



mechatronik

Pferdeführanlage

HTBLA Kaindorf an der Sulm

Grazer Straße 202, A-8430 Kaindorf an der Sulm

**Ausbildungsschwerpunkt Mechatronik und
Automatisierungstechnik**

Lukas Freyler

Stefan Ornik

Fabio Pölzl

Dominik Riegelnegg

Abgabedatum: 05.04.2018

Betreut von:

Dipl.-Ing. Werner Harnisch

Dipl.-Ing. Wolfgang Mader

BEd. Otto Schuller

Dipl.-Ing. Manfred Steiner

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Arnfels, am 05. April 2018

Lukas Freyler

Stefan Ornik

Fabio Pölzl

Dominik Riegellegg

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns bei allen bedanken, die uns im Rahmen der Diplomarbeit unterstützt und betreut haben.

Besonders bedanken möchten wir uns bei unseren Betreuern, Dipl.-Ing. Werner Harnisch, Dipl.-Ing. Wolfgang Mader, BEd. Otto Schuller und Dipl.-Ing. Manfred Steiner für die fachliche Unterstützung während dieser Arbeit.

Zusammenfassung

Das Hauptziel der Diplomarbeit ist es, Pferden mehr Bewegung zu ermöglichen. In der freien Natur legen Pferde einige Kilometer am Tag zurück. Dies können die Pferde in den verschiedensten Reitställen nicht behaupten. Die Haltung eines Pferdes bringt viele Kosten mit sich. Da bleibt meistens nichts mehr für ein neues Trainingsgerät für die Pferde übrig. Als Nächstes kommt hinzu, dass manche Personen auch nicht die nötige Zeit haben, um neben der Pferdeführanlage zu stehen und den Betrieb zu überwachen. Dadurch ergeben sich verschiedene Punkte, um die Schwierigkeiten für den Besitzer zu minimieren:

Unser Ziel ist es eine automatisierte Anlage zu entwickeln, welche einfach über eine Android Applikation zu steuern ist. Da die Anlage auch an heißen Tagen betrieben wird, wurde eine Kühlung für die Pferde auf die Liste der Abarbeitungspunkte gesetzt. Die Erfrischung soll mittels Sprühregen realisiert werden, damit die Pferde bei heißen Temperaturen eine Abkühlung bekommen können. Der Benutzer kann bis zu vier Pferde innerhalb der Anlage positionieren und diese starten. Die Zeit und die Geschwindigkeit der Pferdeführanlage soll er selbst auswählen können. Als letzten Punkt soll es eine Videoübertragung zur Android Applikation geben, damit der Benutzer jederzeit einen Blick auf die Anlage werfen kann, ob noch alles in Ordnung ist.

Was sind nun die wichtigsten Punkte von unserer Anlage?

- Automatisierte Anlage
- Platz für vier Pferde gleichzeitig
- Android Applikation um die Anlage zu steuern
- Videoüberwachung, die Bestandteil der Applikation ist
- Einfache Bedienung
- Geschwindigkeit und Zeit sollen individuell konfigurierbar sein
- Sprühregen zur Abkühlung der Pferde
- Langlebig

Abstract

The primary goal of this thesis is to enable horses more movement. Horses travel many kilometers a day in the case they live in the wildlife. Horses which are the most time of their life inside the stable are not able to do so. Moreover, keeping those animals implicates a lot of costs. As a result there is not any money left for a new training device. Another difficult is, that the keepers of the animals do not have the time required to stand by the horse exerciser and control the system.

This thesis wants to find ways to minimize those problems. The aim of the thesis is to develop an automated system which can be easily controlled by an Android application. The program should allow the user to compile a program for the horses. Because of the reason, that the horse exerciser is also going to operate during hot days, one mayor point is to develop a cooling system for the horses. If the user wants to train some horses, he has to place up to four horses inside the horse exerciser. Then he is able to start the system. He should also be able to set the operating time and speed of the horse exerciser. As a final step, as the system is video controlled, the user can check on the app, if everything is okay.

What are the primary goals of the horse exerciser?

- automated unit
- capacity for up to four horses simultaneously
- Android application to control the system
- video control which is available inside the app
- easy handling
- speed and time should be able to be adapted individually
- light drizzle to cool down the horses
- persistent

Gender Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit die Sprachform des generischen Masculinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Über dieses Dokument

Diese Arbeit wurde in L^AT_EX verfasst. Diese Art der Dokumentation bietet gegenüber den normalen Textverarbeitungen gewisse Vorteile hinsichtlich der Formatierung und des Einbindens von Grafiken. Auch Formeln können sehr einfach und effizient angegeben werden.

Projektteam

Lukas Freyler



mechatronik

Aufgabenbereich:

L^AT_EX

Betreuer:

Dipl.-Ing. Manfred Steiner

Stefan Ornik



mechatronik

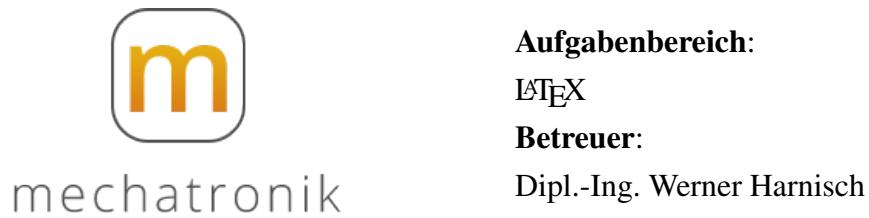
Aufgabenbereich:

L^AT_EX

Betreuer:

Dipl.-Ing. Wolfgang Mader

Fabio Pölzl



Aufgabenbereich:

L^AT_EX

Betreuer:

Dipl.-Ing. Werner Harnisch

Dominik Riegelegg



Aufgabenbereich:

L^AT_EX

Betreuer:

BEd. Otto Schuller

Inhaltsverzeichnis

1 Elektronik und Sicherheit	1
1.1 Abstract Electronic	1
1.2 Zusammenfassung Elektronik	1
1.3 Aufgabenbereich	2
1.4 Vorarbeit	3
1.4.1 Motor	3
1.4.2 Ansteuerung Elektromotor	3
1.4.3 Wasserversorgung Sprühregen	3
1.4.4 Verarbeitung der Daten	3
1.4.5 Pferde Sicherheit	3
1.5 Antriebstechnik Grundlagen[1]	4
1.5.1 Aufbau	4
1.5.2 Anforderungen	4
1.6 Elektromotor	5
1.6.1 Grundprinzip [2]	5
1.6.2 Motorarten	5
1.6.2.1 Gleichstrommotor	5
1.6.2.2 Drehstrommotor/Drehfeldmaschine	6
1.6.2.2.1 Asynchronmotor	7
1.6.2.2.2 Synchronmotor	7
1.6.3 Motorauswahl	8
1.6.3.1 Festlegung des Motors	8
1.6.3.2 Motoranforderungen	9
1.6.3.3 Auswahlverfahren	10
1.6.3.4 Getriebemotor	12
1.6.4 Motor für Testaufbauten	13
1.7 Frequenzumrichter	14
1.7.1 Allgemein	14
1.7.2 Aufbau Frequenzumrichter	14
1.7.3 Finden eines Frequenzumrichters	14
1.7.4 Datenblatt Frequenzumrichter	15
1.7.4.1 Datenblatt Inhalt	16
1.7.4.2 Relevante Informationen	16

1.7.4.3	Verbindungsmaestro Cn002 - Regelung über die Klemmen [3]	17
1.8	Pferderegen	19
1.8.1	Ventil	19
1.8.1.1	Arbeitsventil	19
1.8.1.2	Analyse der Funktion vom Ventil	20
1.8.2	Umpolung	21
1.8.2.1	Funktionsweise	21
1.8.2.2	Motortreiber Auswahl	22
1.8.3	Motortreiber Ansteuerung	22
1.8.4	Wasserversorgung	24
1.8.4.1	PE-Rohr	24
1.8.4.2	Ventilübergang	25
1.8.4.3	Sprühnebel Erzeugung	26
1.8.5	Rohrverlegung	27
1.9	Geschwindigkeitsmessung	28
1.9.1	Drehgeber	28
1.9.1.1	Inkrementalgeber	28
1.9.1.2	Absolutwertgeber	29
1.9.1.3	Resolver	29
1.9.1.4	Auswahl Drehgeber	30
1.9.1.5	AB-Inkrementalgeber Auswertung	30
1.10	Kommunikationsschnittstelle	33
1.10.1	Steuerung des Frequenzumrichters	34
1.10.2	Kommunikation mit dem Raspberry Pi	34
1.10.3	Kommunikation mit dem Arduino Nano	34
1.10.1	Arbeitsdurchführung	34
1.11	Gesamtsteuerung	36
1.11.1	Kostenübersicht	36
1.12	Sicherheit der Pferde und Anlage	37
1.12.1	Allgemeine Sicherheitsfragen	37
1.12.2	Tierschutzgesetz und Anlagenschutz	37
1.12.3	Blitzschutz	38
1.12.4	Erdung [4]	38
1.12.5	Winterschutz	39
1.12.6	Not-Stopp/ Not-Halt	39
1.12.7	Pferdesicherheit	40
1.13	Diskussion	41
1.13.1	Verbesserungsvorschläge	41
1.13.1.1	Motor	41
1.13.1.2	Raspberry Pi für Kommunikation	41

1.13.2 Persönliche Rückschlüsse	41
A Zeitaufzeichnung	45
B Persönlicher Anhang 1	47
C Literaturverzeichnis	49
D Abkürzungsverzeichnis	53
E Abbildungsverzeichnis	55
F Tabellenverzeichnis	57
G Listings	59

1 Elektronik und Sicherheit

1.1 Abstract Electronic

Because of the electronic part, the horse exerciser should be able to rotate. The actuator of the engine is realised by a frequency converter, which gets the signals from a communication system. The speed of the horse exerciser, depends on the commands, that he receives over the Ethernet from the webserver. Additionally, the horses will get a refreshment on hot summer days by the use of the electric water valve. Due to the fact that the system will be used to exercise animals, one of the most important points is the safety of the horses.

1.2 Zusammenfassung Elektronik

Der Elektronikteil soll dazu dienen, die Pferdeführanlage in den gewünschten Geschwindigkeiten zu drehen, welche über die App für die Pferde gewählt wurden. Die Ansteuerung des Motors kann mit einem Frequenzumrichter (FU) realisiert werden, welcher die Signale von einem gewünschten Kommunikationssystem bekommt. Des Weiteren bekommt die Steuereinheit über Ethernet die Befehle, wie lange und wie schnell sich die Anlage drehen darf. Mittels eines elektrischen Wasserventils, wird den Pferden an heißen Sommertagen eine Erfrischung ermöglicht. Da mit der Anlage Tiere trainiert werden sollen, ist der wichtigste Nebenpunkt die Sicherheit der Pferde und der Anlage.

1.3 Aufgabenbereich

Mein Aufgabenbereich bei der Diplomarbeit „Pferdeführanlage“, ist die Planung für die Elektronik. Wie bereits bei der Hauptaufgabenstellung (1.1.?) erwähnt, soll sich die Anlage mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Variationen drehen. Neben der Steuerung der Anlage, muss man auch auf die Sicherheit der Pferde achten.

In den Aufgabenbereich "Elektronik und Sicherheit" bei der Diplomarbeit fallen folgende Punkte:

- Auswahl des Motors
- Ansteuerung des Motors
- Auswahl der Sensoren
- Auswahl eines Ventils
- Kommunikation zu Web-Server
- Schutz des Pferdes und der Anlage

1.4 Vorarbeit

Um die Suche ein wenig einzuschränken, wurden persönliche Vorgaben festgelegt. Diese Vorgaben konnten durch Erfahrung oder Gespräche erstellt werden.

1.4.1 Motor

Prinzipiell könnte man die Anlage auch rein mechanisch ansteuern. Mit der Hilfe von Wind, Wasser oder Öl, diese sind aber wetter- und ortsbedingt, im letzten Fall noch eine zusätzliche Umweltbelastung. Da in Mitteleuropa fast jeder Haushalt eine Stromanbindung hat, wurde der Fokus auf Elektromotoren gerichtet.

1.4.2 Ansteuerung Elektromotor

Um einen Motor gezielt und einfach steuern zu können, wird in den meisten Fällen auf einen Frequenzumrichter zurückgegriffen. Eine alternative Variante dazu wäre ein Motorstarter. Mit diesen kann die Geschwindigkeit aber nicht so leicht geregelt werden.

1.4.3 Wasserversorgung Sprühregen

Für die Wasserversorgung wird ein 3/4" beziehungsweise ein 1"-Wasseranschluss benötigt. Dieser ist normaler Weise bei jedem Haus vorhanden. Sollte dies nicht der Fall sein, ist es auch denkbar eine Zuleitung mit geringerem Durchmesser zu ermöglichen. Hierfür müssten aber die örtlichen Gegebenheiten beachtet werden.

1.4.4 Verarbeitung der Daten

Da sowohl das Senden von elektrischen Signalen, als auch die Kommunikation über ein Netzwerk realisiert werden soll, sollte ein System verwendet werden, welches beides direkt verarbeiten kann.

1.4.5 Pferde Sicherheit

Man darf bei der Anlage nicht auf die allgemeine Sicherheit vergessen. Überall können Fehler auftreten. Bei einem Fehler muss man wissen, wie man die Pferde, Menschen und auch die Anlage schützt. Dazu gehören allgemeine Fehler, NOT-AUS und NOT-STOPP.

1.5 Antriebstechnik Grundlagen[1]

1.5.1 Aufbau

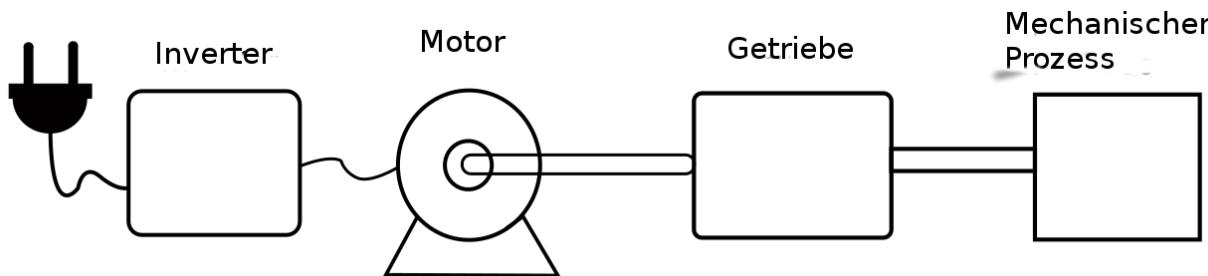


Abbildung 1.1: Aufbau Antriebstechnik

Der Inverter wandelt die vorhandene elektrische Energie, in die gewünschte elektrische Ausgangsgröße um. Diese wird so gewählt, dass der Motor direkt damit betrieben werden kann. Dieser kann durch eine Welle den gewünschten mechanischen Prozess betreiben. Falls man die Drehzahl nicht elektrisch verändern will, benötigt man zusätzlich ein Getriebe. Das Getriebe kann aber auch nur als Verbindungselement dienen und mittels Keilriemen oder ähnlichem realisiert werden.

Daraus ergibt sich folgender Ablauf wie aus der Abbildung 1.1 ersichtlich:

Versorgungsspannung → Inverter → Motor → (Getriebe) → Mechanischer Prozess

1.5.2 Anforderungen

Ein Antriebssystem sollte gewissen Anforderungen entsprechen, um vermarktbare zu sein. Folgende Auflistung zeigt die wichtigsten Punkte:

- Stabile Steuerung der Geschwindigkeit
- Verbundene Mechanik mit hoher Genauigkeit ansteuern
- Stabile Kraftanwendung

1.6 Elektromotor

1.6.1 Grundprinzip [2]

Die Kraft, welche den Elektromotor in Bewegung versetzt, nennt sich Lorentzkraft. Befindet sich ein stromdurchflossener elektrischer Leiter in einem Magnetfeld, so wirkt auf diesen Leiter eine Kraft. Die Wirkungsrichtung hängt von der Stromflussrichtung im Leiter ab. Um sich die Vorstellung zu erleichtern, wird in den meisten Fällen die "Linke-Hand-Regel" verwendet.

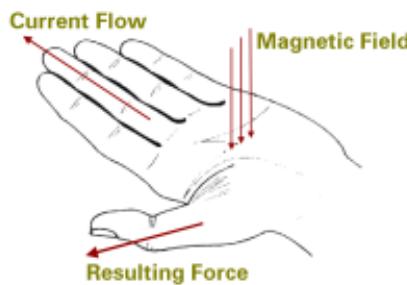


Abbildung 1.2: Link-Hand-Regel

Die Lorentzkraft wird mit folgender Formel festgelegt:

$$F = B * I * l \quad (1.1)$$

F = Lorentzkraft, B = magnetische Flussdichte,
 I = Stromstärke, l = Länge des Leiters im Magnetfeld

Aus der Formel 1.1 lässt sich entnehmen, dass die Lorentzkraft von der magnetischen Flussdichte, Stromstärke und Länge des Leiters abhängt.

Die Lorentzkraft erzeugt bei einer gelagerten Spule ein Drehmoment, welches das gewünschte System drehen lässt.

1.6.2 Motorarten

Es gibt viele verschiedene Arten und Typen von Elektromotoren. Um eine kleine Übersicht zu ermöglichen werden nachfolgend die wichtigsten Grundmotoren aufgelistet und ein wenig näher beschrieben.

1.6.2.1 Gleichstrommotor

Der Rotor wird gelagert und mehrfach mit Draht umwickelt. Der Rotor bekommt über Kohlebürssten am Kollektor eine Stromübertragung. Daraufhin bekommt der Rotor einen erneuten Energiestoß. Wenn der Motor größer sein muss, kann der Stator in mehrere Pole aufgeteilt werden. Der

Stromfluss wird dadurch stabiler. Aufgrund der Kohlebürsten, muss der Gleichstrommotor nach einer gewissen Laufzeit gewartet werden.

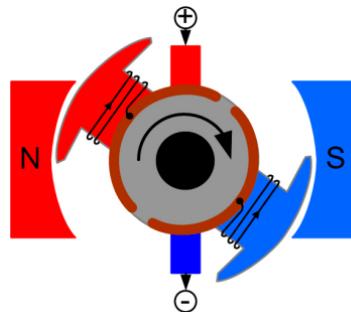


Abbildung 1.3: Aufbau Gleichstrommaschine [5]

Die Abbildung 1.3 zeigt den einfachen Aufbau von einer Gleichstrommaschine. Er ist bei einfachen Anwendungen sehr beliebt, da sich die Drehzahl durch Veränderung der Versorgungsspannung ändert.

Anwendungsbereiche:

- Scheibenwischermotoren
- Fensterheber
- Handstaubsauger

1.6.2.2 Drehstrommotor/Drehfeldmaschine

Drehmaschinen arbeiten durch eine Variation im Statorfeld. Der Rotor wird auch hier durch einen Magneten realisiert. Der Rotor versucht sich immer nach dem entsprechenden Magnetpol zu richten. Die Spannungen beim Drehstrom sind um 120 Grad versetzt, deshalb variieren die magnetischen Pole regelmäßig. Aus diesem Grund beginnt sich der Rotor zu drehen. Drehstrommotoren lassen sich leichter kühlen als Gleichstrommotoren.

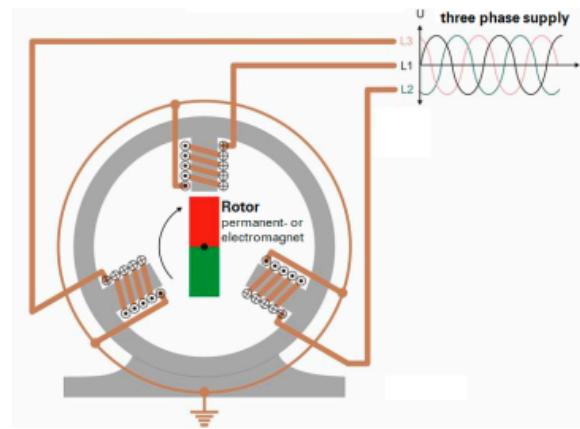


Abbildung 1.4: Aufbau Drehfeldmaschine [6]

Bei den Drehfeldmaschinen gibt es zwei verschiedene Aufbauarten: Asynchron- und Synchronmaschine.

1.6.2.2.1 Asynchronmotor Ein Asynchronmotor hat einen Kurzschlussläufer. Bei einem Kurzschlussläufer werden die Leiter, wie der Name erraten lässt, im Rotor kurzgeschlossen. Wenn der Rotor dem elektrischen Feld des Stators ausgesetzt wird, bekommen die kurzgeschlossenen Leiter eine Spannung, die einen Stromfluss verursachen. Im Rotor befindet sich jetzt ebenfalls ein eigenes Magnetfeld. Nun wirken die Magnetfelder entgegen und somit verursachen die Kräfte eine Drehbewegung.

Anwendungsbereiche:

- Pumpen
- Kompressoren
- Ventilatoren

1.6.2.2.2 Synchronmotor Bei einer Synchronmaschine ist der Rotor entweder als Permanent- oder Elektromagnet realisiert. Dadurch hat der Rotor bereits ein eigenständiges Magnetfeld. Der Rotor kann sich deshalb selbstständig auf das Magnetfeld im Stator ausrichten. Der Rotor kann nun, je nach Änderung des Magnetfeldes im Stator, direkt mitlaufen. Ein Synchronmotor ist für höchste dynamische Bewegungskriterien geeignet.

Anwendungsbereiche:

- Roboter
- CNC-Anwendungen
- Positionierantriebe

1.6.3 Motorauswahl

Antriebssystem (Motor und Regelgerät)	Permanent erregter Gleichstrommotor	Permanent erregter Synchronmotor	Standardisierter Asynchronmotor
Leistungsbereich	1 W bis 1 kW	1 W bis 10 kW	1.5 kW bis 630 kW
Preis Motor	teuer	teuer	günstig
Preis Elektronik	günstig bis mittel	mittel bis teuer	günstig bis mittel
Robustheit	mittel	gut	sehr gut
Regelgüte	sehr gut	gut	mittel bis gut
Standardisierung	gering	gering	hoch
Wirkungsgrad	schlecht bis gut	mittel bis sehr gut	schlecht bis gut

Abbildung 1.5: Tabelle Übersicht Elektromotor [7]

Die Tabelle 1.5 gibt einen Überblick, in welchem Bereich man seinen gesuchten Motor finden kann. Um den gewünschten Motor schlussendlich auswählen zu können, ist es erforderlich zu wissen, was auf welche Art bewegt werden soll.

1.6.3.1 Festlegung des Motors

Der Fokus fiel auf den Bereich der Asynchronmotoren. Man kann sie sehr oft am Markt in verschiedenen Ausführungen finden. Dadurch ist auch ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis gegeben.

Folgende Auflistung zeigt noch einmal die konkreten Vor- und Nachteile von einem Asynchronmotor:

Vorteile:

- Günstig
- Hohe Standardisierung
- Robust und Wartungsarm
- Einfacher Aufbau
- ermöglicht eine stabile Drehzahl

Nachteile:

- schwerer regelbar
- Nicht gut positionierbar, im Gegensatz zu Synchronmotoren

1.6.3.2 Motoranforderungen

Die folgende Werte können in den Kapiteln ??., ?? und ?? gefunden werden. Der Laufradius der Pferdeführanlage beträgt ungefähr 9,75 Meter. Bei diesem Radius kann man die Pferde nicht galoppieren lassen. Für eine geeignete Geschwindigkeit wurde ein realistischer Wert gefunden. Unsere Konstruktion dreht sich, mit maximal $5,3 \text{ min}^{-1}$.

Vom Konstrukteur der Anlage liefert zusätzlich folgende Angaben, die der Antrieb erfüllen soll:

- Trägheitsmoment $I = 30273,53 \text{ kgm}^2$
- Beschleunigung $\alpha = 0,0947 \text{ 1/s}^2$
- Geschwindigkeit $\omega = 0,5 \text{ 1/s}$

Durch diese Angaben lässt sich ein geeigneter Motor unter folgender Berechnung finden:

$M_A = \text{Drehmoment der Anlage}$

$P_A = \text{Leistung der Anlage}$

$M_M = \text{Drehmoment des Motors}$

$P_M = \text{Leistung des Motors}$

$\eta_{GM} = \text{Wirkungsgrad von Motor und Übersetzung} = 0,81$

$$M_A = I * \alpha = 30273,53 \text{ kgm}^2 * 0,0947 \frac{1}{\text{s}^2} = 2866,9 \text{ Nm} \quad (1.2)$$

$$P_A = M_A * \omega = 2866,9 \text{ Nm} * 0,5 \frac{1}{\text{s}} = 1433,45 \text{ W} \quad (1.3)$$

Beide Formeln welche oberhalb verwendet wurden, sind grundlegende Formeln in der Mechanik. Daraus konnten das benötigte Drehmoment und die benötigte Leistung der Anlage berechnet werden. Systeme haben in der Realität aber Verluste. Diese werden mit dem Wirkungsgrad festgelegt. Wenn man diesen vernachlässigt, könnte der gesuchte Antrieb überfordert sein und dadurch die Anlage nicht bewegen. Deshalb muss man folgende Rechnung durchführen:

$$\eta_{GM} = \frac{P_A}{P_M} \rightarrow P_M = \frac{P_A}{\eta_{GM}} = \frac{1433,45 \text{ W}}{0,81} = 1769,69 \text{ W} \quad (1.4)$$

1.6.3.3 Auswahlverfahren

Aufgrund der Anforderungen fiel die Entscheidung auf die Gruppe der Asynchronmotoren. Da die Anlage mit sehr geringer Drehzahl fährt, besteht die Möglichkeit, ein externes Getriebe oder direkt auf einen Getriebemotor zurückzugreifen. Am Häufigsten findet man bei uns eine 230V Steckdose. Drehstromsteckdosen sind meist nur an den Orten platziert, wo sie von Anfang an benötigt werden. Um dem Besitzer keine Umbauarbeiten aufzulegen liegt der Fokus bei einem 230V Anschluss. Wenn man den Motor mit Drehstrom betreiben will, ändert sich der Nennstrom des Motors. Ansonsten funktioniert die Ansteuerung gleich.

Nun musste ein Asynchronmotor mit einer Leistung von mindestens 1770 Watt gefunden werden. Bei der Suche nach einem geeigneten Motor kamen folgende zwei Motoren in die engere Auswahl:

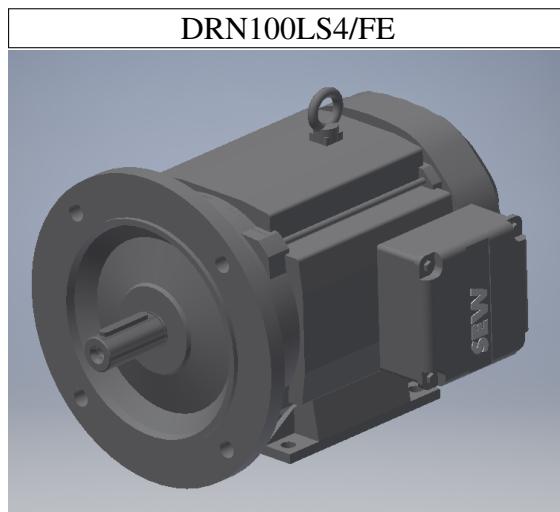


Abbildung 1.6: SEW-Motor [8]

- Motorspannung: 230/400V
- Motorstrom: 8,3/4,75A
- Motorleistung: 2,2 kW
- Drehzahl: 1450 min^{-1}
- Flanschdurchmesser: 250mm
- Effizienzklasse: IE3
- Motorschutzart: IP55
- Nettogewicht: 26,9kg



Abbildung 1.7: Siemens-Motor [9]

- Motorspannung: 230/400V
- Motorstrom: 6,6/3,75A
- Motorleistung: 1,77 kW
- Drehzahl: 1465 min^{-1}
- Flanschdurchmesser: -
- Effizienzklasse: IE3
- Motorschutzart: IP56
- Nettogewicht: 40kg

In diesem Vergleich wird der Motor von SEW bevorzugt.

Da der Motor eine Drehzahl von umgerechnet $24,16\text{s}^{-1}$ hat, muss man die Drehzahl reduzieren. Um dies zu ermöglichen, muss man eine Übersetzung ermöglichen. Dafür gibt es mehrere Varianten. Nachfolgend werden drei Varianten aufgelistet:

- Motor mit externen Getriebe
- Getriebemotor
- Riemenscheibe

Bei einem Getriebemotor wird das Getriebe direkt vom Hersteller dimensioniert und mit dem Motor verbunden. Bei einem externen Getriebe muss man zusätzlich darauf achten, ob der Motor mit dem Getriebe verbunden werden kann, beziehungsweise darf. Um den zusätzlichen Arbeitsaufwand gering zu halten und bei Komplikationen auf den jeweiligen Hersteller zurückgreifen zu können, wird für die Pferdeführanlage ein Getriebemotor verwendet.

1.6.3.4 Getriebemotor

Ein Getriebemotor besteht aus einem Motor und einem Getriebe, welche direkt in einer gemeinsamen Einheit miteinander verbunden sind. Das Getriebe soll sowohl Drehzahl als auch Drehmoment des Motors wandeln. Diese Wandlung kann mittels Drehzahlverhältnis ermittelt werden. Bei Getriebemotoren muss man das Drehmoment von Motor und Getriebe beachten. Primär gilt die Last, die auf das Getriebe wirkt. Wie auch bei allen anderen Motoren gibt es auch bei den Getriebemotoren viele weitere Modelle. Zum Beispiel Servo-Getriebemotoren und verstellbare Getriebemotoren. Für unsere Anlage wurde folgender Getriebemotor gefunden:

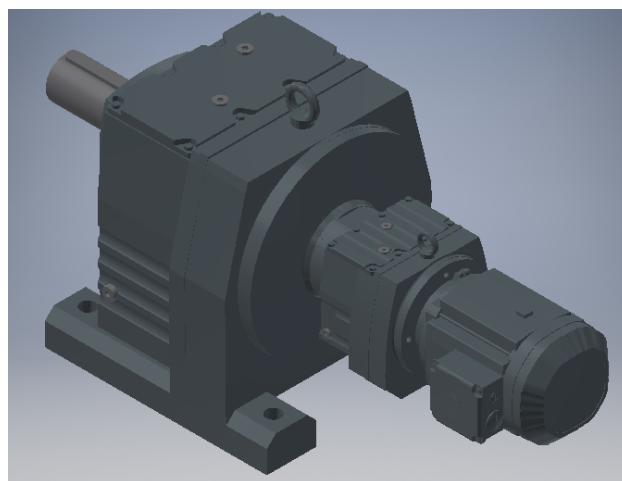


Abbildung 1.8: SEW-Getriebemotor

Der Getriebemotor hat folgende Kenndaten:

- Motorspannung: 230/400V
- Motorstrom: 8,3/4,75A
- Motorleistung: 2,2 kW
- Motordrehzahl: 1450 min^{-1}
- Abtriebsdrehzahl: $6,5 \text{ min}^{-1}$
- Abtriebsdrehmoment: 2980 Nm
- Übersetzung i: 223,00
- Effizienzklasse: IE3
- Motorschutzart: IP56
- Nettogewicht: 341kg

Wenn man diesen Motor mit den Motoranforderungen vergleicht, werden folgende Anforderungen, durch den Getriebemotor, erfüllt:

- Mindestdrehmoment: 2866,9 Nm; Tatsächliches Drehmoment: 2980 Nm
- Mindestleistung: 1769,69W; Tatsächliche Leistung: 2200W

Der einzige Punkt der noch offen ist, ist die Abtriebsdrehzahl bei 50 Hertz Netzfrequenz. Um auf die gewünschte Drehzahl zu kommen, gibt es zwei Varianten. Entweder man sorgt über Riemscheiben für die restliche Übersetzung oder man konfiguriert den Frequenzumrichter mit einer maximalen Frequenz, die auf den Motor wirken darf.

Da man sowieso die Ausgangswelle mit der Anlage verbinden muss, werden Riemscheiben verwendet.

Um den jeweiligen Durchmesser der Riemscheiben zu ermitteln, muss man das benötigte Übersetzungsverhältnis ermitteln.

$$i = \frac{n_{Antrieb}}{n_{Abtrieb}} \rightarrow i = \frac{6,5\text{min}^{-1}}{4,77\text{min}^{-1}} = 1,362 \quad (1.5)$$

Um den gewünschten Durchmesser zu finden, muss man einen Durchmesser annehmen und den Anderen berechnen:

$$i = \frac{d_{Abtrieb}}{d_{Antrieb}} \rightarrow d_{Abtrieb} = i * d_{Antrieb} = 1,362 * 15\text{cm} = 20,4\text{cm} \quad (1.6)$$

Nun kann der Motor unter voller Netzfrequenz betrieben und seine gesamte Leistung genutzt werden.

1.6.4 Motor für Testaufbauten

Da das wirkliche Trägheitsmoment zu Beginn der Konstruktion noch nicht feststand, wurde schon im Vorhinein eine Motorart gewählt. In der Vorrecherche wurde bei schon bestehenden Anlagen immer ein Asynchronmotor gefunden. Deshalb fiel der Fokus schon vorab auf die Asynchronmotoren.

1.7 Frequenzumrichter

1.7.1 Allgemein

Der FU dient zur Steuerung des Asynchronmotors. Dieser regelt das Verhältnis zwischen Motorspannung und Frequenz, daher kann die Drehzahl je nach Last variieren. Der FU selbst überprüft prinzipiell nicht die Position des Rotors. Dies muss meistens mit einem anderen Gerät realisiert werden. Wenn man den Motor ohne Umrichter anschließt, würde der Motor mit einer festen Motordrehzahl drehen.

1.7.2 Aufbau Frequenzumrichter

Ein FU besteht vereinfacht aus folgenden Bestandteilen:

- Brückengleichrichter
- Gleichspannungszwischenkreis
- Wechselrichter

Der Gleichrichter wandelt eine Wechselspannung in eine Gleichspannung. Diese Gleichspannung wird im Gleichspannungszwischenkreis in Kondensatoren gespeichert. Die Spannung wird dann vom Wechselrichter verwendet und wieder in eine Wechselspannung umgewandelt.

1.7.3 Finden eines Frequenzumrichters

Wie auch beim Motor, muss der FU auf das System abgestimmt sein. In diesen Fall muss der FU auf den Getriebemotor angepasst werden. FU können durch folgende Daten ausgewählt werden:

- Bemessungsleistung
- Ausgangsstrom
- Phasenspannung für Motor
- Phasenzahl der Versorgung

Bezüglich Bemessungsleistung und Ausgangsstrom, sollten die Daten vom Getriebemotor übernommen werden. Da der FU direkt mit dem Getriebemotor verbunden ist, kann man diese, aufgrund der geringen Verlustleistung, vernachlässigen. Aufgrund der Werte aus dem Kapitel 1.6.3.4 wurden folgende zwei FU gefunden:

Frequenzumrichter 1



Abbildung 1.9: SEW-MCLTEB0022-2A3-4-30

Frequenzumrichter 2



Abbildung 1.10: Siemens-6SL3210-5BE22-2CV0

- Nennleistung: 2,2kW
- Nennstromspannung: 3x230V
- Ausgangsnennstrom: 10,5A
- Schutzart: IP66
- Preis: 626€ [10]
- Nennleistung: 2,2kW
- Nennstromspannung: 3x230V
- Ausgangsnennstrom: 5,6A
- Schutzart: IP20
- Preis: 382,72€ [11]

Die genannten Frequenzumrichter erfüllen beide die Anforderungen, um den Motor ansteuern zu können. Aufgrund des niedrigeren Preises wird der Frequenzumrichter 2, von der Firma Siemens, gewählt.

1.7.4 Datenblatt Frequenzumrichter

Um den FU korrekt verwenden zu können und etwaige Komplikationen zu vermeiden, sollte man die Informationen beziehungsweise Anweisungen im Datenblatt des Herstellers beachten. In diesem lassen sich unter anderem auch folgende Kapitel finden:

- Sicherheitshinweise
- Mechanische Installation
- Elektrische Installation
- Inbetriebnahme
- Parameterliste

1.7.4.1 Datenblatt Inhalt

Sämtliche Informationen lassen sich aus dem Datenblatt entnehmen. Wie schon oben aufgezählt, geht es als erstes darum, sich mit dem FU vertraut zu machen. Im Kapitel „Sicherheitshinweise“ werden auf etwaige Risiken und Betriebsinformationen hingewiesen. Im Kapitel „Mechanische Installation“, wird festgelegt, wie der FU montiert werden soll. Das Kapitel „elektrische Installation“, dient dazu, den FU richtig zu verkabeln und bietet eine kurze Übersicht für welche Funktion die jeweilige Klemme am Umrichter dient. Im Abschnitt „Inbetriebnahmen“, lassen sich die grundlegenden Bedienungsschritte und die Konfiguration des FU finden. In der Parameterliste sind alle Parameter, die der FU kennt, detailliert aufgelistet.

1.7.4.2 Relevante Informationen

Der FU hat die Aufgabe den Motor der Pferdeführanlage zu steuern. In dieser Aufgabe enthalten sind folgende Anforderungen:

- Motor ein- beziehungsweise ausschalten
- Drehrichtung ändern
- Verschiedene Drehzahlen ermöglichen
- Fehlerbestätigung

Aufgrund dieser Vorgaben wurde ein Verbindungsmakro im Datenblatt, für den V20 von Siemens, gefunden. Ein Verbindungsmakro ist eine vom Hersteller vorgegebene Variante, wie man den FU verwenden könnte. Sollte man kein geeignetes Verbindungsmakro finden oder keines verwenden wollen, muss man sich aus den einzelnen Parametern, im Kapitel Parameterliste, sein gewünschtes Programm selbst entwickeln.

Als erstes sollte man aber den Frequenzumrichter auf den Motor abstimmen. Die jeweiligen Parameter lassen sich aus dem Datenblatt entnehmen.

1.7.4.3 Verbindungsmaestro Cn002 - Regelung über die Klemmen [3]

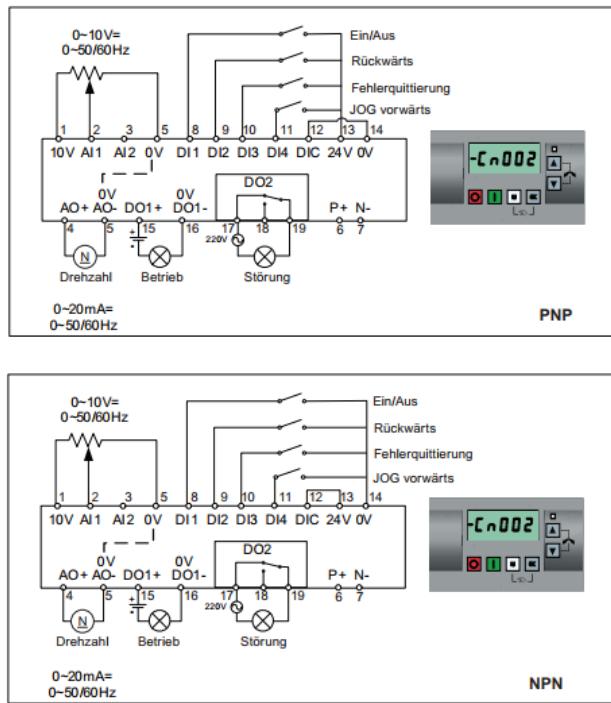


Abbildung 1.11: Beschaltung vom Verbindungsmaestro Cn002

Parameter	Beschreibung	Werkseinstellung	Standard für Cn002	Bemerkungen
P0700[0]	Auswahl der Befehlsquelle	1	2	Klemme als Befehlsquelle
P1000[0]	Auswahl der Frequenz	1	2	Analog als Drehzahlsollwert
P0701[0]	Funktion des Digitaleingangs 1	0	1	ON/OFF
P0702[0]	Funktion des Digitaleingangs 2	0	12	Rückwärts
P0703[0]	Funktion des Digitaleingangs 3	9	9	Fehlerquittierung
P0704[0]	Funktion des Digitaleingangs 4	15	10	TIPPEN vorwärts
P0771[0]	Cl: Analogausgang	21	21	Tatsächliche Frequenz
P0731[0]	Bl: Funktion des Digitalausgangs 1	52,3	52,2	Umrichter in Betrieb
P0732[0]	Bl: Funktion des Digitalausgangs 2	52,7	52,3	Umrichterfehler aktiv

Abbildung 1.12: Parameter für Verbindungsmaestro Cn002

Aus der Abbildung 1.11 kann man entnehmen, dass alle gewünschten Anforderungen aus dem Kapitel 1.7.4.2 erfüllt werden. Des Weiteren sieht man darauf, wie die jeweiligen Ein- und Ausgänge verdrahtet werden müssen, um mit dem FU wie gewünscht arbeiten zu können. Man kann zwei verschiedene Varianten erkennen. Als Erstes wird die PNP- und danach die NPN-Variante gezeigt. Wenn man die PNP-Variante wählt, wird die Bezugsklemme niedrig und sollte man die NPN-Variante wählen, wird die Bezugsklemme hoch. Das heißt, der jeweilige digitale Eingang erkennt, wenn bei der PNP Variante ein 24V-Signal anliegt. In der Abbildung 1.12 werden die jeweiligen Parameter in einer Tabelle angezeigt. Wenn man auf dem Frequenzumrichter ein Verbindungsmaestro auswählt, sind diese Parameter bereits fertig vorgegeben. Man könnte die Parameter auch suchen und jeden Wert manuell zuordnen.

Bei unserer Anlage wird ein 24 Volt Signal bevorzugt, da bei einem Spannungsabfall der Frequenzumrichter sofort die Anlage stoppen würde.

Da nun ein Verbindungsmaestro gefunden wurde, benötigt man nun folgende Verbindungen, um mit dem FU kommunizieren zu können:

- 4x Eingang Digital
- 2x Eingang Analog
- 1x Gemeinsame Bezugsmasse

Sobald einer der digitalen Eingänge ein Spannungssignal von 24V bekommt, wird die jeweilige Funktion ausgeführt.

Der Frequenzumrichter kann letztendlich nur konfiguriert werden. Die Steuerung und die Programmlogik werden von einem externen Gerät durchgeführt.

1.8 Pferderegen

Die Wasserversorgung soll dazu dienen, dem Pferd an heißen Sommertagen eine respektive Abkühlung zu ermöglichen. Dafür wird ein Wasseranschluss benötigt. Es gäbe in erster Linie zwei Varianten, den Wasserfluss zu ermöglichen: Entweder man öffnet manuell einen Wasserhahn, an welchen die Sprühdüsen angeschlossen sind oder man setzt in die Rohrleitung ein Magnetventil ein, welches über die projektierte mobile Applikation gesteuert werden kann.

Prinzipiell ist es Geschmackssache, wie man dies realisieren möchte. In beiden Fällen muss man irgendwo einen Wasserhahn beziehungsweise ein Hauptventil haben, um überhaupt Wasser fließen lassen zu können. Mit der Steuerung über die App wird es dem Benutzer ermöglicht, das Hauptventil dauerhaft geöffnet zu lassen, ohne eine Überschwemmung hervorzurufen. Nur im Winter sollten Vorkehrungsmaßnahmen, siehe 1.12.5 , getroffen werden, damit die Wasserleitung nicht einfriert und somit die Rohrleitung beschädigt werden kann.

1.8.1 Ventil

Die Aufgabe des Ventiles ist einfach: Startet der Benutzer in der App den Sprühregen, gibt das Ventil den Flussweg frei. Man spricht von einem sogenannten Sperrventil.

1.8.1.1 Arbeitsventil

Auf der Suche nach einem geeigneten Ventil für die Bewässerung, ergaben die Suchen meist Ergebnisse für Gartenbewässerungssysteme. In diesen Bereich ganz stark vertreten ist das Unternehmen Gardena. Doch es wurde auch eine Alternative vom Unternehmen Pipelife gefunden.

Ventil 1



Ventil 2



Abbildung 1.13: Gardena 1251-20

- Betriebsspannung: 9V
- Art: ?
- Preis: 68,99€ [12]

Abbildung 1.14: BW-MV1-9V

- Betriebsspannung: 9V
- Art: Impulsventil
- Preis: 83,00€ [13]

Prinzipiell wollen beide Unternehmen, dass man auch das Steuerwerk vom jeweiligen Unternehmen kauft. Deshalb findet man kaum technische Datenblätter dazu und wenn ja, dann dienen diese meist nur der groben Übersicht. Bezuglich des Preises gibt es einen Unterschied von ungefähr 10 Euro. Bei dem Ventil von Pipelife konnte herausgefunden werden, dass es sich um ein 9V-Impulsventil handelt. Wie die Steuerung diesbezüglich aussieht, konnte nicht eruiert werden. Aufgrund dieser Informationen, fiel die Entscheidung auf das 9V-Impulsventil des Herstellers Pipelife.

1.8.1.2 Analyse der Funktion vom Ventil

Um zu überprüfen wie das Ventil wirklich funktioniert, wurde ein Testaufbau gemacht. Dabei wurde mit einem Netzgerät eine Spannung von 9V erzeugt. Damit das Ventil funktioniert, muss ein Wasserdruck vorhanden sein. Aus dem Test wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

1.) Das Ventil benötigt zum Betätigen einen Strom von ungefähr 1,72A.

2.) Sobald ein positiver Stromimpuls kommt, öffnet sich das Ventil.

3.) Das Ventil schließt erst bei steigender Flanke des negativen Impulses.

1.8.2 Umpolung

Aufgrund der oben erlangten Erkenntnisse, muss bei der Anlage ein Spannungswechsel erfolgen. Dies wird in der Regel mit einer sogenannten H-Brücke realisiert. Die vereinfachte Version lässt sich aus der Abbildung 1.15 entnehmen.

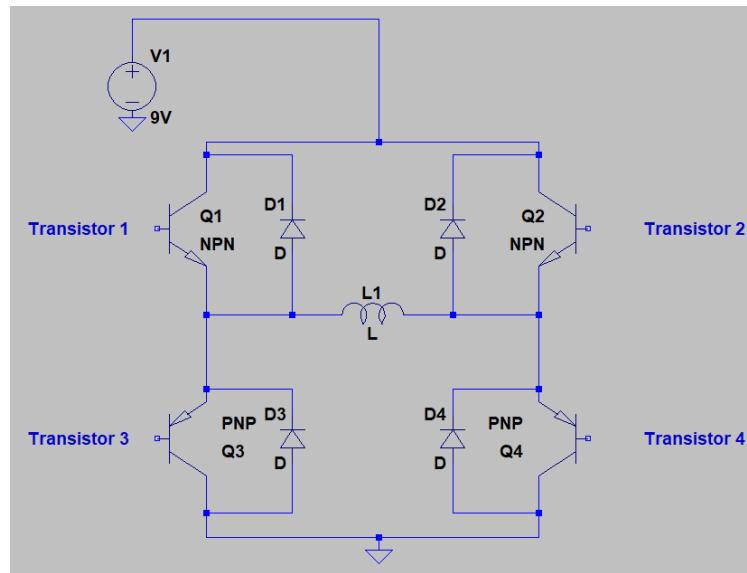


Abbildung 1.15: Vereinfachte H-Brücke

1.8.2.1 Funktionsweise

Solange nicht alle Transistoren durchgeschaltet sind, befindet sich das Ventil im Ruhezustand.

Um das Ventil zu aktivieren, müssen Transistor 1 und Transistor 4 betätigt werden. Daraufhin bekommt das Magnetventil den benötigten Impuls, um zu öffnen.

Wenn man das Ventil wieder deaktivieren will, müssen die Transistoren 1 und 4 geschlossen werden und danach die Transistoren 2 und 3 betätigt werden. Nach einer kurzen Verzögerung müssen die Transistoren 2 und 3 wieder geschlossen werden, um das Ventil wieder zu schließen.

1.8.2.2 Motortreiber Auswahl

Auf der Suche nach einer Alternative beziehungsweise einer besseren Variante, wurden die Bausteine VNH2SP30 und der L298 gefunden. Dieser ist ein Motortreiber, welcher die H-Brücke bereits integriert hat. Nun gibt es zwei Varianten die Ansteuerung zu realisieren:

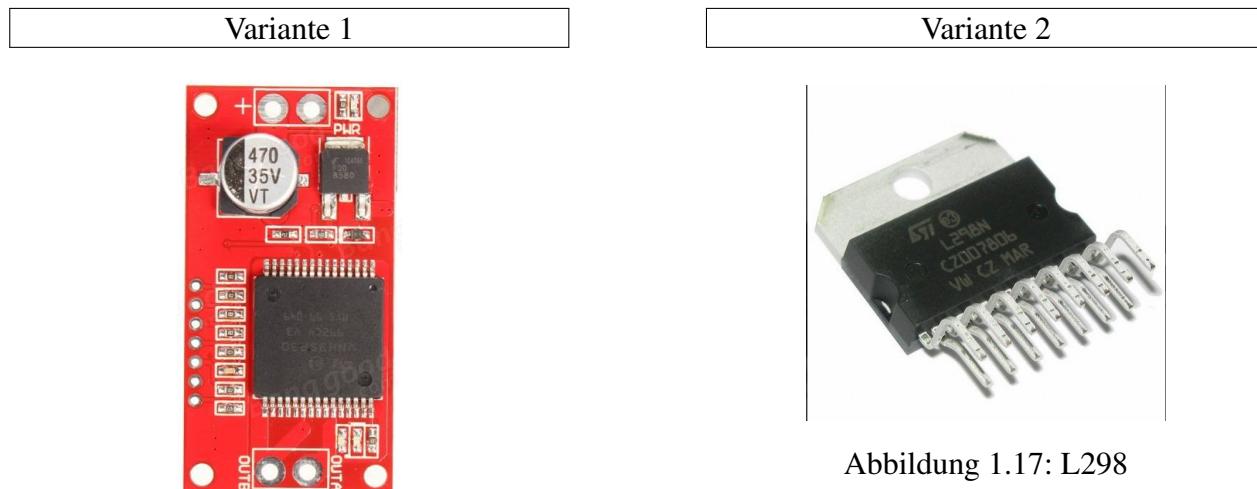


Abbildung 1.16: Single-Chip-VNH2SP30

- Fertige Beschaltung: Ja
- Preis: 2,31€ [14]

- Fertige Beschaltung: Nein

- Preis: 3,79€ [15]

Aufgrund der fertigen Beschaltung und dem niedrigeren Preis, wird für die Steuerung des Ventils, der VNH2SP30 dem L298 vorgezogen.

1.8.3 Motortreiber Ansteuerung

Der Motortreiber VNH2SP30 hat folgende Pinbelegung:

- Power Supply / Spannungsversorgung / 5V
- Ground / Masse / GND
- Enable for motor / Motorfreigabe / CS
- Clockwise / Im Uhrzeigersinn / INA
- Counterclockwise / Gegen den Uhrzeigersinn / INB
- PWM for motor / PWM-Signal für Motor / PMW

Nachfolgend befindet sich ein Beispiel, um den Motortreiber über ein Mikroprozessor-Board, der Type "Arduino" anzusteuern:

Listing 1.1: Arduino Motortreibersteuerung

```

1 void setup() {
2   pinMode(A0, OUTPUT); //enable 1 // Festlegen der Pinfunktion
3   pinMode(7, OUTPUT); //clockwise 1 // Festlegen der Pinfunktion
4   pinMode(8, OUTPUT); //counter clockwise 1 // Festlegen der
5   Pinfunktion
6   pinMode(5, OUTPUT); //100% PWM 1 // Festlegen der Pinfunktion
7   digitalWrite(A0, HIGH); // enable
8 }
9 // Positiver Impuls
10 digitalWrite(7, HIGH); // clockwise
11 digitalWrite(8, LOW); // counter clockwise
12 digitalWrite(5, HIGH); // 100% PWM
13 delay(5000); // wait for a second
14 // Negativer Impuls
15 digitalWrite(7, LOW); // clockwise
16 digitalWrite(8, HIGH); // counter clockwise
17 digitalWrite(5, HIGH); // 100% PWM
18 // Flanke fallen lassen
19 digitalWrite(7, LOW); // clockwise
20 digitalWrite(8, LOW); // counter clockwise
21 digitalWrite(5, HIGH); // 100% PWM
22 delay(5000); // wait for a second
23 }
```

In diesen Programmablauf würde das Ventil ständig wechseln, zwischen den Zuständen offen und geschlossen. Das PWM-Signal hat einen Duty-Cycle von 100 Prozent, da das Ventil nur geöffnet oder geschlossen sein kann. Halb offen gibt es nicht. Die einfachste Variante ist, die Versorgungsspannung des Motortreibers direkt mit dem PWM-Pin zu verbinden.

Für die Realisierung in der Anlage gibt es zwei Möglichkeiten: ein Software- oder ein Hardwareevent muss eintreten, damit das Ventil sich öffnen oder schließen kann. Da die Anlage über die App gesteuert werden soll, muss die Abfrage über einen Softwareevent erfolgen. Dies wird mittels Interrupt gelöst. Ein Interrupt ist eine Unterbrechung im Programm. Dieser beendet kurzzeitig das Programm, führt die Interrupt Service Routine (ISR) aus, und setzt danach an der zuvor unterbrochenen Stelle fort.

In der ISR, bekommt eine globale Variable den jeweiligen gewünschten Zustand, ob die Pferdekühlung aktiviert werden soll, oder nicht. Im Hauptprogramm wird die globale in die lokale Variable geschrieben. Mittels einer Doppelverzweigung wird zuerst entschieden, ob das Ventil geöffnet werden soll.

Die nächste Abfrage überprüft, wie lange der Sprühregen aktiviert ist. Sollte das Ventil zu lange geöffnet bleiben, sprich der Wasserfluss unkontrolliert fortgesetzt werden, muss dieses automatisch deaktiviert/zurückgesetzt werden. Ansonsten bestünde die Gefahr, dass das Wasser nicht mehr versickern könnte, oder sich die primäre Wasserquelle entleeren könnte. Bei Verwendung eines öffentlichen Wasserversorgungsnetzes, wäre so ein Fehlverhalten mit unnötigen Kosten verbunden.

1.8.4 Wasserversorgung

Um überhaupt die Anlage mit Wasser versorgen zu können, muss ein Wasseranschluss vorhanden sein. Von dort muss das Wasser dem Ventil zugeführt und anschließend aufgeteilt werden. Welchen Durchmesser der Wasseranschluss hat, ist von Haus zu Haus unterschiedlich. Diese sind im Normalfall in Zoll angeben und haben entweder 1/2, 3/4 oder 1 Zoll. Um keinen zu hohen Druckverlust zu bekommen, wird ein Rohrsystem mit einem Durchmesser von 3/4 Zoll festgelegt. Das heißt, sollte das System keine 3/4 Zoll haben, muss mit Verbindungssystemen umgewandelt werden. Es sollten so wenig Querschnittsanpassungen wie möglich verwendet werden, um unnötige Druckverluste zu vermeiden. Der idealste Fall wäre in diesen Fall ein 1 Zoll Anschluss. Welche Variante die bessere ist muss je nach Standort unterschiedlich entschieden werden. Zum Beispiel, wenn sich der Anschluss einige Meter über der Pferdeführanlage befindet, wäre der Druck höher und man würde weniger Verluste bekommen und dadurch könnten auch größere Durchmesser verwendet werden.

1.8.4.1 PE-Rohr

Nach sorgfältiger Recherche wurden folgende PE-Rohre gefunden:



Abbildung 1.18: PE-Rohr

Diesen Schlauch gibt es von diesem Unternehmen in folgenden 3 Varianten: [16]

- 1/2 Zoll // Preis: 0,70€ pro Meter
- 3/4 Zoll // Preis: 0,90€ pro Meter

- 1 Zoll // Preis: 1,20€ pro Meter

Diese erfüllen folgende Eigenschaften:

- Maximaler Betriebsdruck: 12,5 bar
- Durchmesser: 1 Zoll
- Für Trinkwassergebrauch zugelassen
- Flexibel bei Verlegung
- 100 Jahre Lebensdauer

Je nachdem wie weit der Wasseranschluss von der Pferdeführanlage entfernt ist, wird der Rohrweg länger.

1.8.4.2 Ventilübergang

Um den Schlauch mit dem Ventil zu verbinden, wird ein Übergangsstück benötigt, welches ein Gewinde mit dem Schlauchende verbinden soll. Dafür wurde folgende Verbindung gefunden:

Variante 1 (1 Zoll)



Variante 2 (3/4 Zoll)



Abbildung 1.19: Gardena Verbindungsstück

- Preis: 3,55 € [17]
- Gewinde: 1 Zoll
- Schlauchdurchmesser: 1 Zoll

Abbildung 1.20: Gardena Übergang

- Preis: 4,89 € [18]
- Gewinde: 1 Zoll
- Schlauchdurchmesser: 3/4 Zoll

Da nun der Anschluss des Ventiles ermöglicht wurde, muss nun die Versorgung für die Sprühdüsen erstellt werden.

Der Innenzaunradius beträgt 8,75 Meter. Daraus ergibt sich ein Umfang von zirka 55 Meter. Es werden 8 Sprühdüsen im Abstand von 45 Grad aufgestellt.

Um nun aus einem Rohr acht zu machen, benötigt man Verteiler:

2-Wege-Verteiler



Abbildung 1.21: 2-Weg-Verteiler

- Preis: 8,49€ [19]
- Eingangsgewinde: 1 Zoll
- Ausgänge: 2x 3/4 Zoll

4-Wege-Verteiler



Abbildung 1.22: 4-Weg-Verteiler

- Preis: 10,50€ [20]
- Eingangsgewinde: 3/4 Zoll
- Ausgänge: 4x 1/2 Zoll

Für die Realisierung benötigt man einen 2-Weg-Verteiler und zwei 4-Weg-Verteiler. Von dort kann man dann mittels 1/2"-Schläuche die Anbindung der einzelnen Düsen realisieren.

1.8.4.3 Sprühnebel Erzeugung

Nun da das Wasser beim Zaun angekommen ist, muss es durch einen speziellen Sprühkopf zerstäubt werden. Dies kennt man entweder als Zerstäuber oder als Nebeldüse.

Abbildung 1.23: Sprühnebeldüse



Eigenschaften der Sprühnebeldüsen:

- Preis: 5,22€ [21]
- Stück: 10
- Betriebsdruck: ungefähr 1 bar
- Durchflussmenge: 0,7 m³/h
- Gewindeanschluss: 1/2 Zoll

Um diesen mit dem Schlauch zu verbinden, werden noch zwei weitere Zwischenstücke benötigt.

1/2-Zoll-Gewindevverbinder



Abbildung 1.24: 1/2-Zoll-Gewindevverbinder
Preis: 2,59 € [22]

Schlauchstück



Abbildung 1.25: Schlauchstück
Preis: 1,65€ [23]

Der Gewindevverbinder wird mit der Nebeldüse verbunden und das Schlauchstück mit dem Schlauch. Beide werden anschließend zusammengeführt.

1.8.5 Rohrverlegung

Damit die Wasserrohre auch korrekt verlegt werden, muss das Verlegeblatt verwendet werden, welches sich unter dem Link

http://www.pipelife.at/at-de/_media/pdf/verlegeanleitung-infoblatt/wasser/verlege-pe-druck.pdf
finden lässt.

1.9 Geschwindigkeitsmessung

Um die Drehgeschwindigkeit zu überprüfen, müssen die Umdrehungen überprüft werden. Nicht nur, ob sich die Anlage überhaupt dreht, sondern auch wie lange. Dazu eignen sich sogenannte Drehgeber sehr gut.

1.9.1 Drehgeber

Die Hauptaufgabe des Drehgebers bei dieser Anlage ist es, die Position und Lage des mechanischen Bereiches zu ermitteln. Aus diesen Informationen kann man unter anderem die Geschwindigkeit, in Abhängigkeit der Drehzeit, ermitteln. Wo der Drehgeber positioniert wird, hängt davon ab, was man mit welchem Ergebnis ermitteln möchte. Wie auch bei den meisten anderen Technologien, lassen sich bei den Drehgebern ebenfalls verschiedene Technologiegruppen finden.

1.9.1.1 Inkrementalgeber

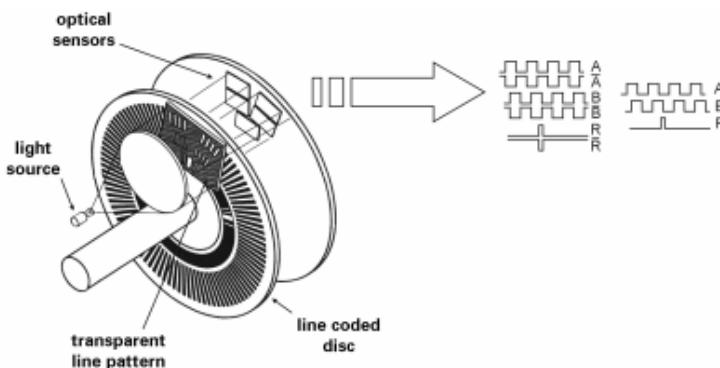


Abbildung 1.26: Aufbau Inkrementalgeber [24]

Der Inkrementalgeber ist ein optisches Messinstrument. Der innere Aufbau des Inkrementalgebers kann aus der Abbildung 1.26 entnommen werden. Mit einem Inkrementalgeber kann man die Drehrichtung, eine Geschwindigkeitsmessung und eine Positionserfassung realisieren. Für die letzteren zwei wird eine zusätzliche Auswertung benötigt.

1.9.1.2 Absolutwertgeber

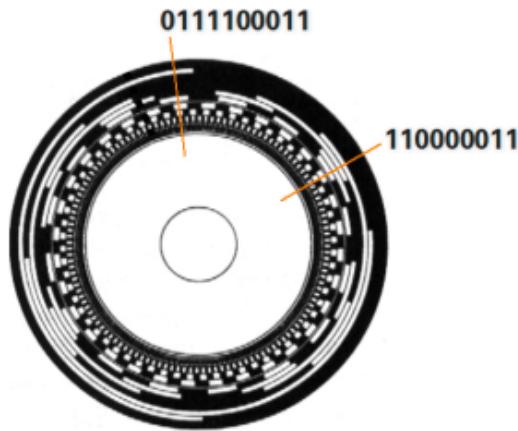


Abbildung 1.27: Aufbau Absolutwertgeber [25]

Der Absolutwertgeber ermöglicht es, dass man die Position direkt ermitteln kann. Die Drehscheibe ist, wie man aus der Abbildung 1.27 erkennen kann, in Bits codiert. Je nach Codeauswertung kann man ermitteln, in welcher Position sich das jeweilige System befindet. Bei einem neuen Systemstart muss kein Referenzpunkt angefahren werden.

1.9.1.3 Resolver

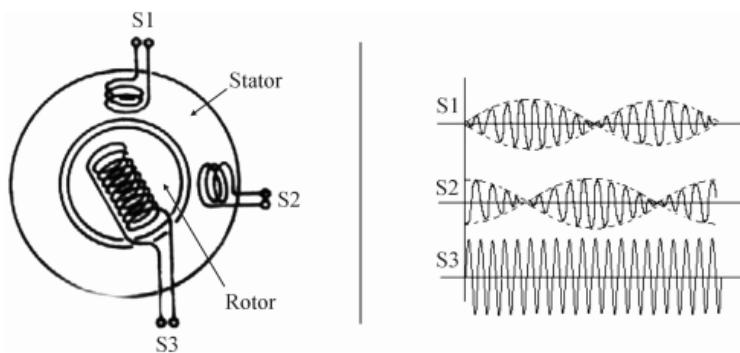


Abbildung 1.28: Signal Resolver [26]

An Spule 3 wird ein Signal mit konstanter Frequenz übertragen. Wenn sich der Rotor nun dreht, bekommen die Spulen 1 und 2 verschiedene Spannungssignale. Die Diagramme in der Abbildung 1.28 geben eine Übersicht, wie der Spannungsverlauf bei den zwei Spulen am Stator aussieht. Je nachdem wie stark das Sinussignal ist, kann eine Auswertelogik die Position ermitteln.

1.9.1.4 Auswahl Drehgeber

	Inkrementalgeber	Resolver	Absolutwertgeber
Robustheit	gering	hoch	gering
Referenzierung nötig?	Ja	Eventuell	Nein
Auswertezeit	gering	hoch	gering - mittel

Bei der Pferdeführanlage ist es nicht essentiell, dass sich der Drehgeber merkt, auf welcher Position sich die Anlage befindet. Deswegen scheidet der Absolutwertgeber aus. Im Bereich der Langlebigkeit würde der Resolver gewinnen, da aber eine schnellere Erfassung der Position notwendig ist, muss auf den Inkrementalgeber zurückgegriffen werden.

Da ein Inkrementalgeber zum Aufbau verfügbar war, wurde mit diesem die Arbeit fortgesetzt.

Abbildung 1.29: US-Digital E4-300-091-D-D-D-B [27]



1.9.1.5 AB-Inkrementalgeber Auswertung

Bei dem in der Abbildung 1.29 befindlichen Inkrementalgeber, handelt es sich um einen einfachen AB-Inkrementalgeber ohne integrierter Referenzierung. Dieser kann bereits ab einem Preis von Im Kapitel 1.9.1.1 wurde bereits ein kurzer Überblick gegeben, wie ein Inkrementalgeber aufgebaut ist. Die drehbare Glasscheibe ist mit einem digitalen Strichcode bedeckt. Durch diese erhalten die optischen Sensoren Lichtstrahlen. Durch das Wechseln des Lichtes erhält man ein Signal, welches anschließend in ein Rechtecksignal umgewandelt wird.

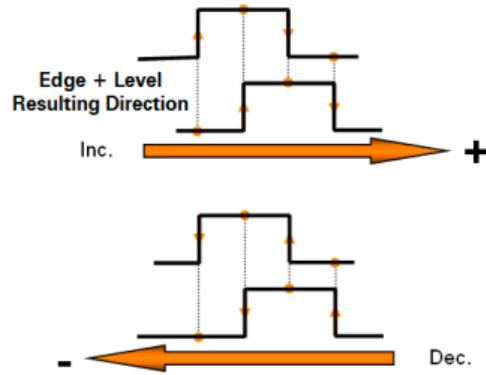


Abbildung 1.30: AB-Signal [24]

Die Anschlüsse A und B haben die Aufgabe die Drehrichtung zu ermitteln. Je nachdem ob das A- oder B-Signal als erstes positiv ist, dreht sich der Drehgeber mit oder gegen den Uhrzeigersinn. Wenn man beobachtet, wie lange ein Signal auf "Hoch" ist, kann man daraus die Geschwindigkeit ermitteln. Beides muss mit einer dementsprechenden Auswertelogik passieren. Eine kostengünstige und einfache Variante bietet dabei ein Mikrocontroller.

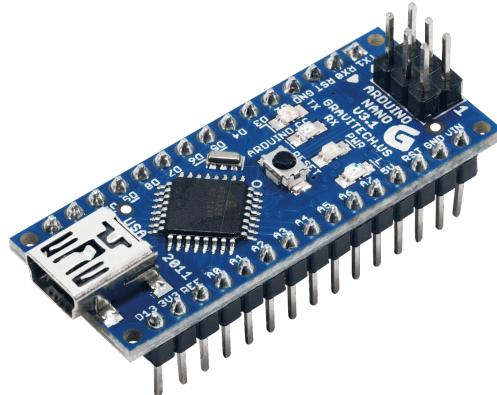


Abbildung 1.31: Arduino Nano [28]

Der Inkrementalgeber wird direkt nach der letzten Riemenscheibe angebracht, da der Drehgeber direkt die Drehzahl der Anlage überprüft. Der Arduino Nano ist ein Mikrocontroller, welcher bereits eine fertige Beschaltung hat. Das heißt, dass der Arduino-Baustein bereits die Möglichkeit bietet, direkt mit diesem zu arbeiten. Er ist mit einem Atmega 328p ausgestattet. Der Arduino Nano kann direkt an einen PC via Universal Serial Bus (USB) angeschlossen und anschließend programmiert werden. Der Arduino Nano kostet online zirka 3,80 € [29]

Um die Pferde in der Anlage platzieren zu können, muss zu Beginn die Anlage einen Referenzpunkt anfahren. Dieser ist so gewählt, dass das erste Pferd im ersten Sektor platziert werden kann. Wenn man weitere Pferde in der Pferdeführanlage platzieren möchte, dreht sich die Anlage um eine Vierteldrehung weiter. Dies passiert solange bis sich alle Pferde in der Anlage befinden. Das

gleiche passiert auch, wenn man die Pferde wieder aus der Anlage entfernen will.

Das Programm am Arduino Nano muss nun die Signale vom Drehgeber einlesen und verarbeiten. Der Drehgeber muss über seine vier Anschlüsse mit dem Arduino Nano verbunden werden. Mittels Interrupt wartet der Mikrocontroller, bis er ein Signal vom Drehgeber bekommt. Jede Änderung der Flanken muss mit einem Timer überprüft und daraufhin mit einem Algorithmus umgewandelt werden. Das Abnahmerad hat einen Durchmesser von 12mm. Die Abfrage erfolgt mit 1440 Pulsen pro Umdrehung. Dadurch lässt sich der Umfang pro Puls berechnen.

$$Umfang = 12\text{mm} * \pi = 37,69\text{mm} \rightarrow s = \frac{Umfang}{1440} = 0,0262\text{mm} \rightarrow \varphi = \frac{s}{r} = \frac{0,262}{6} = 0,0044\text{rad} \quad (1.7)$$

Da man die Strecke hat, kann man über die Zeit auf die Geschwindigkeit schließen. Sobald der Mikrocontroller eine Flanke erkennt, beginnt der Timer zu zählen. Sobald die Flanke fällt, stoppt dieser wieder und die Zeit aus dem Timer wird verwendet, um die Geschwindigkeit zu berechnen. Das ist aber nur die Geschwindigkeit am Drehgeber. Um die Geschwindigkeit des Pferdes zu ermitteln, kann man den Drehwinkel von den jeweiligen Übersetzungen ableiten. Die Übersetzung vom Drehgeber auf die Riemscheibe beträgt 0,08 und von der Riemscheibe zum Drehzentrum 0,735. Daraus ergibt sich ein Gesamtübersetzungsverhältnis von 0,0588. Durch erneutes Umformen erhält man letztendlich folgende Formel, die im Mikrocontroller zum Berechnen der Geschwindigkeit verwendet wird:

$$v = \frac{\varphi * i * r_{Laufradius}}{Timerzeit[s]} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (1.8)$$

Aus der Geschwindigkeit kann man nun die gewünschten Werte der Anlage ermitteln, wie zum Beispiel die Gesamtstrecke oder die Beschleunigung. Sollte der Mikrocontroller plötzlich keine Geschwindigkeit mehr feststellen, sendet dieser einen Fehler an die SPS.

1.10 Kommunikationsschnittstelle

Das Herz der Anlage ist die Kommunikationsschnittstelle. Diese sorgt dafür, dass die Informationen vom Raspberry-Pi richtig verarbeitet werden. Die Kommunikationsschnittstelle hat folgende Aufgaben:

- Datenaustausch mit Raspberry Pi
- Auswerten der Daten von Arduino Nano
- Steuern des FU
- Steuern des Ventiles

Für diese Aufgaben gibt es zwei Systeme die in Frage kommen:

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)



Abbildung 1.32: Siemens SIMATIC-S7-1200 [30]

- Preis: 549,00€
- Digitale Eingänge: 14
- Digitale Ausgänge: 10
- Analoge Eingänge: 2
- Analoge Ausgänge: 6
- Spannungsversorgung: 230V

Embedded System



Abbildung 1.33: Raspberry Pi

- Preis: 31,99€ [31]
- Digitale Eingänge/Ausgänge: 26
- Analoge Eingänge/Ausgänge: 0
- Spannungsversorgung: 5V

Wie bereits erwähnt, sind beide Systeme für die benötigten Aufgaben denkbar. Für welches man sich entscheidet, ist wieder vom gewünschten Aufbau abhängig. Die kompaktere All-in-one-Variante ist mit einer SPS gegeben. Bei einem Raspberry-Pi müsste man viele zusätzlich Komponenten suchen, beziehungsweise entwickeln. Beispielsweise würde man, um die analoge Geschwindigkeitsregelung am FU vorzunehmen, einen Digital-Analog-Wandler benötigen. Die Vorteile des Raspberry-Pis sind, dass er trotz der vielen Zusatzkomponenten günstiger wäre und durch seinen

kleinen Aufbau weniger Leistung benötigten würde, als eine Speicherprogrammierbare Steuerung. Die SPS glänzt vor allem durch ihren kompakten Aufbau. Des Weiteren würde die SPS von Siemens direkt die digitale Spannung für den FU liefern. Für den weiteren Verlauf wird deswegen die Speicherprogrammierbare Steuerung verwendet.

1.10.0.1 Steuerung des Frequenzumrichters

Um dem Frequenzumrichter die jeweiligen Spannungsbefehle zu übergeben, welche im Kapitel 1.7.4.3 zu finden sind, müssen die jeweiligen Anschlüsse miteinander verbunden werden. Die jeweiligen Anschlüsse werden durch die SPS im Programm ausgewählt und den jeweiligen digitalen Ein- und Ausgängen zugewiesen. Daraufhin muss nur noch die Verkabelung zum FU durchgeführt werden.

1.10.0.2 Kommunikation mit dem Raspberry Pi

Um mit dem Raspberry Pi zu kommunizieren wird eine Ethernet-Verbindung gewählt. Die Kommunikation erfolgt über das Protokoll, welches unter Kapitel (??.?) deklariert ist. Das Kommunikationsgerät bekommt dadurch die Informationen, ob der Sprühregen aktiviert werden soll, wie hoch die maximale Drehgeschwindigkeit der Anlage ist, wie lange sich die Pferdeführanlage drehen, wie oft sie die Drehrichtung ändern und ob das Programm unterbrochen werden soll.

1.10.0.3 Kommunikation mit dem Arduino Nano

Die Kommunikation mit dem Arduino Nano erfolgt über den Universal Asynchronous Receiver and Transmitter (UART). Dadurch ist ein einfacher Kommunikationsaustausch möglich.

In der Kommunikation werden vom Arduino Nano folgende Werte übertragen: Drehgeschwindigkeit, Umdrehungen, Fehler.

Von der SPS wird geschickt, ob und in welche Richtung die Pferdeführanlage beschleunigt und ob sich die Anlage drehen soll.

1.10.1 Arbeitsdurchführung

Das Herzstück der Anlage ist die Steuerung für den Frequenzumrichter. Nachfolgend wird kurz der Ablauf des Programmes erklärt, um eine ungefähre Übersicht über die Steuerung zu bekommen. Zu Beginn wird überprüft, ob ein Fehler vom FU oder vom Arduino Nano aktiv ist. Erst wenn keine Fehler aktiv sind, wird eine Anfrage vom Server erlaubt. Nun wird eine Anfrage an den Server geschickt und überprüft, ob überhaupt eine Verbindung zum Raspberry Pi besteht. Solange keine Antwort vom Server geschickt wird, beziehungsweise sobald keine Antwort mehr vom Server kommt, muss die Anlage sofort gestoppt werden.

Wie im Kapitel 1.10.0.2 angesprochen, bekommt die Einheit Befehle, die abgearbeitet werden müssen. Sollte in dieser Zeit ein Fehler auftreten, wird ein ERROR an den Server geschickt, damit dieser weiß, dass ein Fehler vorliegt.

Abarbeitung:

Wasser ein/aus: Sobald der Befehl "Wasser ein" kommt, muss die SPS, die im Kapitel 1.8.3 angesprochenen Pins, vom Motortreiber ansteuern.

Trainingszeit, Drehrichtungsänderungen und Drehgeschwindigkeit: Die erste Aktion ist, dass ein Timer für die Trainingszeit gestartet wird. Sobald diese erreicht ist, wird die Anlage zum Stillstand gebracht. Die Zeit für die Drehrichtungsänderungen wird je nach Anzahl aufgeteilt. Zum Beispiel bei zehn Minuten Drehzeit, soll die Anlage ein Mal die Richtung wechseln. Dadurch wird nach fünf Minuten die Richtung geändert. Die Drehgeschwindigkeit wird dem entsprechenden Analogwert zugewiesen. Auf diesen soll die Anlage beschleunigen und den Wert halten. Die Überwachung erfolgt durch den Inkrementalgeber.

Halt oder Stopp: Es ist dem Benutzer jederzeit möglich ein Halt beziehungsweise ein Stopp der Anlage durchführen zu lassen. Stopp heißt, dass der aktuelle Programmzyklus beendet wird. Bei Halt wird das Programm an der aktuellen Position angehalten und sobald der Benutzer die Anlage wieder starten möchte, macht die Anlage dort weiter, wo sie aufgehört hat.

1.11 Gesamtsteuerung

Das Blockschaltbild und der Schaltplan befinden sich im Anhang B. Der elektrische Arbeitsteil muss nahe dem Zentrum der Anlage platziert werden. Für diesen ist ein Schacht vorgesehen. Dieser ist als versenkbarer Schaltschrank zu realisieren, welcher witterungsfest ist. Folgende Bauteile werden auf Hutschienen im Schacht platziert: FU, Kommunikationsgerät, Arduino Nano, Motor- treiber.

1.11.1 Kostenübersicht

In der Kostenübersicht fehlen die Kabel für sämtliche Verbindungen.

Bauteil	Stückanzahl	Einzelpreis	Gesamtpreis
Getriebemotor	1	3300€	3300€
FU	1	417,27€	417,27€
SIMATICS S7	1	549,00€	549,00€
Motortreiber	1	2,31€	2,31€
Magnetventil	1	70,00€	70,00€
Schlauch 3/4-Zoll	50 Meter	0,90€	45,00€
2-Weg-Verteiler	1	8,49€	8,49€
4-Weg-Verteiler	2	10,50€	21,00€
Sprühnebeldüse	8	0,53€	4,24€
Gardenaübergang	1	4,89€	4,89€
Schlauchstück	16	1,65€	26,40€
Gewindevverbinder	8	2,59€	20,72€
Schlauch 1/2 Zoll	64 Meter	0,70€	44,80€
Arduino Nano	1	3,80€	3,80€
Inkrementalgeber	1	24,62€	24,62€
Gesamtstück	44 Stk	-	-
Gesamtpreis	-	-	4473,44€

1.12 Sicherheit der Pferde und Anlage

1.12.1 Allgemeine Sicherheitsfragen

Um die Anlage bei Tieren einsetzen zu dürfen, muss man auch eine Basissicherheit gewährleisten. Diesen Bereich darf man nicht vernachlässigen.

Im folgenden Abschnitt kann in manchen Fällen nicht zwischen Besitzer oder Eigentümer der Pferdeführanlage unterschieden werden, da es beide Fälle in der Praxis geben kann. Deshalb ist primär der Eigentümer für die Wartungen und den Anlagenschutz haftbar. Sollte der Eigentümer die Anlage in der Regel nicht verwenden, kann er die jeweiligen Wartungs- und Sicherheitsaufgaben auf den Besitzer übertragen. Dieses muss aber in schriftlicher Form erfolgen. In diesem Fall muss der Besitzer im nachfolgenden Kontext die Aufgaben des Eigentümers erfüllen.

Bei unserer Pferdeführanlage können folgende Fehler bewusst auftreten:

- Was passiert, wenn ein Pferd hinfällt?
- Was passiert, wenn ein Pferd stur stehen bleibt?
- Was passiert, wenn das Pferd die Anlage anschieben will (schneller ist)?
- Was passiert, wenn die Anlage nicht arbeitet wie gewünscht?
- Welche Vorkehrungen gibt es im Bereich Blitzschutz?

1.12.2 Tierschutzgesetz und Anlagenschutz

Gemäß §5 Abs. 1 Tierschutzgesetz ist es verboten, einem Tier ungerechtfertigt Schmerzen, Leiden oder Schäden zuzufügen oder es in schwere Angst zu versetzen. Unter §5 Abs. 2 Satz 3 lit. b wird nochmals extra darauf hingewiesen, dass keine technischen Geräte verwendet werden dürfen, welche das Verhalten eines Tieres durch Härte oder durch Strafreize beeinflussen. [32]

Somit darf man dem Ross mit unserer Anlage, keine kleinen Denkimpulse geben, wenn es stur stehen bleibt. Wenn das Reitvieh stehen bleibt, darf ihm und der Anlage selbst nichts passieren. Die einfachste und sicherste Lösung ist, die Anlage zu stoppen. Wenn die Anlage weiter fahren möchte, könnten ungewollte Momente auftreten und somit mechanische Schäden in der Anlage verursachen.

Folgende Vorkehrungen wurden auf der elektrischen Seite zum beidseitigem Schutz getroffen:

Sobald die Auswertung des Sensors merkt, dass die Anlage unfreiwillig stehen bleibt, schaltet die Anlage automatisch ab. Daraufhin muss der jeweilige Eigentümer überprüfen, ob ein technischer Fehler oder ein Problem beim Pferd vorliegt, bevor er diese wieder in Betrieb nimmt. Die Gitter hinter beziehungsweise vor dem Pferd, werden zum Schutz des Tieres nicht mit Strom versorgt. Welcher Zaun neben den Gitter gebaut wird, bleibt dem Eigentümer selbst überlassen.

Sollte man einen Elektrozaun beziehungsweise doch Strom durch die Gitter schicken, werden die Pferde in der Anfangsphase leicht gestresst sein. Sobald sie sich daran gewöhnt haben, funktioniert er wie ein normaler Zaun und die Pferde wissen, dass sie diesen nicht berühren sollten. Bei den Gittern mit Strom würden die Pferde sogar mehr geschützt werden. Grund dafür ist, dass sich die Pferde an den Stangen Verletzungen zuziehen könnten, im Vergleich zu kurzen Stromimpulsen. [33] In Österreich ist dies aber nicht gesetzeskonform.

Als nächster Punkt muss die Pferdeführanlage mit einem Grundsicherheitspaket ausgestattet sein. In diesen fallen zum Beispiel ein Fehlerstromschalter und der Fehlerschutzschalter. Diese werden vor den Hauptkomponenten, Frequenzumrichter und Speicherprogrammierbare Steuerung, angebracht. Dadurch wird den Pferden und der Anlage ein zusätzlicher Schutz gewährt.

1.12.3 Blitzschutz

Da unsere Pferdeführanlage im Freien steht, darf man auch den Fall eines Blitzeinschlags nicht vernachlässigen. Die Durchschnittsanzahl von Blitzen in Österreich wird mit zirka 5 Blitze pro km^2 in einem Jahr geschätzt. [34] Die Anlage darf nicht in Betrieb genommen werden, wenn der Betreiber bemerkt, dass es in wenigen Minuten ein Gewitter geben könnte. Sollte die Anlage während eines Gewitters in Betrieb genommen werden, ergibt sich ein erhöhtes Risiko für die Pferde und die Anlage selbst. Die Haftung liegt in diesem Fall bei der Person, welche die Anlage in dieser Zeit in Betrieb nimmt. Des Weiteren muss die Anlage geerdet werden.

1.12.4 Erdung [4]

Sämtliche aktiven Leiter der Anlage müssen geerdet werden. Auch in Bereich "Erdung" gibt es verschiedene Varianten, diese zu realisieren. Man muss, falls die Anlage weit von einer bereits existierenden Erdung entfernt ist, eine neue Erdungsmöglichkeit erstellen. Die Erdung muss an die jeweilige Umgebung angepasst werden. Die jeweiligen Vorgaben können aus der ÖVE/Ö-NORM "Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis 1000V AC und 1500V DC" entnommen werden.

1.12.5 Winterschutz

Der Zeitraum, in welchem der Winterschutz unserer Pferdeführanlage in Kraft tritt, ist der gleiche wie der Zeitraum der Winterreifenpflicht in Österreich. Das heißt, vom 1. November bis zum 15. April muss die Anlage winterfest gemacht sein.

In folgenden Bereichen muss ein Winterschutz vorgenommen werden:

Boden: Den Untergrund, wo sich die Pferde bewegen, muss der Eigentümer selbst wählen. Bei Temperaturen unter 6 Grad Celsius, darf der Sprühregen nicht mehr aktiviert werden. Nachdem das Wasser gefroren ist, kann das Reitvieh am glatten Boden ausrutschen und gleichzeitig könnte es zu Komplikationen an der Pferdeführanlage selbst kommen. Hierfür ist die jeweilige Person haftbar, die das Drehsystem in Betrieb genommen hat.

Wasserrohre: Um eine hohe Lebensdauer der Wasserrohre gewährleisten zu können, muss der jeweilige Eigentümer vor den jährlich wieder kommenden Kälteperioden das Wasser aus den Rohren entfernen. Eine der gängigsten Methoden ist es, das Wasser in den Wasserleitungen durch ein kleines Entwässerungsventil zu entleeren. Das elektromagnetische Ventil muss manuell geöffnet werden, damit das Wasser zu rinnen beginnt. Wäre das Ventil geschlossen, könnte das Wasser nicht fließen, da ein Unterdruck in der Leitung erzeugt werden würde. Mittels Druckluft kann auch das restliche Wasser ausgeblasen werden. Somit sind die Wasserrohre für den Winter gerüstet.

1.12.6 Not-Stopp/ Not-Halt

Bei einem Not-Stopp wird die gesamte Anlage spannungsfrei gemacht. Das heißt, bei keinen der elektrischen Bauteile liegt mehr eine elektrische Betriebsspannung an. Bei einem Not-Halt hingegen, wird nur das Nötigste der Anlage angehalten, damit keine unvorhergesehenen Systemstörungen entstehen. Beides sollte bei der Pferdeführanlage angebracht sein. Damit keine Komplikationen auftreten, muss das Programm in beiden Fällen neu gestartet werden. Ein Beispiel für eine Komplikation wäre: "Die Steuereinheit gibt noch den Befehl, dass die Anlage mit höchsten Tempo fahren soll."

1.12.7 Pferdesicherheit

Prinzipiell ist es schwer möglich zu ermitteln, ob ein Pferd stehen geblieben oder gestürzt ist. Das Grundgerüst der Anlage sieht ein klappbares Tor vor. Sobald dieses aufklappt könnte der jeweilige Sensor auslösen und daraufhin die Anlage sofort zum Stillstand bringen. Eine Schwierigkeit dabei ist, dass sich die Sensoren auf einem drehbaren Gestell befinden müssten. Dadurch können diese nur schwer mit Spannung versorgt und die gewünschten Signale übertragen werden. Dies wäre prinzipiell möglich, bringt aber mehrere Verschleißteile mit sich. Diese sind meistens nicht sehr preiswert. Deswegen musste eine andere Variante gefunden werden.

Der folgende Grundgedanke kam erst sehr spät und konnte deswegen nicht mehr in der Konstruktion berücksichtigt werden. Dieser müsste im Zuge einer etwaigen zukünftigen Optimierung der Konstruktion neu bearbeitet werden:

Jedes der Treibgitter bekommt einen Sicherheitsbolzen mit einer Sollbruchstelle. Dieser reißt ab, sobald eine Gegenkraft vom Pferd auf das Gitter einwirkt. Des Weiteren muss der Keilriemen so dimensioniert werden, dass keine Drehübertragung auf die Anlage mehr möglich ist. Anders gesagt: Durch eine Rutschkupplung kann der Keilriemen durchrutschen. Der Drehgeber müsste in diesen Fall bei der Riemscheibe befestigt werden, welche mit der Anlage verbunden ist. Die Auswertung des Inkrementalgebers müsste dementsprechend angepasst werden. Da die Anzahl der Pulse im Inkrementalgeber sehr hoch ist, würde dieser eine sofortige Geschwindigkeitsänderung bemerken. Sobald dieser Fall festgestellt wurde, gibt dieser das Signal, die Anlage sofort zu stoppen.

Welche Variante auf Dauer kostengünstiger wäre, müsste durch Risikoabschätzungen und Lebensdauerrechnung analysiert werden.

1.13 Diskussion

1.13.1 Verbesserungsvorschläge

1.13.1.1 Motor

Als erster Hauptpunkt wäre eine andere Antriebsart zu wählen. Ein Getriebemotor dieser Dimension ist unüblich und daher unbrauchbar. Außerdem überschreiten die Anschaffungskosten von 3300€ jegliche wirtschaftliche Betrachtungsweise. In diesen Bereich muss weiter nach Alternativen gesucht werden.

1.13.1.2 Raspberry Pi für Kommunikation

Der zweite Punkt ist die Kommunikationsschnittstelle. Wie schon im Kapitel 1.10 erwähnt, ist der günstigere Weg für die Kommunikation die Verwendung von einem Raspberry Pi. Mit zusätzlichen Komponenten könnten die benötigten Spannungen und analogen Signale erzeugt werden, da der Raspberry Pi diese nicht alleine realisieren kann. Der Raspberry Pi hat geringe Betriebskosten und ist auch im Anschaffungspreis um einiges günstiger. Zusätzlich würden nur die Kosten für die Zusatzelektronik auftreten.

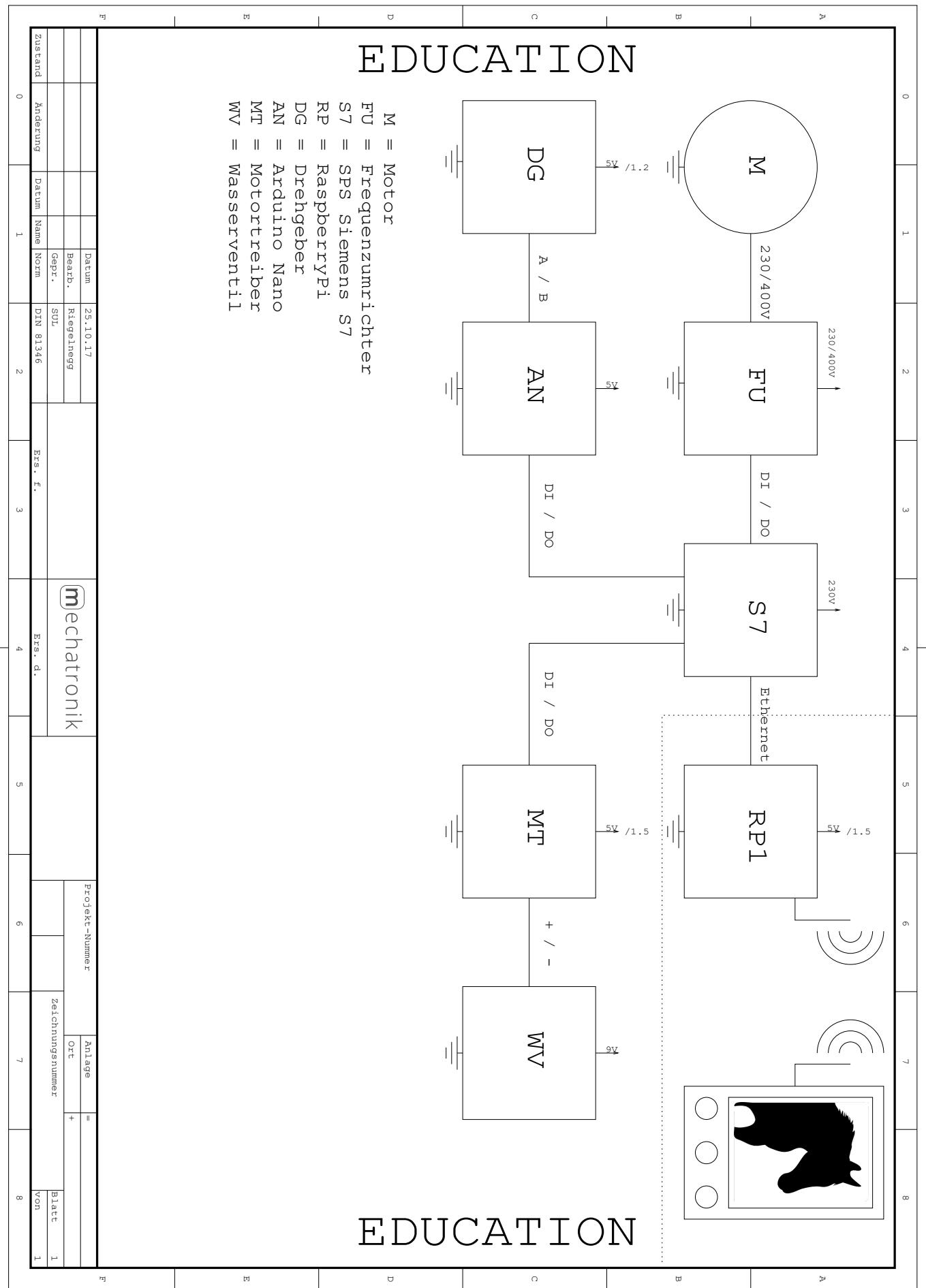
1.13.2 Persönliche Rückschlüsse

Mit wenig Erfahrung und Leichtsinnigkeit wurde die Arbeit gestartet. Im Laufe der Zeit änderten sich die Ansichten und Betrachtungsweisen und man kam zu der Erkenntnis, dass sich die Diplomarbeit doch nicht aus leichter Hand durchführen lässt. Die Hauptpunkte sind prinzipiell schnell und einfach abgearbeitet und angesprochen. Doch hinter diesen Punkten häufen sich die kleinen Arbeiten und Herausforderungen. Step-by-Step wurden diese angenommen. Neben einem erweiterten Wissenstand im Bereich der Antriebstechnik und deren Komponenten, konnte auch ein großer Schritt im Bereich Erfahrung im Projektmanagement gewonnen werden. Mit der Zeit wurde klar, dass man erfahreneren Leute doch den nötigen Glauben schenken sollte, um etwaige Komplikationen zu vermeiden.

Anhang

A Zeitaufzeichnung

B Persönlicher Anhang 1



C Literaturverzeichnis

- [1] *Übersicht Antriebstechnik*, chapter 2 Die mechatronische Antriebslösung. Bernecker und Rainer, 2016.
- [2] *Übersicht Antriebstechnik*, chapter 3.1 Elektrische Antriebe. Bernecker und Rainer, 2016.
- [3] *Betriebsanleitung Umrichter SINAMICS V20*, page 53. Siemens, 2012.
- [4] *Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis 1000V AC und 1500V DC*, page 59. Österreischischer Verband für Elektrotechnik, März 2000.
- [5] *Übersicht Antriebstechnik*. Bernecker und Rainer, 2016.
- [6] *Übersicht Antriebstechnik*, page 14. Bernecker und Rainer, 2016.
- [7] Rolf Gloor. Vergleich elektromotoren. <http://www.energie.ch/antriebsvergleich>, Stand 12.03.2018, Abschnitt Vergleich von Antrieben.
- [8] SEW. Sew produktkonfigurator, cad-ansicht. Stand 25.02.2018.
- [9] Siemens. Siemens produktkonfigurator, cad-ansicht. Stand 26.02.2018.
- [10] Motoren Dötsch. Preisliste dötsch. http://www.motoren-doetsch.de/fileadmin/user_upload/dateien/downloads/KA140900_Preisliste_Frequenzumrichter_SEW_Movitrac_3x380V_2015.pdf, Stand 23.01.2018, Preis FU SEW = 626,00 Euro.
- [11] Siemens. Sinamics v20. <https://at.rs-online.com/web/p/inverter-drives/7840773/#>, Stand 23.01.2018, Preis von Siemens V20 = 417,27 Euro.
- [12] Gardena. Bewässerungsventil 9v. <https://www.gardena.com/de/produkte/bewasserung/bewasserungssteuerung/bewasserungsventil-9-v/900902001/>, Stand 28.03.2018, Preis vom Ventil = 68,99 Euro.
- [13] *Preisliste Bewässerungssysteme*, page 8. Pipelife, 2017. http://www.pipelife.at/at-de/_media/Preislisten/2017/Bewaesserung-2017.pdf, Stand 01.02.2018, Preis vom Ventil = 83,00 Euro.

- [14] Ebay. Vnh2sp30. <https://www.ebay.com/itm/Mini-30A-VNH2SP30-Stepper-Motor-Driver-Monster-Moto-Shield-module-For-A33183086847>, Stand 28.03.2018, Preis des Motortreibers = 2,31 Euro.
- [15] Conrad. H-brücke 1298. <https://www.conrad.at/de/pmic-voll-halbbrueckentreiber-stmicroelectronics-1298hn-induktiv-bipolar.html>, Stand 28.03.2018, Preis vom L298 = 3,79 Euro.
- [16] Boni-Shop. Pe-rohr. <https://www.boni-shop24.de/PE-Rohr-20-mm-1-2-100-Meter-DVGW>, Stand 28.03.2018, Preis der Rohre.
- [17] Amazon. Gardena verbindungsstück. https://www.amazon.de/dp/B000OY2KSW/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_YA8UAbSYZKVPV, Stand 28.03.2018, Preis von dem Gardena Verbindungsstück = 3,55 Euro.
- [18] Amazon. Gardena Übergang. https://www.amazon.de/dp/B000OY2K60/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_1z8UAbN40A3JS, Stand 28.03.2018, Preis des Übergangs = 4,89 Euro.
- [19] Amazon. 2-wege-ventil. https://www.amazon.de/dp/B0001E3RJQ/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_UB8UAb9PGVX1M, Stand 28.03.2018, Preis des Verteilers = 8,49 Euro.
- [20] Amazon. 4-wege-ventil. https://www.amazon.de/dp/B00CJT7TE0/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_zB8UAbEWVTKJQ, Stand 28.03.2018, Preis von einem Verteiler = 10,50 Euro.
- [21] Amazon. Nebeldüse sprühkopf. https://www.amazon.de/dp/B00QUUGAQC/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_cC8UAbR3SX5KF, Stand 28.03.2018, Preis der 10 Nebeldüsen = 5,22 Euro.
- [22] Hornbach. Hahnverbinder. <https://www.hornbach.at/shop/Gardena-Hahnverbinder-21mm-G-1-2/5643318/artikel.html>, Stand 28.03.2018, Preis des Hahnverbinder = 2,25 Euro.
- [23] Hornbach. Schlauchstück. <https://www.hornbach.at/shop/GL-Schlauchstueck-1-2/5209902/artikel.html>, Stand 28.03.2018, Preis des Schlauchstückes = 1,65 Euro.
- [24] *Übersicht Antriebstechnik*, page 23. Bernecker und Rainer, 2016.
- [25] *Übersicht Antriebstechnik*, page 27. Bernecker und Rainer, 2016.
- [26] *Übersicht Antriebstechnik*, page 26. Bernecker und Rainer, 2016.

-
- [27] US-Digital. Inkrementalgeber e4p. <https://www.usdigital.com/products/e4p>, Stand 24.01.2018, Preis des Inkrementalgebers = 24,62 Euro.
 - [28] Arduino. What is arduino. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, Stand 29.02.2018, Erklärung was sich unter dem Namen Arduino versteckt.
 - [29] Siemens s7 1214c conrad. https://www.amazon.de/tinxi%C2%AE-ATmega328-Micro-controller-CH340G-Arduino/dp/B01FRZW240/ref=sr_1_6?ie=UTF8&qid=1522251299&sr=8-6&keywords=arduino+nano, Stand 28.03.2018, Preis ein Arduino Nano = 3,80 Euro.
 - [30] Conrad. Siemens s7 1214c. <https://www.conrad.at/de/sps-steuerungsmodul-siemens-cpu-1214c-acdcrelais-6es7214-1bg31-0xb0-1.html>, Stand 23.01.2018, Preis der Siemens S7 = 549,00 Euro.
 - [31] Raspberry pi 3 amazon. https://www.amazon.de/dp/B01CD5VC92/ref=cm_sw_em_r_mt_dp_U_EC8UAbXH5TGQA, Stand 28.03.2018, Preis des Raspberry Pi 3 Amazon = 31,99 Euro.
 - [32] *Bundesgesetz über den Schutz der Tiere in der geltenden Fassung.*
 - [33] M. Howald I. Bachmann D. Burger C. Giese, V. Gerber. Stressbelastung und verhalten von pferden in stromführenden gegenüber nicht stromführenden führanlagen. April 2014.
 - [34] ALDIS (Austrian Lightning Detection and Information System). Blitzdichte in Österreich. <https://www.aldis.at/blitzstatistik/blitzdichte/>, Statistik von 2003 bis 2012.

D Abkürzungsverzeichnis

FU Frequenzumrichter	1
ISR Interrupt Service Routine	23
UART Universal Asynchronous Receiver and Transmitter	34
USB Universal Serial Bus	31
SPS Speicherprogrammierbare Steuerung	33

E Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufbau Antriebstechnik	4
1.2	Link-Hand-Regel	5
1.3	Aufbau Gleichstrommaschine [5]	6
1.4	Aufbau Drehfeldmaschine [6]	7
1.5	Tabelle Übersicht Elektromotor [7]	8
1.6	SEW-Motor [8]	11
1.7	Siemens-Motor [9]	11
1.8	SEW-Getriebemotor	12
1.9	SEW-MCLTEB0022-2A3-4-30	15
1.10	Siemens-6SL3210-5BE22-2CV0	15
1.11	Beschaltung vom Verbindungsmaiko Cn002	17
1.12	Parameter für Verbindungsmaiko Cn002	17
1.13	Gardena 1251-20	20
1.14	BW-MV1-9V	20
1.15	Vereinfachte H-Brücke	21
1.16	Single-Chip-VNH2SP30	22
1.17	L298	22
1.18	PE-Rohr	24
1.19	Gardena Verbindungsstück	25
1.20	Gardena Übergang	25
1.21	2-Weg-Verteiler	26
1.22	4-Weg-Verteiler	26
1.23	Sprühnebeldüse	26
1.24	1/2-Zoll-Gewindeverbinder	27
1.25	Schlauchstück	27
1.26	Aufbau Inkrementalgeber [24]	28
1.27	Aufbau Absolutwertgeber [25]	29
1.28	Signal Resolver [26]	29
1.29	US-Digital E4-300-091-D-D-B [27]	30
1.30	AB-Signal [24]	31
1.31	Arduino Nano [28]	31
1.32	Siemens SIMATIC-S7-1200 [30]	33
1.33	Raspberry Pi	33

F Tabellenverzeichnis

G Listings

1.1	Arduino Motortreibersteuerung	23
-----	---	----