

Diplomarbeit: Katzenfütterungsanlage

Florian Greistorfer, Florian Harrer, Dominik Pichler, Julian Wolf

Arnfelds, 28. Februar 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Webserver und Client	7
1.1 Anforderungen	7
1.1.1 Server	7
1.1.2 Client	7
1.2 Voruntersuchung	7
1.2.1 Typescript	7
1.2.2 Angular 2/4	7
1.3 Umsetzung	7
1.3.1 Client	7
1.3.1.1 Design	7
1.3.1.2 Funktion	7
1.3.2 Server	7
1.3.2.1 Funktion	7
1.3.2.2 Mongodb	7
1.3.2.3 Kommunikation mit dem Java Programm	7
1.4 Zusammenfassung und Verbesserungsmöglichkeiten	7
2 Java-Programm	9
2.1 Anforderungen	9
2.1.1 Programm	9
2.1.2 Design - Benutzerinterface	9
2.1.3 Externe Steuerung	9
2.2 Voruntersuchung	10
2.2.1 Wieso Java und nicht C?	10
2.2.2 Wieso das Raspberry Pi 3 Model B?	10
2.2.3 Auswahl eines Touchdisplays	10
2.2.4 Wieso pi4j?	10
2.2.5 Wieso Mongodb?	10
2.2.5.1 Vorteil gegenüber Daten in Datei speichern	11
2.2.5.2 Vergleich mit anderen Datenbanken	11
2.2.6 Kommunikation mit der Web-Applikation	11
2.3 Umsetzung	12
2.3.1 Mongodb	12
2.3.1.1 Allgemeines	12
2.3.1.2 Datenbankmanagementsystem DBS	13
2.3.1.3 Singleton	13

2.3.1.4	Code Beispiele	13
2.3.2	pi4j	15
2.3.2.1	Allgemeines	15
2.3.2.2	Pin Numbering Sheme	16
2.3.2.3	Gewählte Pin Belegung	16
2.3.2.4	Singleton	17
2.3.2.5	Code Beispiele	18
2.3.3	Server-Client-Kommunikation	19
2.3.3.1	Server	19
2.3.3.2	Übertragungsprotokoll	19
2.3.3.3	Response-GET	20
2.3.3.4	Response-PUT	20
2.3.4	Errors und Warnungsverarbeitung	20
2.3.4.1	Allgemeines	20
2.3.4.2	Errors und Warnungen aktivieren/deaktivieren	21
2.3.4.3	Json-Array	21
2.3.4.4	Listenmodel	22
2.3.4.5	Liste	22
2.3.5	GUI-Fenster	22
2.3.5.1	MainWindow	22
2.3.5.2	TimeManagement	22
2.3.5.3	CreateUser	22
2.3.5.4	ManualControl	22
2.3.5.5	Positionsinformation	22
2.3.5.6	SystemInfo	22
2.3.5.7	Update	22
2.4	Zusammenfassung/Verbesserungsmöglichkeiten	22
2.4.1	Probleme mit Mongodb am Raspberry	22
2.4.2	Probleme mit pi4j -> Snapshotversion verwendet - ansonsten werden pins nicht erkannt	22
2.4.3	GUI auf "Touchscreen-Designändern"	22
2.4.4	Besser Benutzerverwaltung - Mehrere Benutzer anlegen	22
2.4.5	Selbst erstellbare Vorlagen in denen Zeiten gespeichert werden	22
3	Teil 1 Mechanik	23
3.1	Einleitung	23
3.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung	23
3.3	Problematik	23
3.3.1	Problematik des automatisierten Aufschneidens	23
3.3.2	Problematik der Dictheit bei Klemmen	23
3.3.3	Problematik bei Entleerung der Verpackung	23
3.3.4	Problematik vom Geruch	24
3.3.5	Problematik von der Reinigung nach dem Urlaub	24
3.3.6	Problematik bei einfrieren des Futters	24

3.4 Konzepte	24
3.4.1 Variante 1: Automatisiertes Aufschneiden	24
3.4.1.1 Übersicht der Prozessschritte	24
3.4.1.2 Füllen des Futtermagazins	26
3.4.1.3 Führen zur Schneidplatte	26
3.4.1.4 Schnitt	28
3.4.1.5 Pressen	28
3.4.1.6 Entsorgen	29
3.4.1.7 Füttern	31
3.4.2 Variante 2: Vor aufgeschnittene Packung	31
3.4.2.1 Förderband und Kettenglieder	31
3.4.2.2 Walze	32
3.4.2.3 Futterplatte	32
3.4.3 Variante 3: Gefrorenes Futter	33
3.5 Aufbauten und Tests	33
3.5.1 Fütterungsexperiment	33
3.5.1.1 Schlussfolgerung des Fütterungsexperimentes	34
3.5.2 Schneideversuch 1.Art der 1.Variante	35
3.5.2.1 Schlussfolgerung des Schneideversuchs 1.Art der 1.Variante	35
3.5.3 Schneideversuch 2.Art der 1.Variante	36
3.5.3.1 Schlussfolgerung des Schneideversuchs 2.Art der 1.Variante	37
3.5.4 Dichtheitsexperiment der Hebelklemme	37
3.6 Vergleich der Varianten	39
3.6.1 Klemmen	39
3.6.1.1 Einfache Klemme	39
3.6.1.2 Hebel Klemme	39
3.6.1.3 Gummiband Klemme	40
3.6.2 Klemmen Wahlvariante	40
3.6.3 Futterschüsseln	40
3.6.3.1 Drehfutterplatte	40
3.6.3.2 Futterplatte Zylinder	41
3.6.3.3 Platte mit einer Schüssel	41
3.6.4 Futterschüssel Wahlvariante	41
3.6.5 Futtermagazine	42
3.6.5.1 Futtermagazin Horizontal	42
3.6.5.2 Futtermagazin Vertikal	42
3.7 Konstruktion der Wahlvariante und Details	43
3.7.1 Drehplatte	43
3.7.2 Förderband, Kettenglied und Kettenrad	43
3.7.3 Walze	45
3.7.4 Hebelklemme	45
3.8 Berechnung und Dimensionierung	46
3.9 Simulation	46

3.10 Bedienung und Wartung	46
3.11 Selbstkritische Analyse und Ausblick	46
4 Elektronik und Mechanik	49
A Abbildungsverzeichnis	53
B Tabellenverzeichnis	55
C Listings	57
D Literaturverzeichnis	59

1 Webserver und Client

1.1 Anforderungen

1.1.1 Server

1.1.2 Client

1.2 Voruntersuchung

1.2.1 Typescript

1.2.2 Angular 2/4

1.3 Umsetzung

1.3.1 Client

1.3.1.1 Design

1.3.1.2 Funktion

1.3.2 Server

1.3.2.1 Funktion

1.3.2.2 Mongodb

1.3.2.3 Kommunikation mit dem Java Programm

1.4 Zusammenfassung und Verbesserungsmöglichkeiten

2 Java-Programm

2.1 Anforderungen

2.1.1 Programm

Die Hauptaufgabe des Programms ist es dem Benutzer eine Möglichkeit zum Steuern der Katzenfütterungsanlage zu Verfügung zu stellen. Weiters soll das Programm die Motoren steuern und die Sensoren in der Anlage auswerten können. Für diese Aufgabe sollen die IO-Pins am Raspberry verwendet werden.

2.1.2 Design - Benutzerinterface

Das Design der GUI-Fenster soll einfach und übersichtlich gestaltet werden. Auf der Hauptseite, also der Seite die immer zu sehen ist, sollen Informationen dargestellt werden, die dem Benutzer einen schnellen Überblick über den Zustand der Anlage geben. Alle anderen nicht direkt ersichtlichen Funktionen sollen über sinnvoll benannte Menüpunkte erreichbar sein. Der Benutzer soll mit Hilfe eines kleinen Touchdisplays die Möglichkeit haben die Anlage zu steuern. Deswegen muss darauf geachtet werden, dass alle GUI-Fenster sinnvoll per Touch-Gesten verwenbar sind.

2.1.3 Externe Steuerung

Da die Katzenfütterungsanlage die Katze füttern soll, wenn die Familie der Katze auf Urlaub ist, sollte die Anlage auch über das Internet erreichbar sein. Dafür gibt es die Möglichkeit einen Benutzer auf der Anlage anzulegen mit welchem man anschließend über eine Webseite auf die Anlage zugreifen kann. Weiters soll das Java Programm (Server) mit der Web-Applikation (Client) kommunizieren, also Daten austauschen, können.

2.2 Voruntersuchung

2.2.1 Wieso Java und nicht C?

Zu Beginn musste entschieden werden mit welcher Programmiersprache gearbeitet werden soll. Zur Auswahl standen Java und C. Vorteile von C:

- 1 Echtzeitfähige Steuerung der Motoren und Sensoren
- 2 Hardwarenahe Programmierung für die Pins

Vorteile von Java:

- 1 Erstellen einer GUI ist einfacher
- 2 Implementieren eines Servers ist einfacher

Nach dem Gegenüberstellen der Vorteile wurde Java als Programmiersprache gewählt.

2.2.2 Wieso das Raspberry Pi 3 Model B?

Schon zu Beginn der Diplomarbeit war klar, dass mit deinem Raspberry gearbeitet werden soll. Nun musste entschieden werden welches Model verwendet werden soll. Wir haben das Raspberry Pi 3 Model B aufgrund folgender technischer Daten gewählt:

- 1 Rechenleistung
- 2 Anzahl der GPIO-Pins
- 3 WLAN-Fähigkeit

2.2.3 Auswahl eines Touchdisplays

Das Display muss folgendet Anforderungen erfüllen:

- 1 Es muss ein Touchscreen-Display sein
- 2 Es muss einfach an das Raspberry anschließbar sein
- 3 Es sollte nicht zu teuer sein

Aufgrund dieser Anforderungen wurde das Touchdisplay von Raspberry gewählt.

2.2.4 Wieso pi4j?

Da Java als Programmiersprache gewählt wurde, musste eine Möglichkeit die GPIO-Pins anzusteuern gefunden werden. Da bei der Recherche außer pi4j Java kaum etwas gefunden wurde, wurde pi4j gewählt. Weiters vorteilhaft ist, dass das Ansteuern der Pins via Code nicht sehr kopliziert ist.

2.2.5 Wieso Mongodb?

Eine Datenbank wurde gewählt, weil es gegenüber des Speichers der Daten in eine Datei mehrere Vorteile aufweist.

2.2.5.1 Vorteil gegenüber Daten in Datei speichern

Vorteile einer Datenbank:

- 1 Keine Probleme mit Pfaden
- 2 Daten sind alle in einem Punkt gespeichert und nicht im System verteilt
- 3 Der benötigte Code für die Datenbank macht das Programm übersichtlicher

2.2.5.2 Vergleich mit anderen Datenbanken

Vorteile von Mongodb gegenüber anderen Datenbanken (zB mySQL):

- 1 Mongodb ist schemenlos (Daten benötigen keine bestimmte Struktur)
- 2 Mongodb ist kostenfrei

2.2.6 Kommunikation mit der Web-Applikation

Der Server mit dem die Web-Applikation kommunizieren kann, wird aufgrund der gewählten Programmiersprache, in Java geschrieben. Der Server wird im Hintergrund aktiv sein und auf Anfragen der Web-Applikation warten. Je nach Anfrage wird der Server Daten zurück senden oder Methoden im Programm aufrufen. Die Daten, die bei der Kommunikation ausgetauscht werden, haben den Datentyp JSON.

2.3 Umsetzung

Bei der Umsetzung, also beim Schreiben des Programms, wurde wie folgt vorgegangen. Zuerst wurden alle GUI-Fenster per Hand grob designed. Anschließend wurden diese im Netbeans als JFrame Form erstellt. Genaueres über die GUI-Fenster folgt uner Punkt 2.3.4. Danach wurden grundlegende Funktionen die das Programm zu erfüllen hat implementiert. Weiters wurden noch: Mongodb, pi4j, der Server und der ErrorAndWarningHandler als Singleton implementiert.

Nun folgen ausführlichere Beschreibungen über die oben angeführten Klassen.

2.3.1 Mongodb

2.3.1.1 Allgemeines

Mongodb ist ein schemenlose Datenbank. Schemenlos bedeutet, dass die Daten keine besondere Formatierung brauchen um gespeichert zu werden. Zusätzlich wird jedem gespeicherten Datensatz automatisch ein einmaliger Identifikator gegeben. Weiters ist es kostenfrei und man benötigt keine Lizenzen.

Bei einer schemenbehafteten Datenbank werden die Daten in Reihen und Spalten gegliedert. Um eine solche Datenbank effizient nutzen zu können wird auch ein einmaliger Identifikator.

In Mongodb sind Zeilen Collections und Spalten Documents.

Die Datenbank kann in der Konsole mit dem Befehl **mongod** gestartet werden. In unserem konkreten Fall am Raspberry startet die Datenbank beim Starten des Raspberry automatisch. Weiters kann in der Konsole mit dem Befehl **mongo**, sofern die Datenbank gestartet ist, die Mongo-Shell geöffnet werden. In der Shell können alle angelegten Dateien verwaltet werden. Unter verwalten wird das Ändern, Hinzufügen und Löschen von Daten verstanden. Es können auch neue Datenbanken angelegt oder alte Datenbanken gelöscht werden.

Befehle:

- **show dbs** ... zeigt alle angelegten Datenbanken an
- **show collections** ... zeigt alle collections in einer Datei
- **use** ... verwenden einer Datenbank, falls die Datenbank noch nicht existiert wird sie neu erstellt
(Beispiel: use <Datenbankname>)
- **drop()** ... löschen einer Datenbank
(Beispiel: <Datenbankname>.drop())
- **find()** ... suchen nach bestimmten Daten
(Beispiel: db.data.find())
- **count()** ... zählt die Dokumente in einer Collection
(Beispiel: db.<Collectionname>.count())
- **insert()** ... hinzufügen eines Dokumentes
(Beispiel: db.data.insert({ "time1": "13:30" })

- **updateOne()** ... updaten von Daten
(Beispiel: db.data.updateOne(<DokumentID>, <Daten>))
- **deleteOne()** ... löschen eins Dokumentes
(Beispiel: db.data.deleteOne(<DokumentID>))

2.3.1.2 Datenbankmanagementsystem DBS

Ein Datenbankmanagementsystem verwaltet eine oder mehrere Datenbanken. Mehrer Datenbanken werden dabei benötigt, wenn mehrere Anwenugen oder Programme jeweils eine eigene Datenbank brauchen. Ein Beispiel für ein DBS ist Mongodb.

2.3.1.3 Singleton

Der Datenbankzugriff wurde in einem Singleton implementiert. Dadurch wird nur ein Objekt der Datenbank erzeugt. Das bedeutet, dass nur von dieser Klasse aus auf die Datenbank zugegriffen wird und nur eine Verbindung geöffnet wird.

Ein weiterer Vorteil davon ist, dass wenn einmal eine andere Datenbank verwendet werden sollte, nur diese eine Klasse geändert werden muss, weil nur in dieser Klasse der Code für die spezifische Datenbank enthalten ist.

2.3.1.4 Code Beispiele

Da am Raspberry die neueste Version von Mongodb nicht funktioniert, wird die Version 2.14.2 verwendet. Weitere Details zu diesem Thema sind unter Punkt 2.4.1 zu finden.

Aus diesem Grund sind auch die Methoden, die als Beispiele angeführt sind, von der älteren Version.

Als erstes muss eine Verbindung mit der Datenbank aufgebaut werden. Falls die Datenbank noch nicht existiert wird sie automatisch erstellt. Dies ist in Java mit folgenden Methoden möglich:

```
MongoClient mongoDB = new MongoClient();
DB database = mongoDB.getDB("<Datenbankname>");
```

Danach muss die Collection, in der gearbeitet werden soll, ausgewählt werden. Falls die Collection noch nicht existiert wird sie automatisch erstellt. Das ist mit der folgenden Methode möglich:

```
DBCollection coll = database.getCollection("<Collectionname>");
```

Anschließend kann mit der Datenbank gearbeitet werden.

- Die Dokumente in einer Collection zählen:

```
<Collectionname>.count();
```

- Ein Dokument aus der Datenbank lesen:

```
DBObject document = <Collectionname>.find(<Identifikator>).next();
```

- Ein Dokument zu einer Collection hinzufügen:

```
<Collectionname>.insert(document);
```

- Ein Dokument in einer Collection updaten:

```
<Collectionname>.update(<Identifikator>, document);
```

Bevor das Java Programm beendet wird sollte die Verbindung zur Datenbank wie folgt getrennt werden:

```
mongodb.close();
```

Ein konkretes Beispiel des Codes aus dem Programm für die Katzenfütterungsanlage sieht so aus:

```
DBObject document = collUser.find()
    new BasicDBObject("identifier", "User")).next();
```

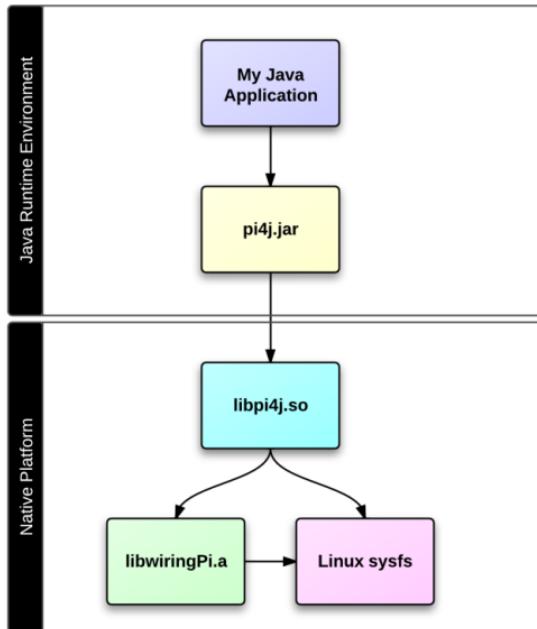
Diese Zeile Code sucht in der Collection **collUser** nach dem Dokument mit dem Identifikator **new BasicDBObject("identifier", "User")**. Das gefundene Dokument wird dann der Varibale **document** zugewiesen.

2.3.2 pi4j

2.3.2.1 Allgemeines

Pi4j ist eine freie Software, welche Bibliotheken zur Verfügung stellt, mit denen es möglich ist, von einem Java Programm, auf die IO-Pins eines Raspberys zuzugreifen. Dabei kann ein GPIO-Pin als In- oder Ouput definiert werden. Wenn ein Pin als Output definiert wird, kann er den State High (+5V) oder Low (0V) haben. Mit einem Input Pin, können Signale gemessen werden. Das Ergebnis der Messung ist wieder High oder Low. Weiters ist es auch möglich einem Pin einen Listener zuzuweisen. Dieser Listener wartet bis auf diesem Pin ein Event auftritt und führt dann zum Beispiel eine Methode aus.

Pi4j stellt eine Verbindung von der JVM (Java Virtuaul Machine) zu dem nativen System des Raspberys her. Dadurch wird es möglich von dem Programm auf die Pins zuzugreifen. Die folgende Grafik zeigt welche Bibliotheken dazu verwendetwerden



Pi4j stellt eine Verbindung von der JVM (Java Virtuaul Machine) zu dem nativen System des Raspberys her. Dadurch wird es möglich von dem Programm auf die Pins zuzugreifen. Die folgende Grafik zeigt welche Bibliotheken dazu verwendetwerden.

Abbildung 2.1: Abhängigkeiten

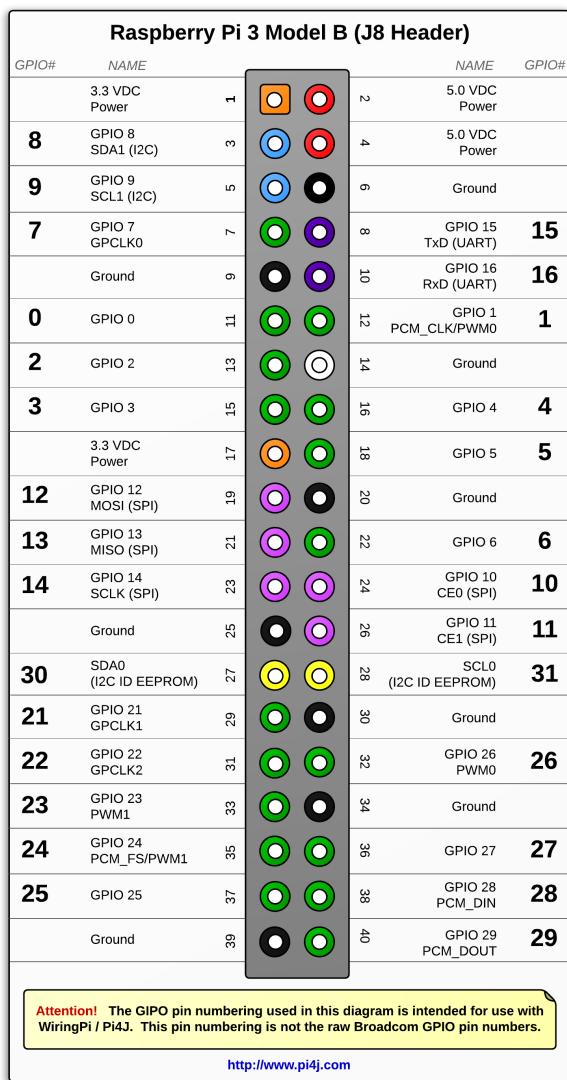


Abbildung 2.2: Pin Numbering Sheme

Zum Ansteuern der Motoren und Auswerten der Sensoren wurden nur GPIO-Pins verwendet. Die Motoren in der Anlage werden über jeweils eine H-Brücke angesteuert. Das bedeutet, dass jeder der zwei Motoren jeweils mit vier Transistoren angesteuert wird. Jeder Transistor wird von einem eigenen Pin angesteuert. Für die Sensoren wird jeweils ein Pin zum Auswerten benötigt. In Summe werden zehn GPIO-Pins benötigt.

2.3.2.2 Pin Numbering Sheme

Am Raspberry haben einige Pins schon fest zugewiesene Funktionen, aber bei den GPIO-Pins kann der Programmierer selbst entscheiden, was der Pin sein soll.

In der Grafik ist zu sehen wie die Pins bei einem Raspberry Pi 3 Model B belegt sind.

2.3.2.3 Gewählte Pin Belegung

Zum Ansteuern der Motoren und Auswerten der

Diese GPIO-Pins werden, wie folgenden Tabelle 2.1 veranschaulicht, verwendet:

Pin	Verwendungszweck
GPIO_00	Sensor Schüsselplatte
GPIO_01	Sensor Förderband (Futtersackerl)
GPIO_02	Motor Schüsselplatte: Transistor 1
GPIO_03	Motor Schüsselplatte: Transistor 2
GPIO_04	Motor Schüsselplatte: Transistor 3
GPIO_05	Motor Schüsselplatte: Transistor 4
GPIO_06	Motor Förderband: Transistor 1
GPIO_10	Motor Förderband: Transistor 2
GPIO_08	Motor Förderband: Transistor 3
GPIO_09	Motor Förderband: Transistor 4

Tabelle 2.1: Belegung der GPIO-Pins

Wenn einer der beiden Sensoren betätigt wird, liefert dieser das Signal High (+5V). Wenn der Sensor nicht betätigt ist liefert dieser Low (0V).

Um einen Motor einzuschalten müssen jeweils zwei diagonal zueinander liegende Transistoren aktiviert werden. Der Motor dreht sich im Uhrzeigersinn, GPIO-Pins von Transistor 1 und Transistor 4 High sind. Gleichzeitig muss sicher gestellt werden, dass die GPIO-Pins der Transistoren 2 und 3 Low sind. Wenn das nicht sichergestellt ist kann es zu einem Kurzschluss zwischen der Spannungsversorgung und GND kommen. Um den Motor gegen den Uhrzeigersinn zu drehen müssen die GPIO-Pins der Transistoren 2 und 3 auf High sein.

2.3.2.4 Singleton

Die benötigten Methoden von pi4j wurden in einem Singleton implementiert. Es musste ein Singleton verwendet werden, weil der benötigte Controller für die Pins nur einmal erzeugt werden kann. Wenn der Controller trotzdem öfters erzeugt wird, wird ein Error geworfen. Der Singleton wird nun dazu verwendet, dass auf die Pins von unterschiedlichen Klassen zugegriffen werden kann. Der Zugriff von mehreren Klassen ist ohne einen Singleton programmiertechnisch nicht lösbar.

2.3.2.5 Code Beispiele

Um mit den GPIO-Pins arbeiten zu können muss zu Beginn ein Controller erstellt werden. Dies ist wie folgt möglich:

```
GpioController controller = GpioFactory.getInstance();
```

Wenn der Controller erstellt ist kann auf die Pins, mit denen gearbeitet werden soll, zugegriffen werden. Bei einem Pin kann auch eine **ShutdownOption** angeben werden. Diese gibt an in welchen Zustand der Pin vor dem Herunterfahren gesetzt wird. Dieser Zugriff erfolgt wie folgt:

- Zugreien auf einen Pin als digitalen Input-Pin:

```
GpioPinDigitalInput pin = controller.provisionDigitalInputPin(
    RaspiPin.GPIO_00, PinPullResistance.PULL_DOWN);
pin.setShutdownOptions(true);
```

- Zugreien auf einen Pin als digitalen Output-Pin:

```
GpioPinDigitalOutput pin = controller.provisionDigitalOutputPin(
    RaspiPin.GPIO_02, PinState.LOW);
pin.setShutdownOptions(true, PinState.LOW);
```

Wenn das erledigt ist kann mit dem Pin gearbeitet werden. Dies kann wie in den folgenden Beispielen erfolgen:

- Zustand eines Input-Pins auswerten:

```
pin.getState()
```

Diese Methode liefert den Zustand des Pins zurück. Dieser kann High oder Low sein.

- Zustand eines Output-Pins setzen:

```
pin.low();
pin.high();
```

Mit **pin.low()** kann der Zustand eines Pins auf Low (0V) und mit **pin.high()** auf High (+5V) gesetzt werden.

Vor dem Beenden des Java Programmes sollte der Controller wie folgt heruntergefahren werden:

```
controller.shutdown();
```

2.3.3 Server-Client-Kommunikation

2.3.3.1 Server

Der Server wird beim Starten des Java Programmes in einem eigenen Thread gestartet. In diesem Thread wartet der Server bis ein Client versucht Kontakt mit ihm aufzunehmen. Wenn die Verbindung akzeptiert wird, wird ein neuer Thread geöffnet in dem die Kommunikation mit diesem Client abläuft. Sobald die Kommunikation beendet ist wird der Thread wieder geschlossen.

Der Server wurde auch als Singleton implementiert damit von mehreren Klassen ausgehend auf ihn zugegriffen werden kann.

2.3.3.2 Übertragungsprotokoll

Im Übertragungsprotokoll wird festgelegt wie die Kommunikation zwischen Server und Client abläuft. Hier wird festgelegt was ein gültige Request (Anfrage) ist und wie die Response (Antwort) auf den jeweiligen Request aussieht.

Wenn der Request des Clients mit einem **GET** beginnt, bedeutet dass, das der Client Daten vom Server fordert. Beginnt der Request mit einem **PUT**, bedeutet dass, das der Client dem Server Daten schicken will. Nach jedem **GET** oder **PUT** folgt ein URL der angibt, welche Daten der Client fordert oder welche Daten der Client dem Server schicken will.

Die folgende Tabelle zeigt alle gültigen Requests und die jeweilige Response darauf:

Request		Response
Aktion	URL	
GET	/errors_warnings	Der Server schickt dem Client die aktuell anzuzeigenden Errors und Warnungen in einer Json-Array
PUT	/ChangeMachineState	Der Server ruft eine Methode auf um den Maschinenzustand zu ändern

Tabelle 2.2: Übertragungsprotokoll

2.3.3.3 Response-GET

Wenn der Server einen Request mit dem Beginn **GET** bekommt, muss er dem Client die Daten schicken. Bei der Katzenfütterungsanlage werden dem Client vom Server die ganzen auftretenden Errors und Warnungen geschickt. Die Errors und Warnungen werden dem Client als Json-Array geschickt. Diese Json-Array wird in der Klasse, welche alle Errors and Warnungen verarbeitet, erstellt. Die Json-Array ist unter Punkt 2.3.4.3 dargestellt.

2.3.3.4 Response-PUT

Wenn der Server einen Request mit dem Beginn **PUT** bekommt, muss er Daten vom Client entgegen nehmen.

Bei der Katzenfütterungsanlage bekommt der Server die Daten nicht direkt. Da der Maschinenzustand nur **Ein** oder **Aus** sein kann, wird dieser nicht übermittelt. Stattdessen wird, wenn der Maschinenzustand geändert wird, die Methode **machineStateChanger()** aufgerufen, welche ihn ändert. Diese Methode aktualisiert auch die GUI-Elemente am Raspberry, abhängig vom Maschinenzustand.

2.3.4 Errors und Warnungsverarbeitung

2.3.4.1 Allgemeines

Der Benutzer der Katzenfütterungsanlage muss über Fehler, die während des Programmablaufs auftreten, informiert werden.

Dazu dient die **ErrorAndWarningHandler_Singleton** Klasse. In dieser Klasse wird beim Auftreten eines Fehlers eine Boolean Variable auf **true** gesetzt. Beim Erstellen der Liste, die die Errors und Warnungen enthält, werden die jeweiligen Boolean-Variablen abgefragt. Wenn die Boolean-Variable **true** ist, wird der Error oder die Warnung hinzugefügt.

2.3.4.2 Errors und Warnungen aktivieren/deaktivieren

Um die Boolean-Variable, die die Errors and Warnungen aktiviert, auf true zu setzen, muss die jeweils zum Error oder zur Warnung gehörende Methode aufgerufen werden. Diese Methode kann wie folgt aussehen:

```
public void setFeedingHasFailedError (Boolean errorOn, String errorTime)
{
    error_hasFeedingFailed = errorOn;
    failedFeedingTime = errorTime;
}
```

In diesem konkreten Beispiel wird der Error, der dem Benutzer mitteilt, dass eine Fütterung fehlgeschlagen hat, aktiviert. Mit dem Parameter **errorOn** kann bestimmt werden, ob der Error aktiv oder inaktiv sein soll. Wenn der Parameter **true** ist, ist der Error aktiv. Daraus folgt, dass der Error inaktiv ist, wenn **errorOn = false** ist.

Mit dem zweiten Parameter **errorTime** wird die Zeit übergeben, zu der die Fütterung fehlgeschlagen ist. Diese Zeit wird dann in der Errormeldung ausgegeben.

2.3.4.3 Json-Array

Diese Klasse stellt auch die Json-Array zur Verfügung, welche dann dem Client (Web-Applikation) geschickt wird.

Die JSONArray sieht wie folgt aus:

```
{
    "Errors": [
        {"message" : "Error1", "hidden" : false},
        {"message" : "Error2", "hidden" : false}
    ]
    "Warnings": [
        {"message" : "Warning1", "hidden" : false},
        {"message" : "Warning2", "hidden" : false}
    ]
}
```

2.3.4.4 Listenmodel

Die Zeile, in der die Klasse für das Listenmodel angelegt wird, sieht wie folgt aus:

```
public class ErrorAndWarningModel extends AbstractListModel
```

Nach dem Klassennamen muss **extends AbstractListModel** hinzugefügt werden. Dies bedeutet, dass das erstellte Listemodel eine Vererbung von **AbstractListModel** ist.

Das Listenmodel wird wie folgt angelegt:

```
private final List<String> errorAndWarning;
```

Damit ist nun festgelegt, dass die Elemente in der Liste Strings sind.

2.3.4.5 Liste

2.3.5 GUI-Fenster

2.3.5.1 MainWindow

2.3.5.2 TimeManagement

2.3.5.3 CreateUser

2.3.5.4 ManualControl

2.3.5.5 Positionsinformation

2.3.5.6 SystemInfo

2.3.5.7 Update

2.4 Zusammenfassung/Verbesserungsmöglichkeiten

2.4.1 Probleme mit Mongodb am Raspberry

2.4.2 Probleme mit pi4j -> Snapshotversion verwendet - ansonsten werden pins nicht erkannt

2.4.3 GUI auf "Touchscreen-Designändern

2.4.4 Besser Benutzerverwaltung - Mehrere Benutzer anlegen

2.4.5 Selbst erstellbare Vorlagen in denen Zeiten gespeichert werden

3 Teil 1 Mechanik

3.1 Einleitung

3.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel ist es eine Katzenfütterungsanlage zu entwickeln. Ausgangslage sind Katzenfutterbeutel aus Aluminium-Kunststoff-Folie, die zeitlich gesteuert das Futter in den Behälter füllen sollen. Das Futter soll der Katze zugänglich gemacht werden und die leeren Beutel geruchsisoliert entsorgt werden. Die Anlage soll zum Beispiel während Kurzurlauben oder zum normalen Füttern der Katze oder des Hundes verwendet werden. Nach Aktivieren der Anlage wird in davor gewählten definierten Zeitpunkten die Katze gefüttert.

3.3 Problematik

Jede Variante in den unten beschrieben Maschinen weisen Schwächen bzw. Probleme auf. Diese werden in den folgenden Punkten erläutert.

3.3.1 Problematik des automatisierten Aufschneidens

Das Problem des automatischen Schneiden ist, dass das Material der Verpackung sehr zäh ist und eine hohe Zugfestigkeit hat. Darum wird eine hoher Anpressdruck der Klingen erwartet. Zudem darf die Klinge, auch wenn sie lang ist, nicht verbiegen. Damit die Aluminium-Kunststoff-Folie nicht zwischen den Klinge gelangt und diese auseinander presst. Das hat Zufolge, dass das die Packung zerknittert und schwerer zu schneiden ist.

3.3.2 Problematik der Dichtheit bei Klemmen

Bei der zweiten Variante wird erwartet das der Besitzer die Packung aufschneidet und eine Klemme befestigt. Diese muss mindestens fünf Tage lang dicht halten damit die Maschine nicht verschmutzt und die Katze etwas zu fressen hat. Wenn die Katzenfutterpackung nicht dicht ist gelangt Luft hinein und das gesamte Futter trocknet ein, somit lässt sich das ganze Futter noch schwerer aus der Verpackung pressen. Ein weiterer Nebeneffekt ist, das Schädlinge in die Packung gelangen können und die Katze, da sie wählerisch sein kann, das Futter nicht frisst.

3.3.3 Problematik bei Entleerung der Verpackung

Beim Entleeren der Verpackung bei geleeartiger Füllung treten einige Probleme auf die sich meist nur mit dem Pressen der Verpackung lösen lassen. Das Futter kann erstens in der Verpackung auf der Folie haften und somit durch die Schwerkraft nicht vollständig entleert werden. Zweitens die Luft muss von der Öffnung

bis zur geschlossenen Seite gelange, damit der Luftdruck nicht das Entleeren verhindert(ähnlich wie beim Entleeren einer volle Ketchupflasche).

3.3.4 Problematik vom Geruch

Bei automatischen Füttern eine Katze ist der Geruch ein großes Problem, da Katzenfutter schon am ersten Tag einen strengen Geruch hat und der sich über die Tage steigert. Die einzige Maßnahme die getroffen werden kann, ist die ganze Maschine Luftpufft zu gestalten (die einzige Ausnahme wäre, wenn es dem Benutzer nicht stört und dieser erleichtert ist wenn seine Katze gefüttert ist).

3.3.5 Problematik von der Reinigung nach dem Urlaub

Durch das Pressen der Packungen kann das Gelee an der Walze bleiben und diese verschmutzen. Die gedachte Lösung ist, dass das Gehäuse aufklappbar ist. Das bedeutet dass der Benutzer mit viel Freiraum in die Maschine greifen kann und somit die beiden Walzen reinigen. Die Futterschüsseln lassen sich durch die Konstruktion der unten beschriebene Variante (Drehplatte) leicht entfernen lassen. Die Futterplatte kann bei eines Falles einer Verschmutzung durch ihre wasserfeste Beschichtung gereinigt werden.

3.3.6 Problematik bei einfrieren des Futters

Wenn man das Futter einfriert braucht man durchgehend Energie zum Betreiben der Gefriertruhe. Außerdem wird viel mehr Platz benötigt und der Kompressor macht Lärm. Weiters ist das Dichthalten der Truhe ein großer Schwerpunkt, da der Greifer an einen bestimmten Punkt in die Maschine eindringen muss um die gefrorene Portion in den Behälter zu befördern. Wenn die Truhe nicht dicht hält, schmilzt der Inhalt und das Futter verdirbt.

3.4 Konzepte

In den folgenden Punkten werden die verschiedenen Varianten vorgestellt. Weiters werden durch Scheinkizzen die einzelnen Varianten verdeutlicht um so einen Eindruck der zu realisierten Maschine zu erhalten.

3.4.1 Variante 1: Automatisiertes Aufschneiden

Diese Variante wurde durchdacht um einen Eindruck zu erhalten, wie das automatische Schneiden funktionieren könnte. Welche Probleme es aufwirft und welche Vorteile es gibt.

3.4.1.1 Übersicht der Prozessschritte

In den folgenden aufgelisteten Schritten werden die einzelnen Punkte erläutert und anhand von Fotos der mit Lego gebauten Variante in verschiedenen Ansichten gezeigt.

1 Füllen des Futtermagazins

2 Führen zur Schneidplatte

3 Schnitt

4 Pressen

5 Entsorgen

6 Füttern

3.4.1.2 Füllen des Futtermagazins

In den folgenden Bildern wird das Magazin anhand eines Aufbaus aus Lego in verschiedenen Blickwinkeln gezeigt. Hier muss man beachten das die vom Futterhersteller für die Öffnung vorgesehene Seite in Richtung des Schneidewerks zeigt (die schmale Seite mit der Einkerbung). Abbildung: 3.1. Das ganze Förderband besteht grundsätzlich aus der Halterung die das Magazin in einer bestimmten Höhe hält, damit die einzelnen Trennwände nicht mit dem Boden kollidieren und somit keine freie Bewegung ermöglicht ist. Der Oberteil des Bandes schließt eben mit der Schneideplattenhöhe ab um ein leichtes gleiten der Packung durch den Greifer zu ermöglichen, ohne das es Höhenunterschiede überwinden muss. Weiters wird über zwei Räder ein Band gespannt an denen die Wände in Abstand der Dicke der Packung festgemacht werden. Das Band wird mithilfe eines Motors in Bewegung gebracht und kann somit von Abteil zu Abteil bewegt werden um immer nach dem Füttern eine neue Packung bereit zu stellen. Auf diesem Band können je nach Länge eine gewissen Anzahl an Futterpackung gelegt werden, natürlich nur auf der Oberseite da die Packungen ansonsten aus den Abteilungen fallen.



Abbildung 3.1: Magazin Modellaufbau von Vorne
Weiters wird über zwei Räder ein Band gespannt an denen die Wände in Abstand der Dicke der Packung festgemacht werden. Das Band wird mithilfe eines Motors in Bewegung gebracht und kann somit von Abteil zu Abteil bewegt werden um immer nach dem Füttern eine neue Packung bereit zu stellen. Auf diesem Band können je nach Länge eine gewissen Anzahl an Futterpackung gelegt werden, natürlich nur auf der Oberseite da die Packungen ansonsten aus den Abteilungen fallen.

In der Abbildung: 3.2 wird das Magazin von der Seite gezeigt.

In der Abbildung: 3.3 wird das Magazin von Oben gezeigt.

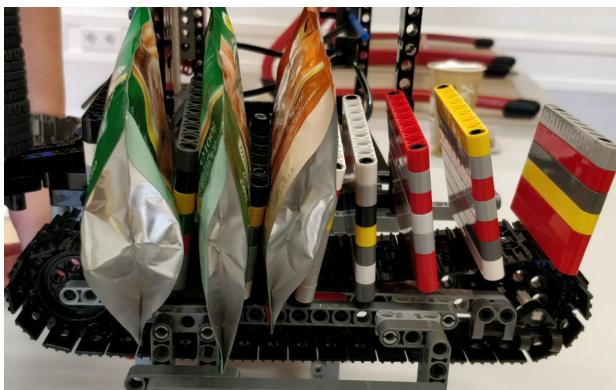


Abbildung 3.2: Magazin Modellaufbau von der Seite

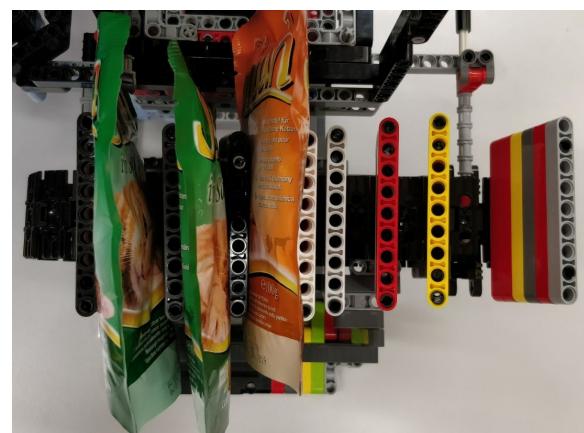


Abbildung 3.3: Magazin Modellaufbau von Oben

3.4.1.3 Führen zur Schneidplatte

In diesem Schritt wird mithilfe eines Greifers (dargestellt durch eine Hand) die Packung in richtiger Position gebracht. Durch die richtige Höhe des Förderbandes muss der Greifer keine hohe Kraft aufwenden um die Packung an ihrem Zielort zu bringen. Der Greifer dient auch noch dazu während des Schneidens neben den Magnetzylinern die Packung stabil an Stelle zu halten ohne dass der Schnittpunkt verrutscht und die Schneide nicht mehr die Einkerbung, die leichter zu Schneiden ist, trifft. Das kann zu dem Problem führen,

dass man die dickere Kunststoffumhüllung schneidet und der Schnitt nicht Ordnungsgemäß durchgeführt wird. Dadurch kann der Kunststoff zwischen die Schneiden gelangen und sie damit auseinander drücken. Dadurch würde dann die Packung nicht aufgeschnitten werden können. Nur bei sehr guter Einspannung tritt beim Schnitt eine Schubbelastung auf, die einen relativ geringen Kraftaufwand für die Rissfortpflanzung erfordert. Die ertragbare Schubspannung muss immer nur punktuell in der Risskerbe überschnitten werden. Bei schlechter Einspannung besteht die Gefahr, dass die Zugspannung über einen größeren Bereich auftreten würde, was enorme Kräfte erfordern würde. Siehe Abbildungen: 3.4, 3.5



Abbildung 3.4: Magazin Auszug



Abbildung 3.5: Magazin Auszug Mitte

Wie im Bild 3.6 gezeigt liegt das Katzenfutterpackerl in der richtigen Position und wird mit zwei Magnetzylin dern an der Schneidefläche festgehalten. Die Magnetzyylinder haben genügend Kraft um die Packung auch während des Schnittes und der Walzphase in Position zu halten. Wenn die Packung verrutschen würde könnte im schlimmsten Fall die Funktion der Maschine beeinflusst werden, indem sie den Greifer oder das Förderband blockiert. Daraufhin müsste die Maschine manuell geöffnet und der Beutel per Hand raus geholt werden.



Abbildung 3.6: Schneidebereit

3.4.1.4 Schnitt

In der richtigen Position muss man mit 2 scharfen Klingen mit viel Kraft die Packung aufschneiden. Eine davon wird an der Schnittfläche angebracht und die andere macht die Schneidbewegung, wobei die beiden aneinander reibenden Kanten den Schnitt verursachen. Die Packung kann mit einem Schnitt vollständig geöffnet werden. Mit zu wenig Druck gelangt zu viel Kunststoffmaterial zwischen die Schneideflächen und durch die Länge der Schneiden biegen sie sich auseinander und somit kommt kein ordentlicher Schnitt zusammen (Zugspannung statt örtliche Schubspannung). Bei öfteren Auftritten dieses besprochenen Problems bei der selben Packung kann es zufolge haben, dass sich die Packung nicht mehr mit der Maschine schneiden lässt, weil sie sich durch die vielen Versuche verformt hat. Siehe Abbildung: 3.7



Abbildung 3.7: Schnitt

Eine andere Alternative wäre ein feingezähntes Schneiderad mit hoher Drehzahl. Versuche mit einem gezähnten Messer haben gezeigt etwa 9 Schnitte mit einem Messer erforderlich waren um eine 10cm Verpackung vollständig aufzuschneiden.

3.4.1.5 Pressen

Nach dem Aufschneiden wird mit einer Rolle die Packung ausgepresst. Dazu werden zuerst die ersten 2 Magnetzyliner gelöst bis die Rolle vorbei ist. Danach werden sie wieder in Position gebracht. Daraufhin werden die anderen beiden gelöst und die Rolle fährt ans Ende. Die Rolle ist auf einer Welle platziert, diese wird mit 2 Sicherungsringen an einer vorgegebenen Position befestigt. Die Rolle ist 10 cm breit, damit ohne Probleme die 9,4cm breite Futterpackung ausgepresst werden kann. Sie wird in einer Vorrichtung an der Maschine angehängt und steht mit einem bestimmten Winkel auf die Schneidfläche damit ein großer Anpressdruck entsteht. Durch die schmierige Konsistenz gleitet das Futter aus der Verpackung und wird nicht von der Walze zerquetscht. Nach der Beseitigung der Verpackung werden zuerst die beiden Magnetzyliner von der Maschine entfernt in Anfangsposition gebracht, damit die Walze ohne Probleme in Startposition zurückkehren kann. Siehe Abbildungen: 3.8, 3.9, 3.10



Abbildung 3.8: Ausquetschen Beginn



Abbildung 3.9: Ausquetschen Mitte



Abbildung 3.10: Ausquetschen Ende

Eine andere Alternative wäre ein senkrechttes Ausquetschen nach unten, unterstützt von der Schwerkraft. Dies ist bei dieser Variante schwer zu realisieren.

3.4.1.6 Entsorgen

Nach dem Auspressen wird die leere Packung durch die Rückklappe in einen luftdichten Container geworfen. Die Klappe wird durch zwei Stifte gehalten und lässt sich durch ein Scharnier nach hinten klappen. Die zwei Stifte sind mit Kosten verbunden da 2 Magnetzyliner benötigt werden und die in einem Schaltplan zu berücksichtigt sind. Außerdem benötigen sie zusätzlich Platz. Die Klappe befindet sich hinter der Futterverpackung. Siehe Abbildung: 3.11.



Abbildung 3.11: Auswurf Beginn

In der Abbildung: 3.12 sieht man den Stift (Oranger Kreis) der ein vorzeitiges nach Hinten klappen verhindert. Die Stifte müssen so dimensioniert sein damit sie die Kräfte der Walze aushält.

In der Abbildung: 3.13 wurde der Bolzen entfernt (Oranger Kreis) und somit lässt sich die Klappe nach hinten klappen.

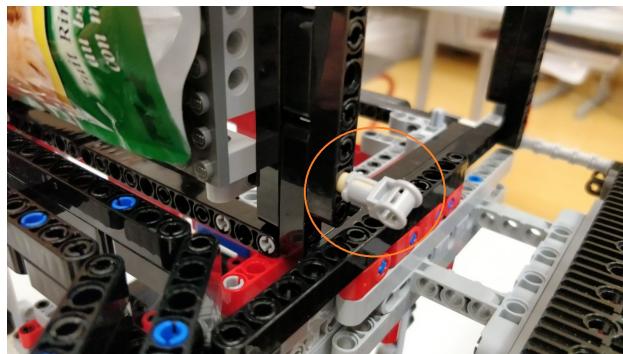


Abbildung 3.12: Bolzen drinnen



Abbildung 3.13: Bolzen entfernen

In der Abbildung: 3.14 wird demonstriert wie die Magnetzyylinder die leere Packung gegen die Klappe drücken, wodurch die Klappe sich öffnet und die leere Packung hinunterfällt.

In der Abbildung: 3.15 sieht man sehr gut wie die Klappe aussieht und wie sie nach hinten aufgeht und der Futtersack in der luftdichten Box entsorgt wird.



Abbildung 3.14: Klappe öffnen

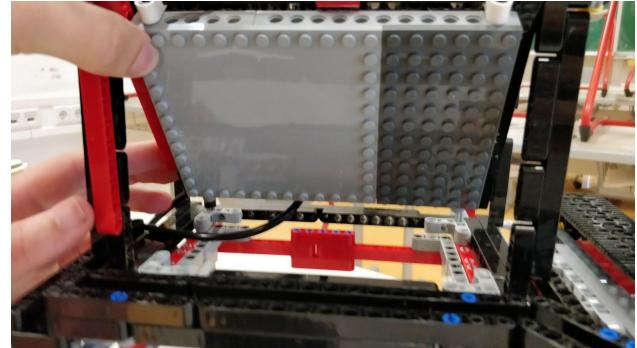


Abbildung 3.15: Fertiger Auswurf

3.4.1.7 Füttern

Die Maschine besitzt 5 Futterschüsseln die auf einer drehbaren Platte stehen. Vor dem Füttern wird eine saubere Platte unter der Stelle, wo später die Packung aufgeschnitten wird, positioniert. Während es ausgepresst wird, fällt das Futter in die Futterschüssel. Wenn der Auspressvorgang beendet ist, wird die Futterschüssel an eine Position bewegt, wo die Katze Zugang zum fressen hat. Die Schüsseln lassen sich einfach aus der Halterung nehmen da sie nur in einem Loch in der Platte liegen. Das hat den Vorteil gegenüber anderen Schüsseln die auf der Platte montiert sind, dass die Katze nicht soweit zur Futterschüssel hat d.h. sie muss nur mit dem Kopf zur Plattenoberfläche und nicht Platte + Schlüsselhöhe, somit spart man je nach Schüssel wertvolle Zentimeter. Die Platte ist mit einer Gummischicht überzogen damit die Schüssel, durch der Kopf der Katze, wenn sie frisst, nicht verrutscht. Sie lässt sich aus der Platte entnehmen, indem der Benutzer mit der Hand die Futterschüssel von unten durch das loch drückt und mit der anderen Hand entnimmt. Danach werden die Schüsseln gewaschen, getrocknet und die Schüssel in das Loch fallen gelassen. Siehe Abbildung: 3.16

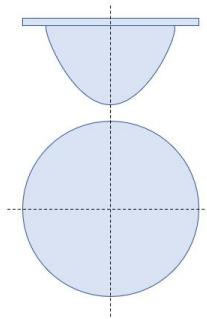


Abbildung 3.16: Loch Futterschüssel

3.4.2 Variante 2: Vor aufgeschnittene Packung

Diese Variante wurde entwickelt um den Schneidemechanismus zu umgehen, da dieser keine leichte Unterfangen ist. Hierbei wird jedoch der Benutzer aufgefordert mehr Zeit in die Maschine zu investieren als bei den anderen Varianten. Er muss sämtliche Packungen aufschneiden mit einer Klemme versehen und in das Förderband einhängen. Mit dieser Bauweise wird viel auf die Hilfe der physikalischen Kräfte gesetzt. Zum Großteil funktioniert das Prinzip mit der Schwerkraft der die Packung entleeren soll.

3.4.2.1 Förderband und Kettenglieder

Beim Förderband erkennt man wo sich die Futterpackungen befinden sollen. Es wird über die zwei Kettenräder eine Kette gespannt. Auf diese Kette werden die Futterpackungen gehängt, dass funktioniert aber nur weil die Kettenglieder einen rechten Winkel auf jeder Seite hat (siehe Abbildung: 3.18). Auf diesen Winkel wird eine Aluplatte geschraubt und mit einer anderen Platte festgeklemmt. Die Kette wird mithilfe eines Kettenrades und eines Motors in Bewegung gebracht, damit bewegt sich die Packung immer näher Richtung Walze. Dadurch die Packung senkrecht auf das Förderband gehängt wird, spielt die Schwerkraft eine große Rolle und unterstützt den Entleerungsprozess der Katzenfutterpackung.

Die zwei dunkelblauen Kreise symbolisieren die zwei Kettenräder die die Kette antreiben. Um die Kreise liegen die einzelnen Kettenglieder, verbunden zu einer Kette. Die Pfeile sollen die Futterpackungen darstellen die am Schaft an der Kette befestigt sind und mit der Öffnung(Pfeilspitzen) nach unten zeigen. Siehe Abbildung: 3.17.

Die dunklere von den blauen Flächen ist die die Oberseite des rechten Winkels mit zwei Löchern zur Befestigung der Aluplatte. Die hellere Fläche ist die Unterseite des Winkels. Die Bolzen des Kettengliedes sind Orange eingezeichnet. Siehe Abbildung: 3.18.

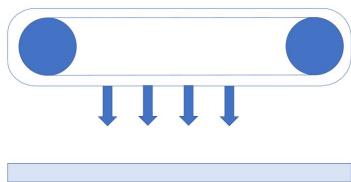


Abbildung 3.17: Foerderband

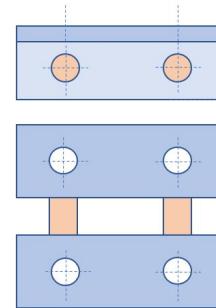


Abbildung 3.18: Kettenglied

3.4.2.2 Walze

Nach dem die Futterpackung in Bewegung ist, wird bei einer gewissen Position die Klemme entfernt und durch die Walze gepresst. Die Walze ist innen hohl und wird auf der Welle platziert. Die erste Walze auf der Antriebsseite und die zweite Welle auf einer eigen gefertigten Welle. Beide Walzen werden durch eine Feder aneinander gepresst, nur so stark, damit die Halterung, an der die Packung festgemacht ist, durchkommt. Dennoch so stark damit sich die Packung entleert. Die Walze an der eigen gefertigten Welle wird mit zwei Aluplatten und einem Scharnier in Stellung gehalten.

Auf der Walze ist ein Pfeil gezeichnet, der Pfeil stellt eine Futterpackung da und die Pfeilrichtung zeigt die Richtung in der die Packung ausgepresst wird. Siehe Abbildungen: 3.19.

Das dunkelblaue ist das eigentliche Scharnier, die hellblauen Flächen sind die Verlängerungen. Siehe Abbildungen: 3.20.

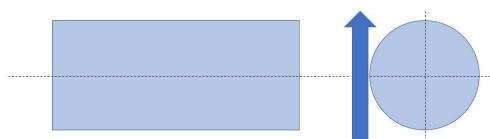


Abbildung 3.19: Walze

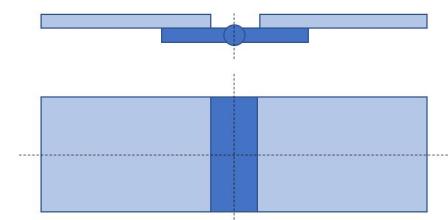


Abbildung 3.20: Scharnier

3.4.2.3 Futterplatte

Nach dem Pressen wird das Futter in die Schüssel gequetscht bzw. es rinnt in die Schüssel. Die Platte hat eine gewisse Anzahl an Schüsseln, je nach Bedarf maximal fünf Schüsseln. Diese sind auf einer Platte platziert, durch den Plattenmittelpunkt geht eine Welle die die Platte nach links und rechts drehen kann. Siehe Abbildung: 3.21

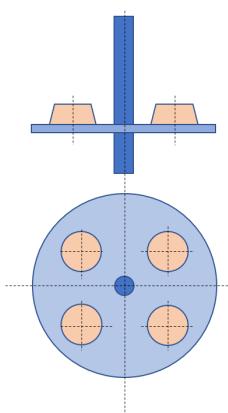


Abbildung 3.21: Futterplatte

3.4.3 Variante 3: Gefrorenes Futter

In dieser Variante wurde überlegt, ob man das Futter nicht einfrieren kann, dieses danach aus der Gefriertruhe zu holen und zu erwärmen. Der Vorteil hierbei ist, dass keine Schädlinge in das Futter gelangen können da es tiefgefroren ist und es kann die Portionsgröße eingestellt werden wie viel die Katze bekommt da der Benutzer die Menge des Futters selbst bestimmen kann. Weiters müsste man nicht über das Schneide Problem nachdenken, da es eine knifflige Angelegenheit ist die Packung bei jeden Schnitt perfekt zu schneiden. Der große Nachteil ist der Platzbedarf und der hohe Energieverbrauch der Kühltruhe. Auch die Entnahme des Futters aus der Kühltruhe ist kein leichtes Unterfangen. Erstens kann mit Magnetzylin dern gearbeitet werden, zur Verschiebung der Abdeckung. Zweitens kann ein Loch aus dem der Greifer das Futter entnimmt und dicht halten muss in die Gefriertruhe geschnitten werden. Falls es undicht ist, wird es darin zu warm, das Futter schmilzt und verdirbt schlussendlich. Hinzuzufügen ist auch noch das Katzen wenn es um Futter geht sehr wählerisch sind und somit wenn das Futter gefroren ist, hat man zu einem Teil das Kondenswasser des aufgetauten Futters und zum Anderen schmeckt eingefrorenes Essen anders, also nicht so wie es die Katze gewohnt ist.

3.5 Aufbauten und Tests

In diesem Abschnitt der Diplomarbeit wurden Teile der vorne beschriebenen Varianten aufgebaut und verschiedene Tests durchgeführt, um die Funktionalität der Varianten zu gewährleisten.

3.5.1 Fütterungsexperiment

In diesem Experiment wurde getestet wie lange es dauert bis eine Packung nur mit Hilfe der Schwerkraft ausläuft. Der Beutel wurde nicht extra erwärmt und wird nur an den beiden unteren Ecken gehalten. Siehe Abbildungen: 3.22, 3.23

In der Abbildung: 3.24 zeigt wie viel nach 5 Minuten von der Packung in den Futterbehälter geflossen ist.

In der Abbildung: 3.25 sieht man das nach 10 Minuten der Inhalt ganz in der Futterschüssel entleert wurde, dennoch tropft es nach.



Abbildung 3.22: Halterung



Abbildung 3.23: Entleerung Anfang

Abbildung 3.24: Entleerung nach
5minAbbildung 3.25: Entleerung nach
10min

3.5.1.1 Schlussfolgerung des Fütterungsexperimentes

Durch die Beobachtung lässt sich durch das Experiment folgende Schlussfolgerungen treffen:

- Durch die leichte Gelee-artige aber eher dünnflüssige Konsistenz des Futters rinnt es abhängig von der Zeit aus der Packung.
- Dadurch der ganze Inhalt leicht gleitet kann ohne Probleme durch eine Walze das restlich Futter ausgepresst werden.

- Durch das Eigengewicht und der Schwerkraft wird der Entleerungsprozess erleichtert.

3.5.2 Schneideversuch 1.Art der 1.Variante

Schnitt anhand einer praxischen Anwendung dargestellt. Der Beutel wird mithilfe einer Papierschneidemaschine geschnitten. Siehe Abbildungen: 3.26, 3.27, 3.28



Abbildung 3.26: Einlegen



Abbildung 3.27: Anfangsschnitt



Abbildung 3.28: Endschnitt

3.5.2.1 Schlussfolgerung des Schneideversuchs 1.Art der 1.Variante

Diese ist von den beiden Schneidevarianten die bevorzugte und wurde durch abwiegen der pro und kontra ausgewählt bzw. Tests ausgewählt.

In den folgenden Punkten sind die Ergebnisse von der ersten Variante aufgelistet:

- Durch den hohen Anpressdruck der Schneide an die Schneidplatte ließ sich die Packung vollständig öffnen.
- Es gelang beim 1. Versuch mit nur einen durchgehenden Schnitt.
- Die lange Klinge machte auch keine Problem indem die Packung zwischen der Schneidfläche und Klinge gelang und diese auseinander drückt.
- Durch die vom Futterhersteller vorgegebene Einkerbung kann mit relativ wenig Kraft eine Rissfortpflanzung hervorrufen (genauere Beschreibung unter Variante 1, Führen zur Schneidplatte).
- Konnte wie beim Greifer ein genaues Einspannen hervorrufen.

3.5.3 Schneideversuch 2. Art der 1. Variante

Mit einem Metallwerkzeug mit Wellenschliffartiger Kante wird der Futterbeutel entlang der Oberseite aufgeschnitten. Um die Packung vollständig geöffnet zu haben, mussten mehrere Schnitte verwendet werden. Siehe Abbildung: 3.29

In der Abbildung: 3.30 erkennt man wie offen die Packung nach 3 Schnitten ist.

In der Abbildung: 3.31 erkennt man wie offen die Packung nach 6 Schnitten ist.

In der Abbildung: 3.32 wurde die Packung nach 9 Schnitten vollständig geöffnet.



Abbildung 3.29: Schneidemittel



Abbildung 3.30: Anfangsschnitt 2. Art



Abbildung 3.31: Mittelschnitt 2.Art



Abbildung 3.32: Endschnitt 2.Art

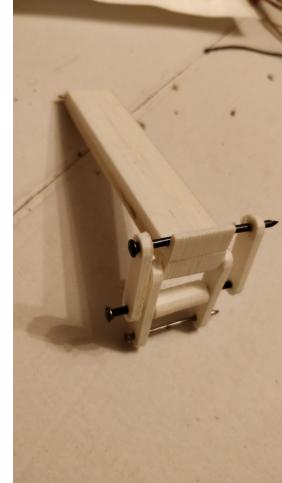
3.5.3.1 Schlussfolgerung des Schneideversuchs 2.Art der 1.Variante

In den folgenden Punkten werden die Ergebnisse und auch Alternativen der zweiten Variante aufgelistet:

- Falls die Packung nicht genau eingespannt ist kann durch die zackige Schneide kein guter Schnitt vollbracht werden, da die Klinge nicht schneidet sondern reißt.
- Wenn auf diese Weise der Schneidemechanismus gelöst wäre sollte, müsste man die mit einer anderen Alternative lösen. Das wäre eine Sägezahnrad das mit einer Elektromotor angetrieben wird.
- Kein gerader Schnitt erwartet, wegen das reißen der Verpackung, hervorgerufen durch die zackige Klinge(würden funktionieren mit zusätzlicher Sicherung).

3.5.4 Dichtheitsexperiment der Hebelklemme

Die für unsere Maschine entscheidende Klemme wurde 3D gedruckt und getestet wie sich die Packung nach fünf Tagen verhält. Von der Klemme wurde nur die Umrandung der einzelnen Teile gedruckt das heißt die Teile sind in der Mitte hohl und dehnbarer als massive Teile für die Klemme. Im Bild: 3.33 erkennt man den ersten Prototypen der Klemme. Die gedruckten Teile werden mit 1,5mm dicke Nägel verbunden. Die Klemme wird im richtigen Modell mit Metall gebaut und die Nägel werden durch passende Stifte ersetzt.



Die Aufgabe der Klemme war, diese fünf Tage senkrecht aufzuhängen und die Klemme auf stärken und schwächen zu Prüfen.

Abbildung 3.33: 3D-Klemme

Tag 1: Die Klemme wurde samt der Packung senkrecht Aufgehängt und an den von Futterhersteller vorgegeben Schneidepunkt aufgeschnitten. Siehe Abbildung: ??er erste Eindruck war die Klemme hält dicht ohne menschliche Einflüsse. Sobald die Klemme wenig gepresst wurde ran die Flüssigkeit aus der Klemme, weil diese nicht massiv bzw. stabil genug ist. Die beiden längeren Flächen die über die Packung gelegt werden bogen sich durch die menschliche Einwirkung und den inneren der Packung auseinander. Dennoch war die Klemme, wenn sie sich in Ruhelage befindet dicht. Siehe Abbildung: 3.35.



Abbildung 3.34: Klemmen Probe



Abbildung 3.35: Klemme Tag 1

Tag 2: Zur Überprüfung ob die Packung dicht hält wurde eine weiße Unterlage darunter geschoben in diesem Fall ein Blatt-Küchenrolle. Auch hier sieht man durch einen bildlichen Beweis das unter der Packung nichts verschmutzt ist. Siehe Abbildung: 3.36.

Tag 3: Das gleiche Resultat wie am Tag 1 und 2. Siehe Abbildung: 3.37.



Abbildung 3.36: Klemme Tag 2



Abbildung 3.37: Klemme Tag 3

Tag 4: Wie am Bild 3.38 zu sehen war am vierten Tag auch keine Flüssigkeit am Tuch. Siehe Abbildung: 3.38.

Tag 5: Der Beweß ist vollbracht. Die ganzen fünf Tage die der Benutzer im Urlaub ist hält auch die in stabilere Klemme dicht. Siehe Abbildung: 3.39.



Abbildung 3.38: Klemme Tag 4



Abbildung 3.39: Klemme Tag 5

3.6 Vergleich der Varianten

In diesem Kapitel der Diplomarbeit werden sämtliche Ideen Schemenhaft gezeichnet und erklärt.

3.6.1 Klemmen

Es wurden verschiedene Varianten durchdacht auf welche Wege die Packung luftdicht verschlossen werden kann. Dabei sind die folgenden Mechanismen entstanden.

3.6.1.1 Einfache Klemme

Die einfache Klemme ist für gewöhnliche Verpackungen gut zu nutzen jedoch ist sie für unsere Variante nicht zu gebrauchen, weil Kunststoff nicht so stabil wie Metall ist. Drückt die Kunststoffklemme die Packung an manchen Stellen zu wenig zusammen und an diesen Stellen kann Flüssigkeit austreten. Außerdem hält sie bei Zugbelastung nur wenig stand. Siehe Abbildung: 3.40

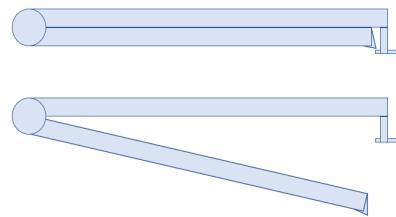
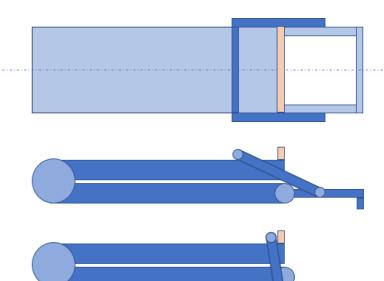


Abbildung 3.40: Einfache Klemme

3.6.1.2 Hebel Klemme

Die Hebel Klemme ist für diese Diplomarbeit die bevorzugte Methode, sie kann viel Druck auf die



Packung ausüben, sodass keine Flüssigkeit entrinnen kann. Außerdem lässt sich durch den Hebel mit wenig Kraft die Klemme öffnen. Weiters können die Klemmen auf einer Stange aufgesammelt werden und liegen nicht an unerwünschten Positionen an denen man nicht herankommt. Siehe Abbildung: 3.41

3.6.1.3 Gummiband Klemme

Die Gummiband Klemme hat eine starke Klemmkraft, dies schützt vor dem Aufplatzen der Verpackung. Das Problem dieser Variante ist das das Gummiband spröder werden kann und irgendwann reißen kann, also ein hoher Wartungsaufwand. Die Klemmen kann man auch nicht kontrolliert sammeln und somit sind sie schwerer zugänglich.

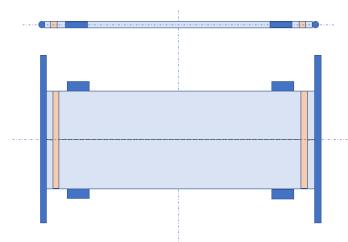


Abbildung 3.42: Gummiband Klemme

3.6.2 Klemmen Wahlvariante

Jede Klemme hat gewisse Vor- und Nachteile. Deshalb wurden alle Varianten miteinander verglichen und die am besten geeignete Klemme ausgewählt.

Die folgenden Punkte zeigen warum die Hebelklemme für unsere Maschine geeignet ist.

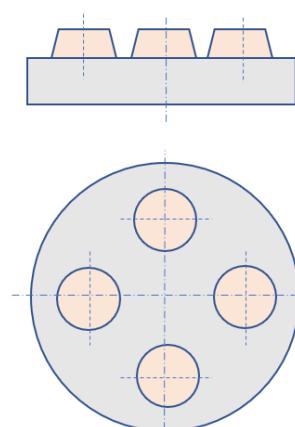
- Durch den Hebel lässt sich die Klemme leicht öffnen indem das Förderband sich bewegt, die Lasche durch eine Stange eingefädelt wird und diese durch die Bewegung Richtung Walze geöffnet werden soll.
- Weil die beiden Metallplatten aufeinander pressen hält die Verpackung durch den besonderen Verschluss luftdicht zusammen (siehe Abbildung: 3.41).

3.6.3 Futterschüsseln

Bei den Futtergeschüsseln mussten bestimmte Faktoren erfüllt werden bzw. auf wälderische Katzen abgestimmt werden. Deshalb konnte nicht die einfachste Variante genommen werden die am wenigsten Aufwand benötigt hätte.

3.6.3.1 Drehfutterplatte

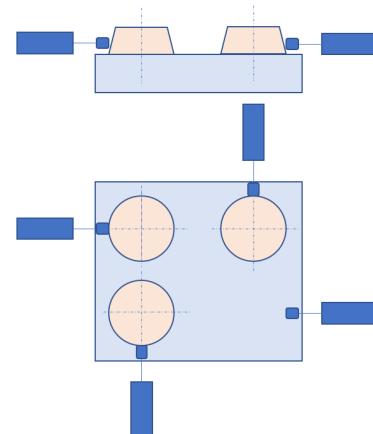
Die Drehplatte besteht aus fünf Schüsseln man kann pro Schüssel die Katze 2-mal pro Tag füttern z.B. morgens und abends. Dadurch hat die Katze jeden Tag eine neue Schüssel und falls sie nicht frisst muss sie nicht Hunger leiden. Auf einer Welle



wird eine Platte befestigt. Darin werden fünf Löcher geschnitten und die Schüssel hinein gelegt. Die Drehplatte wird mit einem Schneckengewinde in die gewünschten Position gebracht. Siehe Abbildung: 3.43

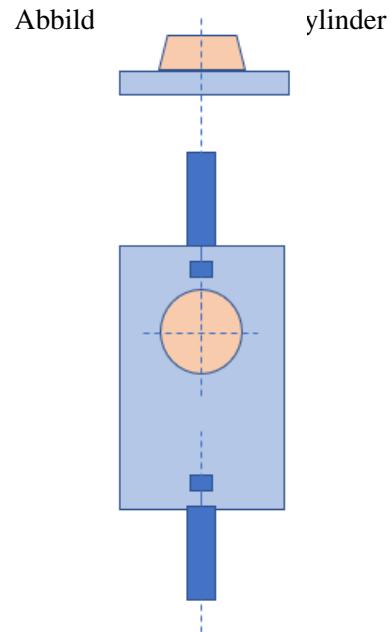
3.6.3.2 Futterplatte Zylinder

Die Futterplatte mit Zylinder ist die umständlichste Variante. Es ist eine viereckige Platte auf der Schienen für das schieben der Futterschüsseln platziert sind. Diese werden von Magnetzylindern angeschoben. Der Nachteil hierbei ist, dass viele Bauteile benötigt und alle Zylinder müssen zugleich arbeiten um die Futterschüssel zur richtigen Position zu führen. Siehe Abbildung: 3.44



3.6.3.3 Platte mit einer Schüssel

Die Platte mit nur einer Schüssel ist leicht zu realisieren da sie nur wenige Bauteile benötigt. Das wäre zum Einem die Platte auf der die Futterschüssel mit einer Schiene darauf platziert ist und zum Anderen als auch die zwei Magnetzylinder die die Futterschüssel in die Anfangs und Endposition bringt. Jedoch ein großer Nachteil weswegen diese Methode nicht in Frage kommt ist folgendes: Wenn die Katze nach dem Füttern nicht frisst dann bleibt der Inhalt in der Schale und trocknet ein oder es kommt Ungeziefer hinein. Das hat zu Folge das die Schüssel jeden Tag befüllt wird und eventuell übergeht. Siehe Abbildung: 3.45



3.6.4 Futterschüssel Wahlvariante

Die verschiedenen Futterschüssel haben große Vor- bzw. Nachteil im Platzbedarf und Futterschlüsse- lanzahl. Diese wurden gründlich durchdacht und zum Folgenden Endschluss gekommen: Die Wahlvariante ist die Drehplatte die Gründe dafür werden in den Punkten erörtert:

Abbildung 3.45: Einschüsselplatte

- Ein großes Thema war die Anzahl der Futterschüsseln, hierbei war es wichtig, dass die Katze jeden Tag eine reine Schüssel zur Verfügung hat.
- Die Schüsseln sollten leicht zu entfernen sein und die Oberfläche der Platte ebenfalls leicht zu reinigen sein.
- Dadurch die Platte auf einer Welle sitzt lässt die sich durch den Motor in die Befüll- bzw. Fütterungsposition bringen.

3.6.5 Futtermagazine

Diese Futtermagazine waren für die 1. Variante relevant, bei diesen war es wichtig die Packungen so einfach wie möglich in die Schneideposition zu bringen. Dies sollte ohne Schwierigkeiten bzw. einem zu langen Weg erfolgen.

3.6.5.1 Futtermagazin Horizontal

Das Futtermagazin Horizontal wäre für die erste Variante optimal. Da man den gewünschten Vorrat an Futterpackungen in die abgetrennten Räume platziert. Somit ist es einfach die gewünschte Position anzufahren und mit einem Greifer in die Schneideposition zu bringen. Der Aufbau ist wie ein Förderband, zwei Räder, ein Band mit oben platzierten Trennwänden und ein Motor der dieses Futtermagazin in Bewegung bringt. Zu beachten wäre wie die Futterpackungen ins Magazin eingelegt werden, nämlich mit der dünneren Fläche mit der Einkerbung die der Hersteller angegeben hat. Siehe Abbildung: 3.46

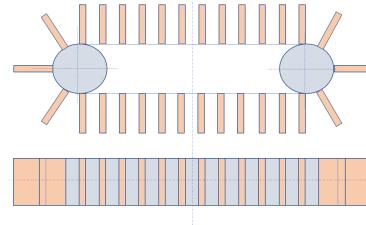


Abbildung 3.46: Futtermagazin Horizontal

3.6.5.2 Futtermagazin Vertikal

Das Futtermagazin Vertikal ist ein rechteckiges Gehäuse an denen 4 Magnetzyylinder platziert werden. In dieser Box kommen die 10 Futterpackungen. Der Ablauf funktioniert in einer gewissen Reihenfolge. Zuerst öffnet sich der erste linke Magnetzyylinder danach der gegenüberliegende zweite Magnetzyylinder. Daraufhin gelangt die erste Futterpackung auf die unteren Zylinder. Nach diesem Schritt schließen

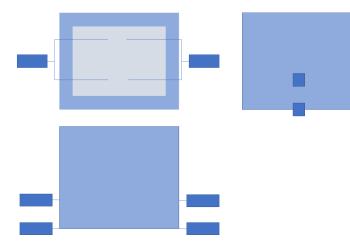


Abbildung 3.47: Futtermagazin Vertikal

sich die beiden Magnetzyylinder wieder, damit die anderen Packungen nach den öffnen der unteren Magnetzyylinder nicht durch die Maschine fallen. Daraufhin wenn der Fütterungsbefehl kommt öffnen sich die unteren Zylinder und die Packung gleitet über ein Blech zur Schnittfläche. Der große Nachteil dieser Methode ist das immer wieder Fehler auftreten können. Die Futterpackung kann falsch an der Schneidfläche ankommen bzw. sich an einem bestimmten Ort verkeilen. Siehe Abbildung: 3.47

3.7 Konstruktion der Wahlvariante und Details

3.7.1 Drehplatte

Die Drehplatte besteht aus Aluminium und ist 10mm dick. Es werden 5 Löcher für die Schüsseln ausgeschnitten und in der Mitte ist ein Loch, in der eine Stahlwelle durch geht. Die Stahlwelle wurde deshalb ausgewählt, da sie erstens stabiler ist und somit kleiner bzw. mit kleinerem Durchmesser gewählt werden kann. Zweitens ist der Vierkant der in den Motor geht 4x4x20, dies ist für Aluminium sehr schmal da große Kräfte auftreten können und der Stift abreissen kann. Die Drehplatte wird auf der Welle mit einem Flansch befestigt damit das vertuschen nach oben, unten und zur Seite gesichert ist. Siehe Abbildung: 3.48

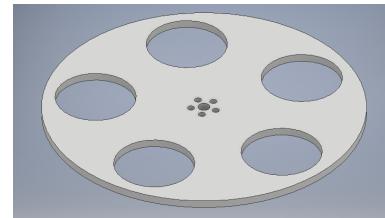


Abbildung 3.48: Drehplatte Inventor

Die Futterschüssel hat deshalb einen Rand damit sie in ein Loch gelegt werden kann ohne dass sie durchfliegt, dennoch lässt sie sich leicht raus nehmen und reinigen. Durch eine rutschfeste Unterlage verrutscht die Schüssel nicht, auch wenn die Katze daraus frisst und sie mit Kraft die Schüssel zu verschieben versucht. Siehe Abbildung: 3.49.

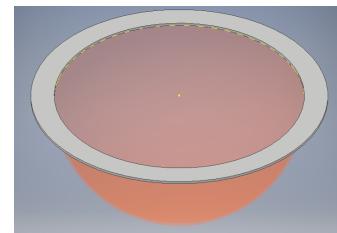


Abbildung 3.49: Futterschüssel Inventor

3.7.2 Förderband, Kettenglied und Kettenrad

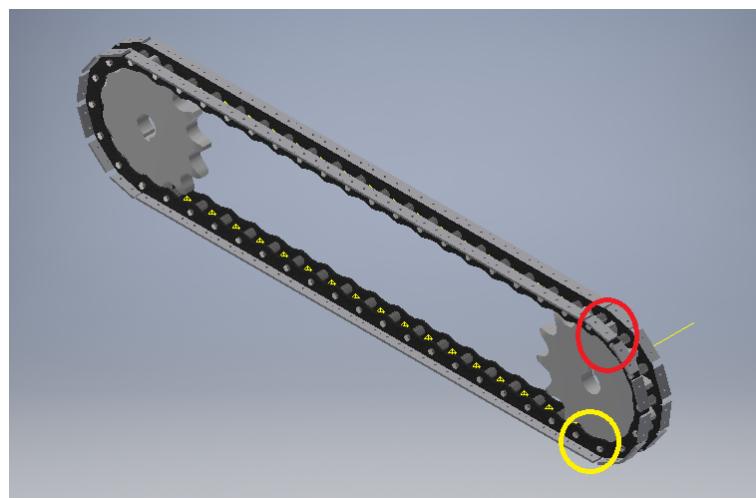


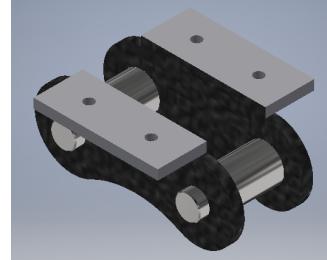
Abbildung 3.50: Kette Inventor

Das Förderband Abbildung: 3.50 wurde in folgenden Schritten konstruiert:

- 1 Als erstes wurde die Sicht in Inventor nach Vorne gedreht um die Grundlage des Förderbandes zu zeichnen.

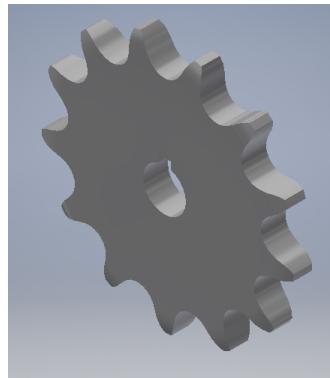
- 2 Zweitens wurde die Ebene YZ sichtbar gemacht und eine Ebene mit Versatz erstellt, die 234,95mm entfernt ist. In diesen beiden Ebenen kommen später die Kettenräder.
- 3 Drittens wird auf der XY Ebene einen Kreis mit einem Durchmesser von 53,068mm gezeichnet. Der zweite Kreis in der gleichen Größe wird auf der erstellten Ebene platziert(234,95mm von der ersten Ebene entfernt).
- 4 Viertens werden die beiden Kreise an den obersten und untersten Punkten verbunden. Siehe gelber und roter Kreis.
- 5 Fünftens wird an den beiden untersten Positionen der Kreise ein Punkt platziert. In Inventor existiert eine Methode namens Muster. Diese Funktion wird auf den Punkten platziert und die Richtung des Pfeiles nach rechts gedreht. Nun wird die Anzahl der Kettenglieder angegeben in unserem Fall 50. Die werden gleichmäßig über die Skizze verteilt.
- 6 Sechstens wird eine neue Datei erstellt und das Kettenrad aus dem Inhaltscenter platziert. Siehe Abbildung 3.52.
- 7 Siebtens wird das Kettenglied konstruiert und alle 3 Komponenten in ein gemeinsames Projekt eingefügt. Siehe Abbildung: 3.51.
- 8 Achtens wird das Kettenglied am untersten Punkt des rechten Kreises abhängig gemacht.
- 9 Neuntens Durch kann durch die Funktion Muster das Kettenglied gleichmäßig auf der Zeichnung platziert werden und dadurch entsteht die fertige Kette.
- 10 Zehntens werden die Kettenräder auf den zuvor erstellten Ebenen abhängig gemacht. Danach ist die Kette fertig erstellt.

Das Kettenglied ist im Handel erhältlich. Die Anfertigung hat auf der Seite einen rechten Winkel auf denen Aluminiumplatten platziert sind. Auf diese Aluminiumplatten wird der Futterbeutel platziert. Siehe Abbildung: 3.51.

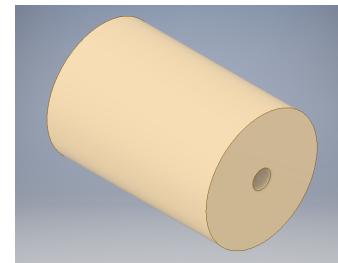


Das Kettenrad wurde aus dem Inhaltscenter platziert. Danach wurde eine Skizze angelegt und das Loch in der die Welle durch geht gezeichnet. Die Rundung für die Passfeder wurde darauf hin auch konstruiert damit das Kettenrad nicht auf der Welle durchrutscht und das Drehmoment übertragen kann. Siehe Abbildung: 3.52.

3.7.3 Walze



Die beiden Walzen sind aus Kunststoff innen hohl. Diese sind auch nicht auf der Welle befestigt sondern können sich frei drehen. Es ist nur auf jeder Seite ein Sicherungsring damit die beiden Walzen ihre Position nicht verlassen. Siehe Abbildung: 3.53.



Die Feder drückt die beiden Walzen aneinander um die Futterpackung die durchgezogen wird auszuquetschen. Ohne die Feder und Walze könnte zu viele Reste in der Packung bleiben und so das ganze Futter verschwenden. Die Feder wurde von uns konstruiert und auf eine eigene Konstruktion gehängt die unabhängig von der Welle ist, damit die Feder nicht mitgedreht wird, sondern fix an einem Platz ist an den sie ihre Arbeit verrichtet. Siehe Abbildung: 3.54.

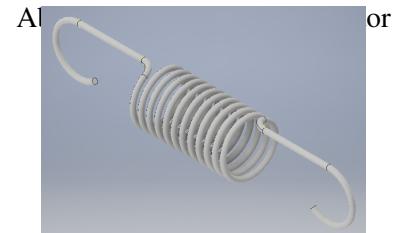


Abbildung 3.54: Feder Inventor

3.7.4 Hebelklemme

Die Hebelklemme dient zum Optimalen klemmen der Verpackung. Es ähnelt einen Marmeladen Verschluss von früher. Die Packung wird zwischen den zwei Platte eingelegt, danach wird der Schließmechanismus auf der oberen Platte eingehakt, siehe roter Kreis. Daraufhin wird die Unterseite des Schließmechanismus nach unten gedrückt, siehe blauer Kreis. Der Hebel wird soweit nach unten gedrückt bis er beim Stopper auftrifft, siehe gelber Kreis. Der Stopper hat die Aufgabe, dass der Hebel nicht zu weit geschlossen werden kann. Das hat zufolge das die Klemme leichter aufspringt. Siehe Abbildung: 3.55.

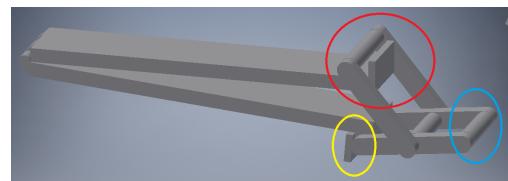


Abbildung 3.55: Hebelklemme Inventor

3.8 Berechnung und Dimensionierung

3.9 Simulation

3.10 Bedienung und Wartung

Bei der Entwicklung der Maschine wurde darauf geachtet, es Benutzerfreundlich als nur möglich zu gestalten. Darum lässt sich das Gehäuse der Maschine bis zur Hälfte Aufklappen um den Benutzer einen leichten Zugang zu verschaffen. Es mussten auch keine speziellen Vorkehrungen getroffen werden um den Benutzer zu schützen da es keine gefährlichen Stellen in der Maschine befinden die Personen schaden bzw. verletzen könnten. Die Befestigung der Futterpackungen ist auch ein leichtes durch den großen Platz der zur Verfügung steht und wenn man sich an folgende Schritte hält:

- 1 Einspannen der Hinterseite der Packungen auf die Aluminiumplatten des Förderbandes.
- 2 Die Hebelklemme kurz nach der vom Futterhersteller vorgeschriebenen Schneidelinie festklemmen.
(Dabei zu beachten, dass der Hebel in Richtung der Walze auf der rechten Seite befindet).
- 3 Mit einer Schere oder Messer die Schneidelinie durchtrennen und den Abfall entsorgen.
- 4 Die gewünschte Anzahl an Packungen festhängen, maximal 10 Packungen.

Weiter zu Wartung, nachdem der Benutzer aus dem Urlaub zurück ist sollte man folgenden Teile der Maschine reinigen:

- 1 Die Walze, hierbei kann durch das Ausquetschen der Packungen etwas Gelee an den beiden Walzen hängen bleiben. Einfach mit einem nassen Tuch diese abwischen.
- 2 Die Futterschüsseln, diese können mit der Hand entnommen werden indem man auf der Unterseite der Platte die Schüssel nach oben drückt und mit der freien Hand die nimmt. Danach die Schüssel waschen und in die Platte zurück legen.
- 3 Die Futterplatte, mit einem nassen Tuch die Oberfläche nach dem entfernen der Schüsseln reinigen.

3.11 Selbtkritische Analyse und Ausblick

Das Hauptproblem von meiner konstruierten Variante war das dichthalten der Packung mit einer Klemme die automatisch wenn das Förderband in betrieb ist leicht zu öffnen geht. Darum wurde die von uns konstruierte Hebel Klemme genommen. Die beim Betrieb des Förderbandes mit dem Hebel in eine Vorrichtung einhakt und diese dann die Klemme öffnet.

Für Nachfolgeprojekte wäre besonders darauf zu achten das die Maschine von automatische gereinigt wird und womöglich eine Schneidefunktion einbauen die den Benutzer mehr entlasten könnte.

Wenn ich in Zukunft noch einmal eine Katzenfuttermaschine bauen würde, würde ich diese nicht aus Packungen, sondern aus den kleinen Metallfutterpackungen mit der Lasche als Deckel. Der Benutzer müsste dann nur die Laschen so weit nach oben biegen damit der Deckel nicht aufgeht und in das Magazin einlegen.

Die Packung wird daraufhin in Bewegung gebracht und die Lasche durch einen Haken geleitet. Dann öffnet sich die Packung und die Katze kann daraus fressen. Hat den Vorteil immer eine frische Schüssel zu haben und es können theoretisch so viele Packungen wie der Benutzer will in die Maschine eingelegt werden.

4 Elektronik und Mechanik

Anhang

A Abbildungsverzeichnis

2.1	Abhängigkeiten	15
2.2	Pin Numbering Sheme	16
3.1	Magazin Modellaufbau von Vorne	26
3.2	Magazin Modellaufbau von der Seite	26
3.3	Magazin Modellaufbau von Oben	26
3.4	Magazin Auszug	27
3.5	Magazin Auszug Mitte	27
3.6	Schneidebereit	27
3.7	Schnitt	28
3.8	Ausquetschen Beginn	28
3.9	Ausquetschen Mitte	29
3.10	Ausquetschen Ende	29
3.11	Auswurf Beginn	29
3.12	Bolzen drinnen	29
3.13	Bolzen entfernen	29
3.14	Klappe öffnen	30
3.15	Fertiger Auswurf	30
3.16	Loch Futterschüssel	31
3.17	Foerderband	32
3.18	Kettenglied	32
3.19	Walze	32
3.20	Scharnier	32
3.21	Futterplatte	32
3.22	Halterung	34
3.23	Entleerung Anfang	34
3.24	Entleerung nach 5min	34
3.25	Entleerung nach 10min	34
3.26	Einlegen	35
3.27	Anfangsschnitt	35
3.28	Endschnitt	35
3.29	Schneidemittel	36
3.30	Anfangsschnitt 2.Art	36
3.31	Mittelschnitt 2.Art	37
3.32	Endschnitt 2.Art	37
3.33	3D-Klemme	37

3.34 Klemmen Probe	38
3.35 Klemme Tag 1	38
3.36 Klemme Tag 2	38
3.37 Klemme Tag 3	38
3.38 Klemme Tag 4	39
3.39 Klemme Tag 5	39
3.40 Einfache Klemme	39
3.41 Hebel Klemme	39
3.42 Gummiband Klemme	40
3.43 Drehplatte	40
3.44 Platte Zylinder	41
3.45 Einschüsselplatte	41
3.46 Futtermagazin Horizontal	42
3.47 Futtermagazin Vertikal	42
3.48 Drehplatte Inventor	43
3.49 Futterschüssel Inventor	43
3.50 Kette Inventor	43
3.51 Kettenglied Inventor	44
3.52 Kettenrad Inventor	45
3.53 Walze Inventor	45
3.54 Feder Inventor	45
3.55 Hebelklemme Inventor	45

B Tabellenverzeichnis

2.1 Belegung der GPIO-Pins	17
2.2 Übertragungsprotokoll	19

C Listings

D Literaturverzeichnis