgerollt wurden und wie viele noch fehlen. Diese Anzeige kann bei Bedarf jederzeit zurückgesetzt werden.

Ganz oben rechts in der Ecke ist ein kleines Bildchen mit einem Haus. Sobald dieses betätigt wird, kommt man wieder in den Home-Bildschirm. Dies kann zum Beispiel sinnvoll sein, wenn man die Mini-Anleitung noch einmal lesen möchte.

6.3.5.4 Bildschirm „Manueller Modus“

Der Manuelle Modus unterscheidet sich nur minimal vom Automatischen Modus. So gibt es keinen Start-Schalter, da der Start-Befehl über ein Fusspedal angesteuert wird. Dies aus dem Grund, da man in diesem Modus die Drehzahlen mit einem auf dem Schaltschrank montierten physikalischen Potentiometer jederzeit frei wählen kann. Somit hat man beide Hände frei, um bei Bedarf die Drehzahl zu verändern oder um den Kabelverlauf führen zu können.

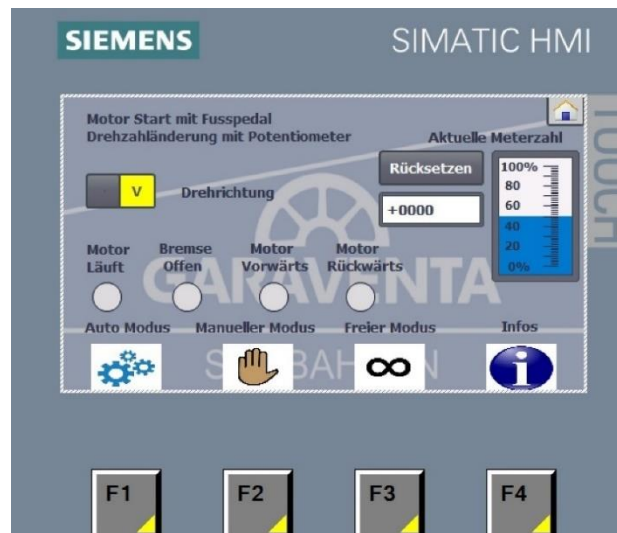


Abbildung 32 Bildschirm Manueller Modus

6.3.5.5 Bildschirm „Freier Modus“

Der Freie Modus wiederum unterscheidet sich nur marginal vom Manuellen Modus. Die Ansteuerung erfolgt ebenfalls mittels Fusspedal und auch die Drehzahl ist mit dem Potentiometer frei wählbar. Es gibt jedoch ein zusätzliches Eingabe-Feld, um die gewünschte Anzahl Meter einzugeben. Ein weiterer Unterschied zu den anderen beiden Modi ist, dass die Maschine nicht automatisch nach Erreichen der 100m automatisch stoppt. Es können also so viele Meter aufgerollt werden wie man möchte, die Maschine leitet kein Anhalten ein.

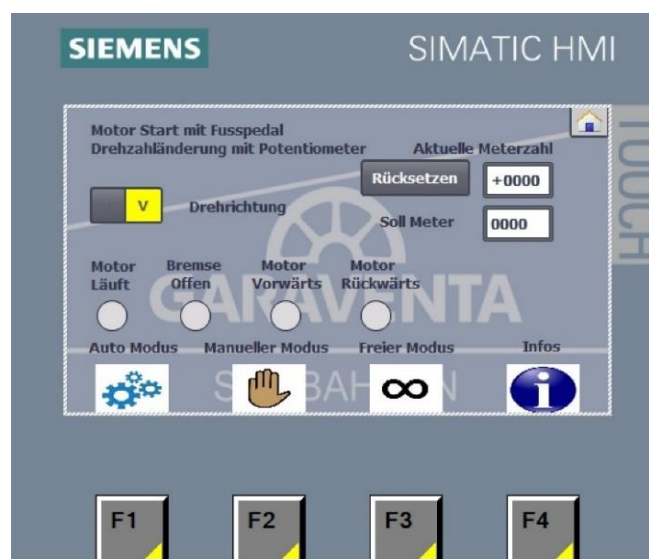


Abbildung 33 Bildschirm Freier Modus

6.3.5.6 *Bildschirm „Infos“*

In Bildschirm F4 werden diverse Informationen zum Produkt dargestellt. Es werden die einzelnen Komponenten-Typen angezeigt sowie die Schema-Nummer. Sobald sich der Bediener in dieser Anzeige befindet, kann nicht mehr gefahren werden.

Auch von hier kann jederzeit in die anderen drei Modi sowie in den «Home»-Bildschirm gewechselt werden.



Abbildung 34 Bildschirm-Infos

6.3.6 Frequenzumrichter

Da ich zu Beginn noch nicht präzise wusste, welche Leistung der Motor haben wird, suchte ich einen Frequenzumrichter, der bis zu ca. 2KW Leistung erbringen kann. Wichtig war auch die Verfügbarkeit, da ich einen Endtermin für die Arbeit hatte. Da aktuell grosse Lieferschwierigkeiten beim Frequenzumrichter-Lieferanten der Garaventa bestehen (teilweise bis zu sechs Monate) habe ich mich für ein neues, unbekanntes Produkt entschieden. Glücklicherweise hatte der ST 500 von Sourcetric ein 2.2KW FU lagernd und nachdem ich im Datenblatt gesehen habe, dass dieser kleine Frequenzumrichter über diverse Ansteuerungsmöglichkeiten verfügte, war die Entscheidung zu Gunsten dieses Umrichters gefallen.



Abbildung 35 FU ST500

Im weiteren Verlauf der Dokumentation wird das Wort Frequenzumrichter mit FU abgekürzt.

Da der FU über mehrere hundert Parameter verfügt, werde ich nur auf die von mir veränderten Parameter eingehen sowie auf jene, die relevant sind um zu verstehen, welche Kernfunktion der FU bei der automatisierten Kabelaufrollmaschine übernimmt.

Der FU hat diverse Ansteuerungsmöglichkeiten. Ich verwende für meine Steuerung die sogenannte Zweileitersteuerung. Diese hat den Vorteil, dass ich weniger digitale Eingänge des Frequenzumrichters benötige, da ich zum einen mit einem digitalen Eingang die Start-/Stopp-Funktion ausführen und zum anderen mit einem zweiten digitalen Eingang zwischen Vorwärts / Rückwärts umschalten kann.

Um diese Funktion zu aktivieren, wurde beim Parameter F1.10 der «Terminalmodus» auf die Zweileitersteuerung 2 angepasst.

F1.10	Terminalmodus	0: Zweileitersteuerung 1 1: Zweileitersteuerung 2 2: Dreileitersteuerung 1 3: Dreileitersteuerung 2	1
-------	---------------	--	---

Tabelle 5 FU-Parameter #1

Klemmen	Parameterwert	Beschreibung	Tatsächliche Funktion
DI 1 - DI 8	1	Vorwärtsbetrieb (FWD)	Start/Stopp
DI 1 - DI 8	2	Rückwärtsbetrieb (REV)	FWD/REV

K1	K2	Befehl
0	0	Stopp
0	1	Stopp
1	0	Vorwärts
1	1	Rückwärts

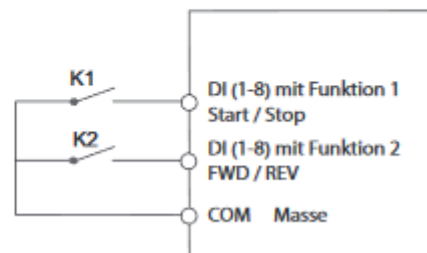


Tabelle 6 FU-Parameter #2

Damit die Anschlussklemmen freigeschaltet werden, muss ich den Parameter F0.11 «Steuerquelle» anpassen, da in den Standardeinstellungen nur das Bedienfeld aktiviert ist.

F0.11	Steuerquelle	0: Bedienfeld (LED aus) 1: Klemmen (LED an) 2: Schnittstelle (LED blinkt) 3: Bedienfeld und Schnittstelle 4: alle drei Quellen aktiv	4
-------	--------------	--	---

Tabelle 7 FU-Parameter #3

Eine weitere wichtige Einstellungsmöglichkeit ist die Rampenzeit. Beim verwendeten FU wird sie als F0.13 «Beschleunigungszeit» und als F0.14 «Bremszeit» bezeichnet. Sie beschreibt, wie lange der FU hat, bis er die Nenndrehzahl (in diesem Beispiel 100Hz) erreicht. Die «Bremszeit» beschreibt die Dauer nach dem Stopp-Befehl bis zum Stillstand 0 Hz.

Da ich bei einem regulären Stopp keinen langen Auslauf möchte - die Maschine stoppt automatisch bei 100m - war es mir wichtig, die «Bremszeit» so kurz wie möglich zu halten. Deshalb wurde diese Einstellung auf 0.5s verändert. Die Beschleunigungszeit belies ich auf dem Standardwert von 10s.

F0.13	Beschleunigungszeit 1	0.00s bis 6500s Werkseinstellung abhängig von Leistungsklasse des Umrichters	10s
F0.14	Bremszeit 1	0.00s bis 6500s Werkseinst. abh. von Leistung	0.5s

Tabelle 8 FU-Parameter #4

Standardmässig ist der FU auf max. 50 Hz eingestellt. Da ich aber bis auf 100Hz hochregeln können will, habe ich die Parameter F0.19 «Maximale Ausgangsfrequenz» sowie F0.21 «Obere Grenzfrequenz» entsprechend angepasst.

F0.21	Obere Grenzfrequenz	F0.23 bis F0.19	100 Hz
F0.19	Maximale Ausgangsfrequenz	50.00Hz bis 3200.0Hz	100 Hz

Tabelle 9 FU-Parameter #5

Sämtliche Befehle werden über die digitalen Eingänge des FU gesteuert. Der ST 500 hat acht digitale Eingänge, die über die Parameter F1.00 bis F1.07 frei programmiert werden können. Folgende Parameter habe ich verwendet:

F1.00	DI1 Funktion	<b>Start/Stopp Vorwärts/Rückwärts</b>
F1.01	DI2 Funktion	
F1.02	DI3 Funktion	<b>FU Quittierung Auto Modus Ein/Aus</b>
F1.03	DI4 Funktion	
F1.04	DI5 Funktion	
F1.05	DI6 Funktion	<b>Potentiometer Ein/Aus</b>
F1.06	DI7 Funktion	
F1.07	DI8 Funktion	
F1.08	Reserviert	
F1.09	Reserviert	

Tabelle 10 FU-Parameter #6

6.3.7 Inkrementalgeber

Der passende Sensor sollte über eine hohe Anzahl an Impulsen verfügen. Die riesige Auswahl auf dem Markt vereinfachte die Suche nicht wirklich. Dazu überlegte ich mir noch einen Aufbau um den Sensor passend zu befestigen.

Per Zufall stolperte ich im Internet über ein Fertigprodukt, das einen Inkrementalgeber bereits verbaut hatte sowie mit integrierter Meterzählung. So entschied ich mich für das Fertigprodukt von TRUMETER mit verbautem 300Khz-Inkrementalgeber mit dem Namen 4T260.

Das Drehrad, über das der Sensor die Impulse generiert, hat einen Umfang von 25cm. Wie im Datenblatt ersichtlich, generiert der Sensor pro Umdrehung 1000 Impulse. Somit entspricht 1m = 4000 Impulsen. Dies war für meine Umsetzung sehr praktisch und konnte entsprechen gut in die SPS integriert werden.



Abbildung 36 Inkrementalgeber

6.3.8 Sichere Abschaltung

Damit jederzeit eine sichere Abschaltung gewährleistet werden kann, habe ich mich für ein Sicherheitsmodul entschieden, das wir in der Firma oft verwenden. Dieses Sicherheitsmodul hat intern 2 Relais in Serie verbaut, mit jeweils 3 Schliesser-Kontakten.

Das Modul verfügt über einen redundanten Nothaltkreis, der Unterbrüche, Quer- sowie auch Kurzschlüsse überwacht. Des Weiteren gibt es einen Quittier-Kreis, welcher die Voraussetzungen definiert, auf Grund derer das Sicherheitsmodul quittiert werden kann und dadurch die internen Relais geschaltet werden können.

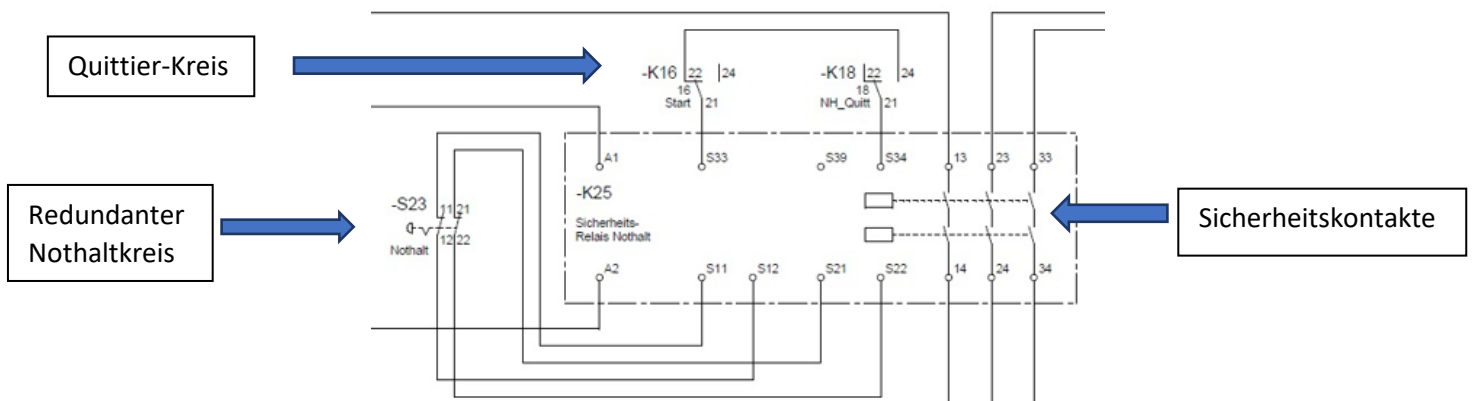


Abbildung 37 Nothalt Relais

6.4 Elektrisches Schema

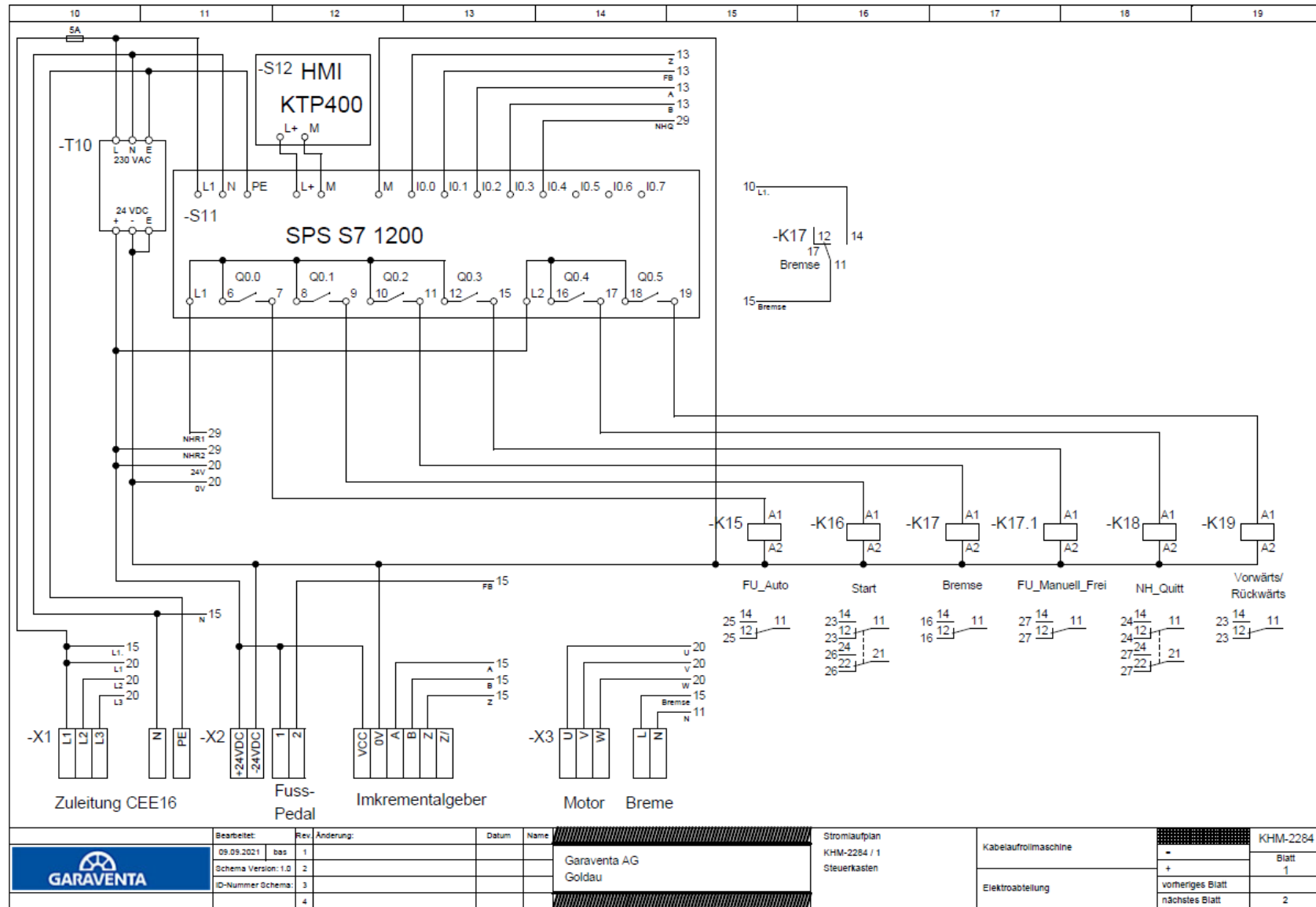


Abbildung 38 E-Schema #1

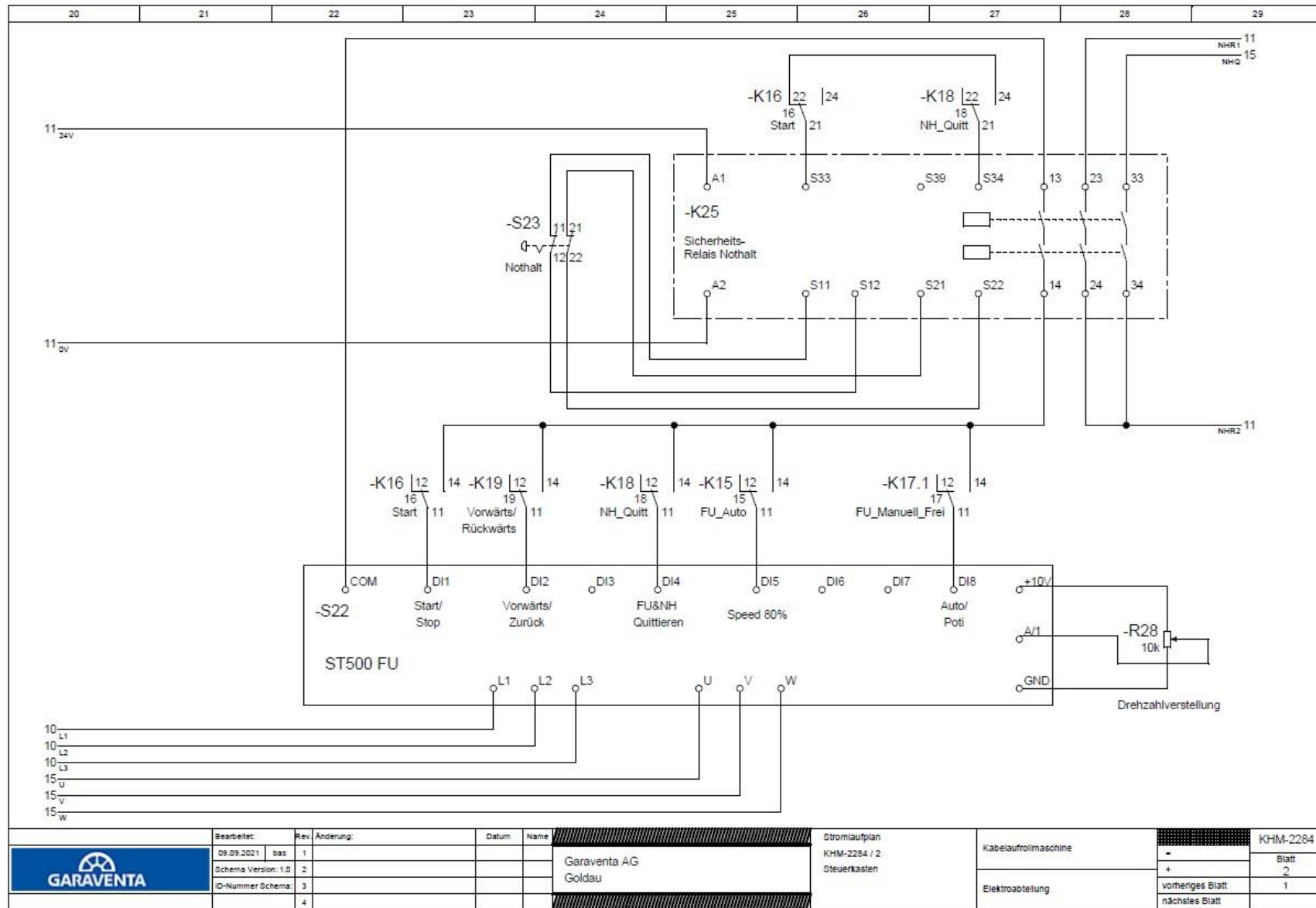


Abbildung 39 E-Schema #2

## 6.5 Aufbau

### 6.5.1 Testaufbau

Als ich alle Komponenten beisammen hatte, startete ich sogleich mit dem ersten Testaufbau. Dieser war nur provisorisch, um möglichst effizient zu schauen, ob die Komponenten alles Notwendige erfüllen. Falls etwas nicht wie geplant funktionieren sollte, hätte ich so noch Zeit gehabt um zu reagieren.



Abbildung 40 Testaufbau

Beim ersten Versuch rollte der Motor die Kabel liegend auf: Der Grund war, dass ich bei Stahlseilen die Erfahrung gemacht hatte, dass dieser Vorgang entsprechen gut geeignet ist und man das Kabel dabei sehr gut führen kann. Nach den ersten Aufrolltests stellte ich jedoch fest, dass der Kabelbund nicht schön wurde. Es gab auf einer Seite immer lockere Kabel, die nicht zufriedenstellend aufeinanderliegend aufgerollt wurden.

So startete ich einen zweiten Test mit einem stehenden Motor. Das Aufrollen lief also analog dem Ursprungsgerät ab, das von Hand gekurbelt wurde. Das Ergebnis war nun massiv besser, selbst ohne die optionale Kabelführung wurden die Kabel nun schön aufeinanderliegend aufgerollt und so entschied ich mich für diese Variante.

6.5.2 Schaltschrank

Nach eineinhalb Wochen und etlichen weiteren Versuchen räumte ich den Testaufbau wieder ab, um die Komponenten in einem Schaltschrank zu montieren. Die Ausmasse des Schaltschranks betragen



Abbildung 41 Schaltschrank #1



Abbildung 42 Schaltschrank #2



Abbildung 43 Schaltschrank #3

300mm x 300mm x 210mm, was ziemlich gross war. Wie auf den Bildern aber zu erkennen ist, war eine kleinere Grösse nicht möglich, da bereits so kein freier Platz mehr zur Verfügung stand.

6.5.3 Endprodukt

Im nächsten Schritt setzte ich alle Komponenten – Schrank, Motor sowie Inkrementalgeber - zum Endprodukt zusammen. Als Behälter hatte ich mich für einen Doppel-Paletten-Rahmen entschieden, da dieser gut im Palett-Gestell verstaut werden kann.

Ein weiterer Vorteil dieser Variante mit dem Doppel-Paletten-Rahmen war, dass die Kabel im Palett verstaut werden können und somit nicht sichtbar sind. Den Schaltschrank montierte ich bündig versenkt an den Palett-Deckel, damit auch dieser nicht unnötig Platz einnahm und trotzdem sehr gut bedienbar war.



Abbildung 45 Aufbau #1

Abbildung 44 Aufbau #2

Und so präsentiert sich das Endprodukt:



Abbildung 47 Endprodukt



Abbildung 46 100er-Bündel

## 6.6 Funktionstest

Nach Abschluss der Endmontage habe ich eine Vielzahl an Tests durchgeführt, um die Funktionsfähigkeit zu teste. Um die Bedienerfreundlichkeit zu testen, habe ich die auch einige meiner Mitarbeiter miteinbezogen. Folgende Funktionstests habe ich ausgeführt:

Testschritt	Erwartung	Resultat
<b>Nothalt</b>	Sobald die Anlage gestartet ist, muss der Nothalt in allen Modi auslösen und den Motor abschalten sowie die Bremse schliessen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Potentiometer</b>	Das Potentiometer darf nur im Manuellen sowie im Freien Modus Einfluss auf die Frequenz nehmen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Fusspedal</b>	Das Fusspedal darf nur im Manuellen sowie im Freien Modus Einfluss auf die Frequenz nehmen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Automatischer Modus</b>	Nach dem Wechseln vom Automatischen Modus in einen beliebig anderen darf der Motor nicht weiterdrehen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Manueller Modus</b>	Nach dem Wechseln vom Manuellen Modus in einen beliebig anderen darf der Motor nicht weiterdrehen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Freier Modus</b>	Nach dem Wechseln vom Freien Modus in einen beliebig anderen darf der Motor nicht weiterdrehen.	Entspricht den Erwartungen
<b>Automatischer Stopp durch Inkrementalgeber</b>	Im Automatischen sowie Manuellen Modus muss der Motor nach 100m stoppen. Im Freien Modus stoppt der Motor nach den frei eingestellten Metern.	Entspricht den Erwartungen
<b>Feste Drehzahl im Automatik Modus</b>	Sobald der Automatische Modus aktiviert wurde, dreht der Motor mit max. 80 Hz.	Entspricht den Erwartungen
<b>Meterzähler zurücksetzen</b>	Sobald die Zurücksetzen-Taste für den Meterzähler betätigt wird, geht die Anzeige auf 0.	Entspricht den Erwartungen
<b>Bremse</b>	Die Bremse öffnet im Automatischen Modus beim Startbefehl des Motors und schliesst eine halbe Sekunde nach Stoppen des Motors wieder.	Entspricht den Erwartungen

<b>Inkrementalgeber</b>	Der Inkrementalgeber muss immer am Eingang der SPS zurückgesetzt werden, damit kein «Overflow» entstehen kann.	Entspricht den Erwartungen
<b>Sicherheitsmodul</b>	Sollte der Quittier-Kreis nicht geschlossen sein, so darf kein Quittieren möglich sein.	Entspricht den Erwartungen
<b>Drehrichtungswechsel</b>	Ein Drehrichtungswechsel ist jederzeit und in allen Modi möglich. Der Motor fährt die programmierte Rampenzeit.	Entspricht den Erwartungen
<b>Anzeige Bremse</b>	Diese Anzeige leuchtet rot, wenn die Bremse geschlossen ist und grün, sobald sie geöffnet wird.	Entspricht den Erwartungen
<b>Anzeige Motor läuft</b>	Diese Anzeige leuchtet grün, sobald der Motor läuft.	Entspricht den Erwartungen
<b>Anzeige Vorwärts</b>	Diese Anzeige leuchtet grün, sobald der Motor vorwärts läuft.	Entspricht den Erwartungen
<b>Anzeige Rückwärts</b>	Diese Anzeige leuchtet grün, sobald der Motor rückwärts läuft.	Entspricht den Erwartungen
<b>Bedienung HMI</b>	Es ist ein HMI entwickelt, das mindestens 80% der getesteten Personen ohne meine Hilfe bedienen können.	Entspricht den Erwartungen 9/10 Personen
<b>Kontrolle Kabellänge</b>	Es wurde ein anderes Kabel mit genau definierter Meterangabe auf dem Kabel verwendet, um zu testen, ob die tatsächlich aufgerollten Kabel exakt 100m Länge entsprechen.	Entspricht den Erwartungen

Tabelle 11 Funktionstest

## 7 Projektabschluss

### 7.1 Reflexion

Diese Arbeit, wie auch alle Semesterarbeiten davor an der TEKO, haben mich viel über die Planung und Ausführung von Projekten gelernt.

Der Projektstart Ende August verlief gut, da ich mich vorgängig schon darauf vorbereiten konnte. Da in der momentanen speziellen Zeit viele Lieferzeiten von Produkten sehr lange sein können, habe ich mich bereits in den Sommerferien informiert, welche von meinen benötigten Komponenten eine längere Lieferzeit haben. Dank dieser Abklärungen wusste ich, dass der Inkrementalgeber eine Lieferzeit von sieben Wochen haben wird. Ich war sehr froh, dass ich schon so früh geschaut hatte, denn eine Bestellung Ende August wäre sehr knapp gewesen für die rechtzeitige Realisierung des Projektes.

Nach dem Zusammenbau des Testaufbaus gab es bereits die erste grössere Komplikation. Ich hatte mich zu Beginn für ein Set von Siemens entschieden, das über eine S7 inkl. HMI verfügt. Der Grund hierfür war meine Annahme, ein Set verursache weniger Kompatibilitätsprobleme. Leider war dies nicht der Fall, das HMI verband sich zunächst nicht mit der Software. Während eines ganzen Nachmittags versuchte ich es weiter und probierte alles Mögliche aus. Doch erst nach einem Anruf mit Siemens Deutschland funktionierte die Verbindung endlich. Es zeigte sich, dass Siemens absichtlich die fehlenden Dateien nicht mitsendet. Dies mit der Begründung, dass damit Speicherplatz gespart werden soll. Dies hat mich dann doch ein wenig von Siemens enttäuscht, da ich von Ihrem Produkt ansonsten sehr überzeugt war.

Einige Tage später gab es eine weitere Komplikation, als ich den Inkrementalgeber anschliessen und testen wollte. Die Impulse wurden von der SPS zuerst nicht erkannt. Bzw. wurden sie nur erkannt, wenn ich das Messrad ganz langsam drehte. Meine erste Vermutung war, dass die Hardware diese vielen Impulse möglicherweise nicht unterstützt. Nach vielen Stunden Recherche im Internet habe ich dann herausgefunden, dass ich die verwendeten digitalen Eingänge als sogenannte «schnelle Zähler» deklarieren musste. Danach funktionierte es halbwegs, leider aber immer noch nicht zufriedenstellend. Wenn ich ein Kabel sehr schnell durch das Messrad zog, kamen nach wie vor nicht alle Impulse an. Ich stellte fest, dass man einen Eingangsfiler, der standardmässig auf 6.4ms eingestellt war, auf 0.4ms stellen musste. Nach der Umstellung lief das Zählen einwandfrei.

Insgesamt gab es also einige Schwierigkeiten, die einiges an Zeit und Mühe kosteten.

Ursprünglich wollte ich das Potentiometer auch digital auf dem Display realisieren: Jedoch auch hier wurde ich nochmals etwas von Siemens enttäuscht, da ich dafür wohl ein anderes Display verwenden müsste - wobei es natürlich auch an ungenügenden Abklärungen meinerseits liegen könnte. Hier merkte ich mal wieder, wie wichtig eine vorgängige und ausführliche Informierung ist, um alle Funktionen so umsetzen zu können wie geplant.

Ich konnte bei dieser Diplomarbeit viel neu gelerntes Wissen aus dem Unterricht anwenden. Des Weiteren war diese Arbeit für mich sehr interessant und spannend zu realisieren, ich hoffe das geht dem/der Leser/in dieser Dokumentation ebenso.



Abbildung 48 Reflexion

## 7.2 Lessons Learnt

Es war sehr wertvoll für mich, dass wir in den vergangenen Semestern an der TEKO bereits einige Arbeiten in einem ähnlichen Format ausführen konnten. Diese haben mich optimal auf diese Diplomarbeit vorbereitet. Dank einer guten Zeitplanung verspürte ich diesmal nie Zeitdruck bei der Umsetzung so wie dies bei den früheren Arbeiten öfters der Fall war.

In der Zieldefinition werde ich zukünftig keine optionalen Aussagen mehr machen. Bei einem nächsten Projekt werde ich vorgängig Abklärungen treffen, ob eine Realisierung in der vorgegebenen Zeit umsetzbar ist oder nicht und die Zielscheibe entsprechend definieren. Bei diesem Projekt war ich einfach unsicher, ob ich diese beiden Punkte mit der automatischen Kabelführung und Kabeltrennung umsetzen kann und habe diese beiden Ziele deshalb vorsorglich als optional deklariert. Hätte ich im Vorfeld bereits abgeklärt, ob die verwendete Hardware auch wirklich alle Funktionen erfüllen kann, hätte ich mir einige Stunden an Anstrengung ersparen können. Dasselbe gilt für das Problem mit dem HMI. Dass ich die Frequenzansteuerung mit dem Potentiometer nicht auf dem Bildschirm realisieren konnte, war sehr enttäuschend. Auch hatte ich einen digitalen Ausgang zu wenig an der SPS, weshalb ich den Summer nicht umsetzen konnte.

Des Weiteren war der Aufbau der Dokumentation zu Beginn nicht optimal, weshalb ich am Ende viel Aufwand betreiben musste, damit die Formatierungen, Bildplatzierungen usw. ein gewisses Qualitätslevel erreichen konnten.

Diese Punkte werde ich in zukünftigen Projekten auf jeden Fall versuchen besser umzusetzen.

## 7.3 Danksagung

Im Folgenden möchte ich all den Leuten danken, die durch ihre Unterstützung das Gelingen dieser Arbeit erst möglich gemacht haben.

An erster Stelle möchte ich der Firma Garaventa und natürlich meinen Arbeitskollegen in der Elektroabteilung danken, die mich während dieser interessanten Phase der Technikerschule immer wieder unterstützt haben und während der Diplomarbeit eine hohe Flexibilität aufwiesen, als ich meinen Kopf nur noch bei meinem Projekt hatte.

Ein besonderer Dank geht an Candidus Waldispühl, ein Dozent vom Fach SPS, der auf meine Fragen immer eine passende Antwort wusste.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meinen Arbeitskollegen Huser Paul, der mein Projekt mit seinen grandiosen Schreinerkünsten unterstützt hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei Priska Betschart für Ihre Zeit und Mühe als Korrekturleserin bedanken.

Meiner Familie möchte ich dafür danken, dass Sie mich nicht nur während des Studiums unterstützt haben, sondern meine reduzierte Besuchszeit verständnisvoll aufgenommen haben. Vielen Dank für eure Unterstützung sowie euren motivierenden Beistand während meiner gesamten Ausbildung.

## 7.4 Redlichkeitserklärung

Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit Ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschrift:



**Thomas Betschart**

Vorname / Name

Datum/Ort:

02.10.2021/Goldau

## 8 Anhang

### 8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Thomas.....	4
Abbildung 2 Kennzahlen Doppelmayr/Garaventa.....	5
Abbildung 3 Konzernumsatz 2 Doppelmayr/Garaventa .....	6
Abbildung 4 Konzernumsatz Doppelmayr/Garaventa .....	6
Abbildung 5 Projektablaufplanung.....	10
Abbildung 6 Brainstorming.....	11
Abbildung 7 Smart Home Steuerung.....	13
Abbildung 8 Aufrollvorrichtung #1 .....	13
Abbildung 9 Montagewinde .....	14
Abbildung 10 Skizze Handbetrieb.....	15
Abbildung 11 Skizze Automatikbetrieb .....	16
Abbildung 12 Zustandsdiagramm.....	17
Abbildung 13 Logikschaltung.....	18
Abbildung 14 Aufrollvorrichtung #2.....	19
Abbildung 15 Flansch-Motor .....	20
Abbildung 16 Winkelgetriebe-Motor .....	20
Abbildung 17 Getriebe-Motor .....	20
Abbildung 18 Bremse .....	20
Abbildung 19 Gleichrichter.....	20
Abbildung 20 CPU 1212.....	21
Abbildung 22 Netzwerk 1 Zähler #2 .....	22
Abbildung 21 Netzwerk 1 Zähler #1 .....	22
Abbildung 23 Netzwerk 2 - Bremse.....	23
Abbildung 24 Netzwerk 3 Drehrichtung.....	24
Abbildung 25 Netzwerk 4 Motor läuft # 2.....	24
Abbildung 26 Netzwerk 4 Motor läuft # 1.....	24
Abbildung 27 Netzwerk 5 Nothalt Quittieren .....	25
Abbildung 28 Netzwerk 6 Optionaler Summer .....	26
Abbildung 29 HMI KTP400 Basic .....	27
Abbildung 30 Bildschirm Home .....	28
Abbildung 31 Bildschirm Automatischer Modus.....	29
Abbildung 32 Bildschirm Manueller Modus.....	30
Abbildung 33 Bildschirm Freier Modus .....	30
Abbildung 34 Bildschirm-Infos .....	31
Abbildung 35 FU ST500 .....	32
Abbildung 36 Inkrementalgeber.....	34
Abbildung 37 Nothalt Relais.....	34
Abbildung 38 E-Schema #1.....	35
Abbildung 39 E-Schema #2.....	36
Abbildung 40 Testaufbau .....	37
Abbildung 43 Schaltschrank #1 .....	38
Abbildung 42 Schaltschrank #2 .....	38
Abbildung 41 Schaltschrank #3 .....	38
Abbildung 44 Aufbau #2.....	38

Abbildung 45 Aufbau #1 .....	38
Abbildung 46 100er Bündel .....	39
Abbildung 47 Endprodukt .....	39
Abbildung 48 Reflexion .....	42

## 8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Wahrheitstabelle .....	18
Tabelle 2 KV-Diagramm .....	19
Tabelle 3 Variable-Liste der CPU .....	21
Tabelle 4 Variable-Liste HMI .....	27
Tabelle 5 FU-Parameter #1 .....	32
Tabelle 6 FU-Parameter #2 .....	32
Tabelle 7 FU-Parameter #3 .....	33
Tabelle 8 FU-Parameter #4 .....	33
Tabelle 9 FU-Parameter #5 .....	33
Tabelle 10 FU-Parameter #6 .....	33
Tabelle 11 Funktionstest .....	41

### 8.3 Quellen

#### Bilder

-Abbildung 1, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47:

Eigene Aufnahmen, Eigene Kreationen

Abbildung 2, 3, 4:

Garaventa-interne Präsentation, Stand Dez. 2020.

Abbildung 6, 48:

<https://kundenwachstum.de/brainstorming/>

Abbildung 7:

<https://www.united-coding.com/blog/die-wahren-helden-der-smart-home-steuerung-wer-hat-eigentlich-die-kontrolle/>

Abbildung 20:

<https://www.conrad.com/p/siemens-cpu-1212c-dcdcdc-6es7212-1ae31-0xb0-plc-controller-24-v-dc-197403>

Abbildung 29:

<https://www.automation24.de/simatic-basic-panel-siemens-ktp400-basic-pn-6av2123-2db03-0ax0>

Abbildung 35:

<https://www.sourcetric.com/shop/de/frequenzumrichter-st500-075kw-22kw-400v.html#256=223>

Abbildung 48:

<https://www.kita.de/wissen/reflexionsmethoden/>

#### Tabellen

Tabelle 1, 2, 3, 4, 5, 12:

Eigene Kreationen

Tabelle 6, 7, 8, 9, 10, 11:

Bedienungsanleitung Frequenzumrichter ST500

<https://www.sourcetric.com/shop/de/frequenzumrichter-st500-075kw-22kw-400v.html#256=223>

### **Programm Tools**

Siemens Software Tia Portal V1.6

[https://new.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=EAlalQobChMI8f\\_YuumS8wIVjbTtCh068QKkEAYASAAEgI0QfD\\_BwE](https://new.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=EAlalQobChMI8f_YuumS8wIVjbTtCh068QKkEAYASAAEgI0QfD_BwE)

### **Literatur**

Garaventa-interne Firmenpräsentation, Stand Dez. 2020

Bedienungsanleitung Frequenzumrichter ST500

<https://www.sourcetric.com/shop/de/frequenzumrichter-st500-075kw-22kw-400v.html#256=223>

8.4 Datenblätter

Data sheet

**SIEMENS**  
6ES7212-1BE40-0XB0

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, compact CPU,  
AC/DC/relay, onboard I/O: 8 DI 24 V DC; 6 DO relay 2  
A; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: AC 85-264 V AC at  
47-63 Hz, Program/data memory 75 KB



General information	
Product type designation	CPU 1212C AC/DC/relay
Firmware version	V4.2
Engineering with	
● Programming package	STEP 7 V14 or higher
Supply voltage	
Rated value (AC)	
● 120 V AC	Yes
● 230 V AC	Yes
permissible range, lower limit (AC)	85 V
permissible range, upper limit (AC)	264 V
Line frequency	
● permissible range, lower limit	47 Hz
● permissible range, upper limit	63 Hz
Input current	

Current consumption (rated value)	80 mA at 120 V AC; 40 mA at 240 V AC
Current consumption, max.	240 mA at 120 V AC; 120 mA at 240 V AC
Inrush current, max.	20 A; at 264 V
$I^2t$	0.8 A <sup>2</sup> ·s
<b>Output current</b>	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 000 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
<b>Encoder supply</b>	
24 V encoder supply	
● 24 V	20.4 to 28.8V
<b>Power loss</b>	
Power loss, typ.	11 W
<b>Memory</b>	
<b>Work memory</b>	
● integrated	75 kbyte
● expandable	No
<b>Load memory</b>	
● integrated	2 Mbyte
● Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
<b>Backup</b>	
● present	Yes
● maintenance-free	Yes
● without battery	Yes
<b>CPU processing times</b>	
for bit operations, typ.	0.08 μs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 μs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 μs; / instruction
<b>CPU-blocks</b>	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
<b>OB</b>	
● Number, max.	Limited only by RAM for code
<b>Data areas and their retentivity</b>	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte

<b>Flag</b>	
● Number, max.	4 kbyte; Size of bit memory address area
<b>Local data</b>	
● per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
<b>Address area</b>	
<b>Process image</b>	
● Inputs, adjustable	1 kbyte
● Outputs, adjustable	1 kbyte
<b>Hardware configuration</b>	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 2 signal modules
<b>Time of day</b>	
<b>Clock</b>	
● Hardware clock (real-time)	Yes
● Backup time	480 h; Typical
● Deviation per day, max.	± 60 s/month at 25 ° C
<b>Digital inputs</b>	
Number of digital inputs	8; Integrated
● of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
Source/sink input	Yes
<b>Number of simultaneously controllable inputs</b>	
all mounting positions	
— up to 40 ° C, max.	8
<b>Input voltage</b>	
● Rated value (DC)	24 V
● for signal "0"	5 V DC at 1 mA
● for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
<b>Input delay (for rated value of input voltage)</b>	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms and 12.8 ms, selectable in groups of four
— at "0" to "1", min.	0.2 ms
— at "0" to "1", max.	12.8 ms
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for technological functions	

— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
<b>Cable length</b>	
● shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
● unshielded, max.	300 m; for technological functions: No
<b>Digital outputs</b>	
Number of digital outputs	6; Relays
<b>Switching capacity of the outputs</b>	
● with resistive load, max.	2 A
● on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC
<b>Output delay with resistive load</b>	
● "0" to "1", max.	10 ms; max.
● "1" to "0", max.	10 ms; max.
<b>Relay outputs</b>	
● Number of relay outputs	6
● Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000
<b>Cable length</b>	
● shielded, max.	500 m
● unshielded, max.	150 m
<b>Analog inputs</b>	
Number of analog inputs	2
<b>Input ranges</b>	
● Voltage	Yes
<b>Input ranges (rated values), voltages</b>	
● 0 to +10 V	Yes
— Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
<b>Cable length</b>	
● shielded, max.	100 m; twisted and shielded
<b>Analog outputs</b>	
Number of analog outputs	0
<b>Analog value generation for the inputs</b>	
<b>Integration and conversion time/resolution per channel</b>	
● Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
● Integration time, parameterizable	Yes
● Conversion time (per channel)	625 μs

Encoder	
Connectable encoders	
● 2-wire sensor	Yes
1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Interface types	
● Number of ports	1
● integrated switch	No
Protocols	
● PROFINET IO Controller	Yes
● PROFINET IO Device	Yes
● SIMATIC communication	Yes
● Open IE communication	Yes
● Web server	Yes
● Media redundancy	No
PROFINET IO Controller	
● Transmission rate, max.	100 Mbit/s
Services	
— PG/OP communication	Yes
— S7 routing	Yes
— Isochronous mode	No
— Open IE communication	Yes
— IRT	No
— MRP	No
— MRPD	No
— PROFIenergy	No
— Prioritized startup	Yes
— Number of IO devices with prioritized startup, max.	16
— Number of connectable IO Devices, max.	16
— Number of connectable IO Devices for RT, max.	16
— of which in line, max.	16
— Activation/deactivation of IO Devices	Yes

- Number of IO Devices that can be simultaneously activated/deactivated, max.
- Updating time

8

The minimum value of the update time also depends on the communication component set for PROFINET IO, on the number of IO devices and the quantity of configured user data.

PROFINET IO Device

Services

- PG/OP communication Yes
- S7 routing Yes
- Isochronous mode No
- Open IE communication Yes
- IRT No
- MRP No
- MRPD No
- PROFIenergy Yes
- Shared device Yes
- Number of IO Controllers with shared device, max. 2

Protocols

Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes; CM 1243-5 (master) or CM 1242-5 (slave) required
AS-Interface	Yes; CM 1243-2 required
<b>Protocols (Ethernet)</b>	
● TCP/IP	Yes
● DHCP	No
● SNMP	Yes
● DCP	Yes
● LLDP	Yes
<b>Open IE communication</b>	
● TCP/IP	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
● ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
— Data length, max.	8 kbyte
● UDP	Yes
— Data length, max.	1 472 byte
<b>Web server</b>	
● supported	Yes
● User-defined websites	Yes
<b>Further protocols</b>	
● MODBUS	Yes

Communication functions	
S7 communication	
● supported	Yes
● as server	Yes
● as client	Yes
● User data per job, max.	See online help (S7 communication, user data size)
Number of connections	
● overall	16; dynamically

Test commissioning functions	
Status/control	
● Status/control variable	Yes
● Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
● Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
● present	Yes
Traces	
● Number of configurable Traces	2
● Memory size per trace, max.	512 kbyte

Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics indication LED	
● RUN/STOP LED	Yes
● ERROR LED	Yes
● MAINT LED	Yes

Integrated Functions	
Number of counters	4
Counting frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency measurement	Yes
controlled positioning	Yes
Number of position-controlled positioning axes, max.	8
Number of positioning axes via pulse-direction interface	Up to 4 with SB 1222
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4

Potential separation

Potential separation digital inputs	
● Potential separation digital inputs	500V AC for 1 minute
● between the channels, in groups of	1
Potential separation digital outputs	
● Potential separation digital outputs	Relays
● between the channels	No
● between the channels, in groups of	2
EMC	
Interference immunity against discharge of static electricity	
● Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
— Test voltage at air discharge	8 kV
— Test voltage at contact discharge	6 kV
Interference immunity to cable-borne interference	
● Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
● Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	
● Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
● Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
● Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
● Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
Marine approval	Yes

Ambient conditions	
Free fall	
● Fall height, max.	0.3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
● min.	-20 ° C
● max.	60 ° C; Number of simultaneously activated inputs or outputs 4 or 3 (no adjacent points) at 60 ° C horizontal or 50 ° C vertical, 8 or 6 at 55 ° C horizontal or 45 ° C vertical
● horizontal installation, min.	-20 ° C
● horizontal installation, max.	60 ° C
● vertical installation, min.	-20 ° C
● vertical installation, max.	50 ° C
Ambient temperature during storage/transportation	
● min.	-40 ° C
● max.	70 ° C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
● Operation, min.	795 hPa
● Operation, max.	1 080 hPa
● Storage/transport, min.	660 hPa
● Storage/transport, max.	1 080 hPa
Altitude during operation relating to sea level	
● Installation altitude, min.	-1 000 m
● Installation altitude, max.	2 000 m
Relative humidity	
● Operation, max.	95 %; no condensation
Vibrations	
● Vibration resistance during operation acc. to IEC 60068-2-6	2 g (m/s <sup>2</sup> ) wall mounting, 1 g (m/s <sup>2</sup> ) DIN rail
● Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock testing	
● tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27 half-sine: strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
Pollutant concentrations	
● SO2 at RH < 60% without condensation	SO2: < 0.5 ppm; H2S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Configuration	
Programming	
Programming language	
— LAD	Yes
— FBD	Yes
— SCL	Yes

Know-how protection	
● User program protection/password protection	Yes
● Copy protection	Yes
● Block protection	Yes
Access protection	
● Protection level: Write protection	Yes
● Protection level: Read/write protection	Yes
● Protection level: Complete protection	Yes
Cycle time monitoring	
● adjustable	Yes
Dimensions	
Width	90 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	425 g
last modified:	03/14/2020

# SIEMENS

Data sheet

6AV2123-2DB03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP400 Basic, Basic Panel, Key/touch operation, 4"  
TFT display, 65536 colors, PROFINET interface,  
configurable from WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, contains open-source



software, which is provided free of charge see

enclosed CD

## General information

Product type designation      KTP400 Basic color PN

## Display

Design of display      TFT widescreen display, LED backlighting

Screen diagonal      4.3 in

Display width      95 mm

Display height      53.9 mm

Number of colors      65 536

## Resolution (pixels)

- Horizontal image resolution      480 Pixel
- Vertical image resolution      272 Pixel

## Backlighting

- MTBF backlighting (at 25 ° C)      20 000 h
- Backlight dimmable      Yes

Control elements	
Keyboard fonts	
● Function keys	
— Number of function keys	4
— Number of function keys with LEDs	0
● Keys with LED	No
● System keys	No
● Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
● alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
Touch operation	
● Design as touch screen	Yes
Installation type/mounting	
Mounting position	vertical
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
maximum permissible angle of inclination without external ventilation	35°
Supply voltage	
Type of supply voltage	DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	125 mA
Starting current inrush I <sup>2</sup> t	0.2 A <sup>2</sup> ·s
Power	
Active power input, typ.	3 W
Processor	
Processor type	ARM
Memory	
Flash	Yes

RAM	Yes
Memory available for user data	10 Mbyte

### Type of output

Acoustics	
● Buzzer	Yes
● Speaker	No

### Time of day

Clock	
● Hardware clock (real-time)	Yes
● Software clock	Yes
● retentive	Yes; Back-up duration typically 6 weeks
● synchronizable	Yes

### Interfaces

Number of industrial Ethernet interfaces	1
Number of RS 485 interfaces	0
Number of RS 422 interfaces	0
Number of RS 232 interfaces	0
Number of USB interfaces	1; Up to 16 GB
Number of 20 mA interfaces (TTY)	0
Number of parallel interfaces	0
Number of other interfaces	0
Number of SD card slots	0
With software interfaces	No

### Industrial Ethernet

● Industrial Ethernet status LED	2
----------------------------------	---

### Protocols

PROFINET	Yes
Supports protocol for PROFINET IO	No
IRT	No
PROFIBUS	No
MPI	No

### Protocols (Ethernet)

● TCP/IP	Yes
● DHCP	Yes
● SNMP	Yes
● DCP	Yes

● LLDP	Yes
<b>WEB characteristics</b>	
● HTTP	No
● HTML	No
<b>Redundancy mode</b>	
● MRP	No
<b>Further protocols</b>	
● CAN	No
● EtherNet/IP	Yes
● MODBUS	Yes; Modicon (MODBUS TCP/IP)
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostic messages</b>	
● Diagnostic information readable	No
<b>EMC</b>	
<b>Emission of radio interference acc. to EN 55 011</b>	
● Limit class A, for use in industrial areas	Yes
● Limit class B, for use in residential areas	No
<b>Degree and class of protection</b>	
IP (at the front)	IP65
IP (rear)	IP20
NEMA (front)	
● Enclosure Type 4 at the front	Yes
● Enclosure Type 4x at the front	Yes
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes
cULus	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
KC approval	Yes
<b>Use in hazardous areas</b>	
● ATEX Zone 2	No
● ATEX Zone 22	No
● IECEx Zone 2	No
● IECEx Zone 22	No
● cULus Class I Zone 1	No
● cULus Class I Zone 2, Division 2	No

● FM Class I Division 2	No
<b>Marine approval</b>	
● Germanischer Lloyd (GL)	Yes
● American Bureau of Shipping (ABS)	Yes
● Bureau Veritas (BV)	Yes
● Det Norske Veritas (DNV)	Yes
● Lloyds Register of Shipping (LRS)	Yes
● Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)	Yes
● Polski Rejestr Statkow (PRS)	No
● Chinese Classification Society (CCS)	No
<b>Ambient conditions</b>	
Suited for indoor use	Yes
Suited for outdoor use	No
<b>Ambient temperature during operation</b>	
● Operation (vertical installation)	
— For vertical installation, min.	0 ° C
— For vertical installation, max.	50 ° C
● Operation (max. tilt angle)	
— At maximum tilt angle, min.	0 ° C
— At maximum tilt angle, min.	40 ° C
● Operation (vertical installation, portrait format)	
— For vertical installation, min.	0 ° C
— For vertical installation, max.	40 ° C
● Operation (max. tilt angle, portrait format)	
— At maximum tilt angle, min.	0 ° C
— At maximum tilt angle, min.	35 ° C
<b>Ambient temperature during storage/transportation</b>	
● min.	-20 ° C
● max.	60 ° C
<b>Relative humidity</b>	
● Operation, max.	90 %; no condensation
<b>Operating systems</b>	
proprietary	Yes
<b>pre-installed operating system</b>	
● Windows CE	No

### Configuration

Message indicator	Yes
Alarm system (incl. buffer and acknowledgment)	Yes
Process value display (output)	Yes
Process value default (input) possible	Yes
Recipe management	Yes

### Configuration software

● STEP 7 Basic (TIA Portal)	Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)
● STEP 7 Professional (TIA Portal)	Yes; via integrated WinCC Basic (TIA Portal)
● WinCC flexible Compact	No
● WinCC flexible Standard	No
● WinCC flexible Advanced	No
● WinCC Basic (TIA Portal)	Yes
● WinCC Comfort (TIA Portal)	Yes
● WinCC Advanced (TIA Portal)	Yes
● WinCC Professional (TIA Portal)	Yes

### Languages

#### Online languages

● Number of online/runtime languages	10
--------------------------------------	----

#### Project languages

● Languages per project	32
-------------------------	----

### Functionality under WinCC (TIA Portal)

Libraries	Yes
Applications/options	
● Web browser	Yes
● SIMATIC WinCC Sm@rtServer	Yes; Available with WinCC (TIA Portal) V14 or higher
Number of Visual Basic Scripts	No
Task planner	Yes

● time-controlled	No
● task-controlled	Yes

Help system	Yes
● Number of characters per info text	500

#### Message system

● Number of alarm classes	32
● Bit messages	

— Number of bit messages	1 000
● Analog messages	
— Number of analog messages	25
● S7 alarm number procedure	No
● System messages HMI	Yes
● System messages, other (SIMATIC S7, Sinumerik, Simotion, etc.)	Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S71500
● Number of characters per message	80
● Number of process values per message	8
● Acknowledgment groups	Yes
● Message indicator	Yes
● Message buffer	
— Number of entries	256
— Circulating buffer	Yes
— retentive	Yes
— maintenance-free	Yes

Recipe management

● Number of recipes	50
● Data records per recipe	100
● Entries per data record	100
● Size of internal recipe memory	256 kbyte
● Recipe memory expandable	No

Variables

● Number of variables per device	800
● Number of variables per screen	100
● Limit values	Yes
● Multiplexing	Yes
● Structures	No
● Arrays	Yes

Images

● Number of configurable images	250
● Permanent window/default	Yes
● Global image	Yes
● Pop-up images	No
● Slide-in images	No
● Image selection by PLC	Yes
● Image number in the PLC	Yes

Image objects

● Number of objects per image	100
● Text fields	Yes
● I/O fields	Yes

- Graphic I/O fields (graphics list) Yes
- Symbolic I/O fields (text list) Yes
- Date/time fields Yes
- Switches Yes
- Buttons Yes
- Graphic display Yes
- Icons Yes
- Geometric objects Yes

Complex image objects

- Number of complex objects per screen 10
- Alarm view Yes
- Trend view Yes
- User view Yes
- Status/control No
- Sm@rtClient view No
- Recipe view Yes
- f(x) trend view No
- System diagnostics view Yes; System message buffer of the SIMATIC S7-1200 and S71500
- Media Player No
- HTML browser Yes
- PDF display No
- IP camera display No
- Bar graphs Yes
- Sliders No
- Pointer instruments No
- Analog/digital clock No

Lists

- Number of text lists per project 300
- Number of entries per text list 100
- Number of graphics lists per project 100
- Number of entries per graphics list 100

Archiving

- Number of archives per device 2; One message and one process value archive
- Number of entries per archive 10 000
- Message archive Yes
- Process value archive Yes
- Archiving methods
  - Sequential archive Yes

— Short-term archive	Yes
● Memory location	
— Memory card	No
— USB memory	Yes
— Ethernet	No
● Data storage format	
— CSV	No
— TXT	Yes
— RDB	No
<b>Security</b>	
● Number of user groups	50
● Number of user rights	32
● Number of users	50
● Password export/import	Yes
● SIMATIC Logon	No
<b>Character sets</b>	
● Keyboard fonts	
— US English	Yes
<b>Transfer (upload/download)</b>	
● MPI/PROFIBUS DP	No
● USB	No
● Ethernet	Yes
● using external storage medium	Yes
<b>Process coupling</b>	
● S7-1200	Yes
● S7-1500	Yes
● S7-200	Yes
● S7-300/400	Yes
● LOGO!	Yes
● WinAC	Yes
● SINUMERIK	Yes; No access to NCK data
● SIMOTION	Yes
● Allen Bradley (EtherNet/IP)	Yes
● Allen Bradley (DF1)	No
● Mitsubishi (MC TCP/IP)	Yes
● Mitsubishi (FX)	No

• OMRON (FINS TCP)	No
• OMRON (LINK/Multilink)	No
• Modicon (Modbus TCP/IP)	Yes
• Modicon (Modbus)	No
<b>Service tools/configuration aids</b>	
• Backup/Restore manually	Yes
• Backup/Restore automatically	No
• Simulation	Yes
• Device switchover	Yes
<b>Peripherals/Options</b>	
Printer	No
SIMATIC HMI MM memory card: Multi Media Card	No
SIMATIC HMI SD memory card: Secure Digital memory card	No
SIMATIC HMI CF memory card Compact Flash Card	No
USB memory	Yes
SIMATIC IPC USB Flashdrive (USB stick)	Yes
SIMATIC HMI USB stick	Yes
<b>Mechanics/material</b>	
Enclosure material (front)	
• Plastic	Yes
• Aluminum	No
• Stainless steel	No
<b>Dimensions</b>	
Width of the housing front	141 mm
Height of housing front	116 mm
Mounting cutout, width	123 mm
Mounting cutout, height	99 mm
Overall depth	33 mm
<b>Weights</b>	
Weight without packaging	360 g
Weight incl. packaging	470 g
<b>last modified:</b>	03/14/2020

# 4T260 Encoder

## 300 KHz Electronic Incremental Encoder



**Compact 30mm encoder with Quadrature output, 10mm hollow shaft and a 100°C operating temperature. This encoder is ideal when space is limited.**

The series 4T260 low profile 30 mm package design makes it a perfect solution for many machine and motor applications. The unit has a complete 10mm through-shaft design. The series 260 and its integral bearing set provide for stable and consistent operation, without concerns for axial or radial shaft runout. The standard 100°C temperature capability allows servo motors to operate at higher power outputs and duty cycles. The output has a push/pull output as standard, signals A, B output.

### Key Features

- Quadrature output
- Anti-rotation flex mount arm
- 10 mm hollow through shaft
- Ideal replacement for mechanical counters when used in conjunction with a suitable electronic counter
- Operates in temperatures up to 100°C
- Operates at output frequency of up to 300 KHz
- CE and RoHS compliant

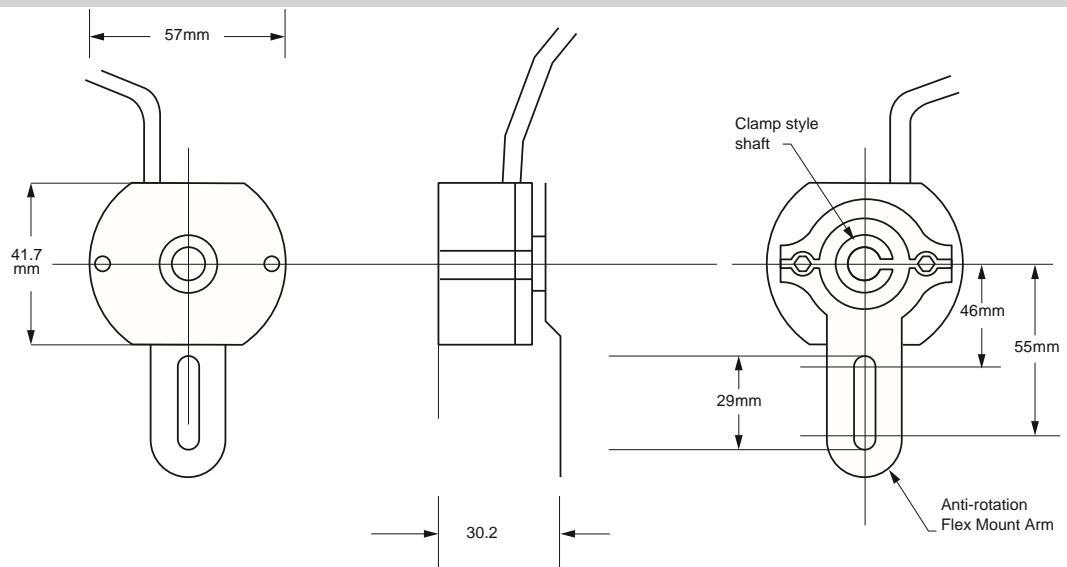
### Applications

- Speed Monitoring
- Length Measurement
- Position Indication

## Specifications

<b>Input Voltage Range</b>	5 to 24V (+10%).
<b>Regulation, for 5V Operation</b>	5% with 2% maximum ripple.
<b>Current Consumption</b>	80mA typical.
<b>Output Circuits</b>	A, B, @ 20mA each.
<b>Frequency Response</b>	300 KHz std.
<b>Accuracy</b>	0.017° or 1 Arc/Min.
<b>Max Shaft Speed</b>	7,500 rpm continuous.
<b>Shaft Sizes and Types</b>	10mm Hollow shaft (through shaft).
<b>Housing finish. Operating Temp. to 212°F]</b>	Aluminium with protective 0°C to +100°C [32°F
<b>Humidity Protection</b>	95% RH. IP54

## Dimensions



## Ordering Information

<b>4T260</b>	30 mm encoder, Quadrature output, 10mm hollow shaft, 100°C operating temperature
<b>4T26015TPP0250A 250PPR</b>	Push pull output
<b>4T26015TPP0500A 500PPR</b>	Push pull output
<b>4T26015TPP1000A 1000PPR</b>	Push pull output

