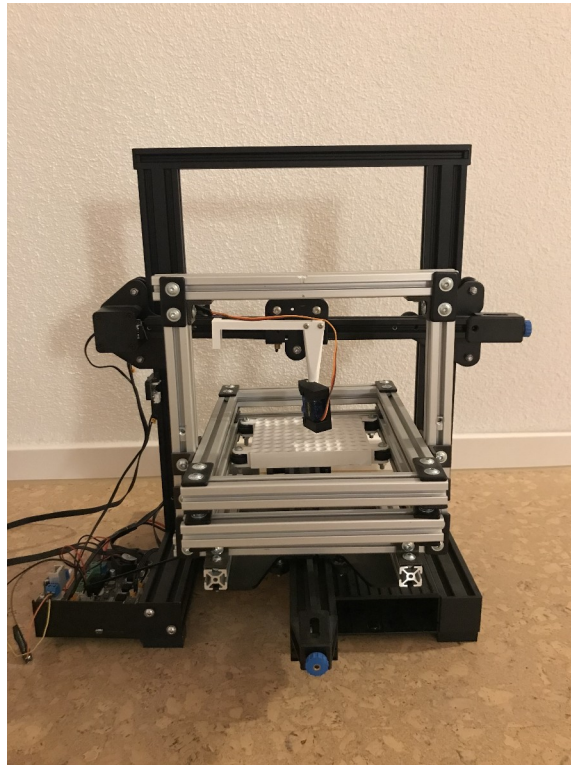


Planung und Realisierung eines automatisierten Probenlagers



Abschlussbericht der Kooperationsphase 2021/22

Durchgeführt am Institut für Mikrostrukturtechnik des Karlsruher Institut für Technologie

Betreuer: Dr. Dario Mager, Lukas Kornelius

Felix Hörner

hoernefe@hector-seminar.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Problemstellungen und ihre Lösungen.....	2
2.1 Ersatz für die Probenbehälter.....	2
2.2 Greifmethode.....	3
2.3 Greifer.....	4
2.4 Dübelhalter.....	5
2.5 Bewegen des Greifers im Raum.....	6
2.6 Schnittstelle zum Drucker.....	8
2.7 Schnittstelle zum Greifer.....	9
2.8 Gestell für die Dübelplatten.....	11
2.9 Endschalter werden durch Gestell blockiert.....	14
2.10 Ermittlung aller Dübelpositionen.....	15
3 Diskussion.....	16
3.1 Mögliche Fehlerquellen.....	16
3.2 Ausblick.....	17
Danksagung.....	18
Verzeichnisse.....	19
Selbstständigkeitserklärung.....	20
Anhang.....	21
Code auf dem Mikrocontroller für die Greifersteuerung.....	21

Abstract

At the Karlsruhe Institute of Technology scientist are building an automatic system for synthesizing substances first for the fields of biology and material sciences and later it will be used for high throughput processes for chemical reactions. But for all those reactions the necessary chemicals have to be stored, sorted and in-/outputted. This of course also has to be automated. The aim of this project, which took place as part of the cooperation phase of the Hector-Seminar, was to build a fully functional model of such a storage system to be able to analyze which problems occur and how to solve them to be prepared for building the full sized version.

1 Einleitung

„Am KIT wird zurzeit ein vollautomatisches Syntheselabor realisiert. Diese Laborautomation soll in weiten Teilen auf open-source Hard- und Software basieren. Hierfür müssen viele Komponenten neu entwickelt werden unter anderem bedarf es eine Materiallagers was viele tausende Proben handhaben kann. Die Aufgabe war es ein voll funktionsfähiges Modell dieses Lagers zu entwerfen und bauen. Dieses Modell soll nicht nur eine Spielerei sein, sondern soll genutzt werden, um Änderungen an der Lagerverwaltungssoftware zu testen, bevor sie im echten Lager genutzt wird und dort zu Chaos führt. Hierfür soll der mechanischen Aufbau entworfen werden und auch programmiertechnisch eine Schnittstelle zur Steuerungssoftware des großen Aufbaus geschaffen werden.“ (Projektausschreibung; Herr Dr. Dario Mager)

Weitere wichtige Schritte mit diesem Modell sind Schwierigkeiten und Probleme zu identifizieren, diese im kleinen Maßstab zu lösen und somit beim richtigen Lager weniger Fehler zu machen. Dies erhöht die Geschwindigkeit, mit der das komplette Lager gebaut werden kann und senkt die Kosten, da Fehler im kleinen Modell deutlich kostengünstiger sind und schneller verschiedene Möglichkeiten ausprobiert werden können.

Für den Bau eines solchen Modells müssen zuerst ein Ersatz für die Probenbehälter gefunden werden, ein Greifer für diesen Ersatz entwickelt werden, eine Halterung für den Probenersatz gebaut werden, eine Möglichkeit den Greifer zu bewegen entwickelt werden und ein Programm und alles anzusteuern geschrieben werden.

2 Problemstellungen und ihre Lösungen

2.1 Ersatz für die Probenbehälter

Das Lager verwendet kleine Flaschen zur Lagerung der Substanzen. Diese Flaschen werden im Lager gelagert und bewegt. Im Modell ist ein kleiner Ersatz notwendig, der ähnliche Eigenschaften hat um Erkenntnisse übertragen zu können. Für die Wahl eines Ersatzes ist die folgende Tabelle hilfreich.

Ersatz	Nagel	Stecknadel	In Stücke geschnittener Holzstab	Plastikkügelchen	Stahlkügelchen	Mini Reagenzgläser	Pipettenspitzen	Holzdübel
Preis pro 1000	20 €	10-15 €	49 €	5-10 €	10-20 €	185€	25 €	37 €
Durchmesser	offen	0,6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm		6 mm
Höhe	offen	30 mm	offen			35 mm	40 mm	30 mm
markierbar?	Farbe	Farbe	Farbe Etikett	Farbe	Farbe	Etikett	Sind farbig	Farbe Etikett

Tabelle 1: Ersatz für Flaschen mit geeigneten Eigenschaften

Für die Wahl des Holzdübels als Ersatz für die Flaschen sprechen:

- Er hat nahezu die gleiche Form wie die Flaschen.
- Er ist zwar teurer als manche andere Optionen aber immer noch angemessen.
- Er ist in jedem Baumarkt zu bekommen.
- Man muss ihn nicht zurecht sägen, sondern kann ihn fertig kaufen.
- Er kann auf mehrere Weisen markiert werden.

2.2 Greifmethode

Beim Heben des Flaschenersatzes gibt es mehrere Ansätze. Für den Vergleich dient die folgende Tabelle.

Methode	Elektromagnet	Sauger	Greifer	Haken	statische Ladung
Vorteile	Muss nicht genau positioniert sein	Kleine Ungenauigkeit möglich	Fast alles kann gegriffen werden dient als gutes Modell, da das original auch mit Greifer arbeitet	Komplett passiv (kein kompliziertes System muss gebaut werden)	
Nachteile	Falls beim aufheben zu früh angezogen eventuell falsch platziert → unpräzise Ablage	Extra Saugpumpe notwendig; starker Sauger für schwerere Objekte	Benötigt etwas platz zwischen den Proben; kleines kann abrutschen; eventuell sehr komplex herzustellen, da sehr klein	Benötigt platz neben der Probe und ist umständlicher zu steuern	Zu wenig Kraft
Steuerung	Relais	Pumpe mit Relais oder Druckhahn	Schritt-/ Servomotor	Keine	Relais vor dem Hochspannungsnetzseil

Tabelle 2: Vergleich verschiedener Greifsysteme

Hier wurde sich für einen Greifer entschieden, da es auch beim original Lager so gemacht werden soll. Gleichzeitig funktioniert es gut mit einem Holzdübel und im Vergleich zum Sauger werden keine großen externen Systeme benötigt.

2.3 Greifer

Für den Greifer wurde zunächst ein Modell mit zwei parallelen Armen gewählt, die von einem Servomotor bewegt werden (Abb.1).

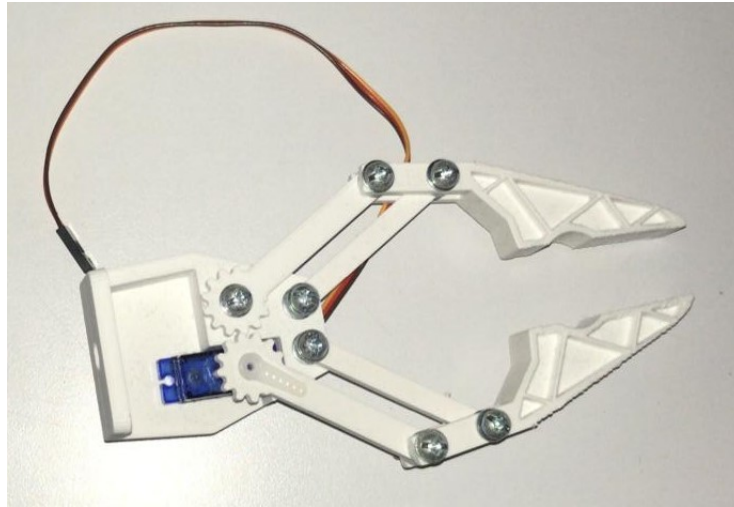


Abbildung 1: Greifer mit zwei parallelen Armen

Es zeigte sich schnell, dass der Greifer sich beim Öffnen in beiden Seiten nach außen weg bewegt. Da die Dübel mit einem Abstand von 4,6 mm gelagert werden kann dieser Greifer nicht verwendet werden.

Für die Lösung des Platzproblems wird jetzt ein Rohr mit einem Schlitz in der Seite verwendet für das überfahren des Dübels. Durch den Schlitz drückt ein Servomotor dann mit einer Feder auf den Dübel um diesen im Rohr zu fixieren (Abb. 2).

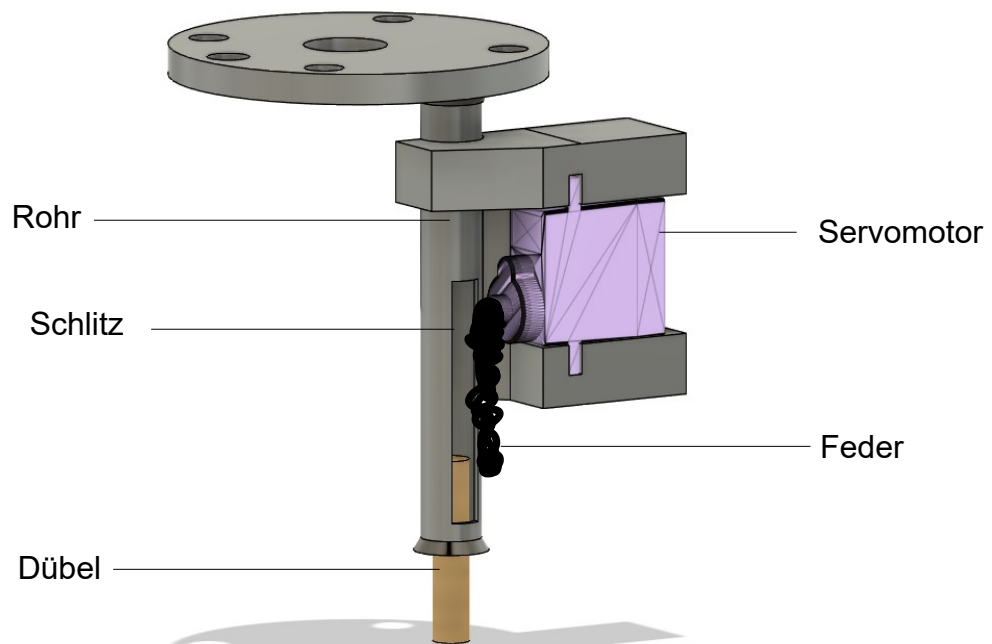


Abbildung 2: Der neue Greifer

2.4 Dübelhalter

Die Dübel werden in Vertiefungen gestellt, dass sie immer am gleichen Ort sind. Die Form der Vertiefung muss es ermöglichen, dass der Dübel mit wenig Kraft hinein und heraus genommen werden kann. Gleichzeitig soll er auch noch möglichst wenig wackeln, da sich beim Wackeln die Position verändert und somit die gespeicherte Position nicht mehr ganz stimmt und der Greifer daneben greifen könnte. Für das Finden eines passenden Lochdurchmesser wurde erst ein grobes und danach eine feines Teststück mit einem 3D-Drucker gedruckt (Abb. 3).

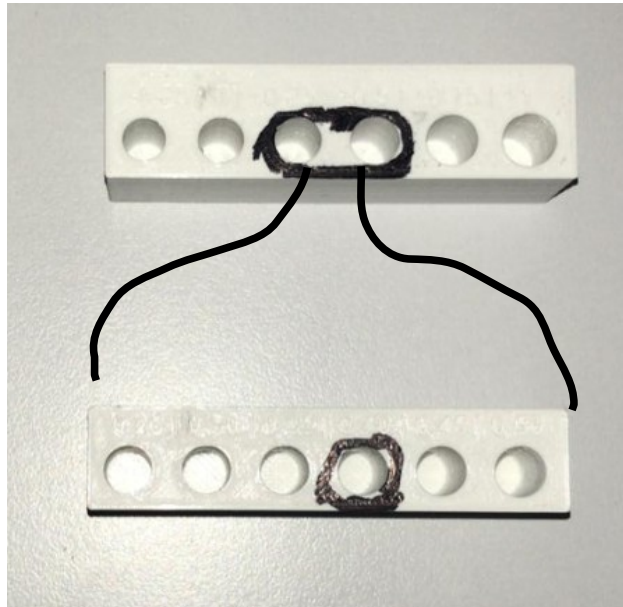


Abbildung 3: Teststück für den Lochdurchmesser

Durch eine Abschrägung soll das Einsetzen des Dübels erleichtert werden. Für die Ermittlung des passenden Winkels und des passenden Durchmessers wurde erneut ein Teststück gedruckt (Abb. 5).

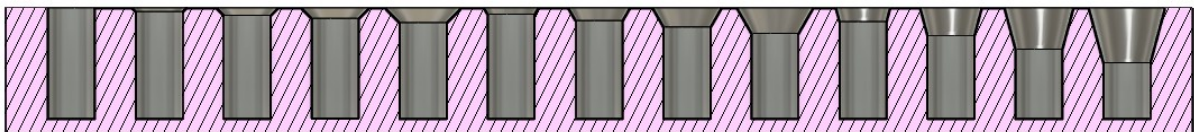


Abbildung 4: Querschnitt des Teststücks



Abbildung 5: Teststück für Winkel und Durchmesser

2.5 Bewegungen des Greifers im Raum

Für die Bewegung des Greifers in alle Richtungen ist es notwendig einen Apparat zu bauen, der mit der Bewegung von drei Motoren den Greifer in drei Raumrichtungen bewegen kann. Dieser darf nur wenig Spielraum haben, sodass der Greifer präzise positioniert werden kann. Dies kann es sehr zeitintensiv und teuer werden. Zusätzlich müsste die Motorsteuerung von Grund auf neu programmiert werden, was nochmal sehr aufwändig ist. Es müssten Schrittmotortreiber verbaut werden und ein Programm müsste geschrieben werden, welches Koordinaten in Winkel für die Motoren umwandelt. Bei der Suche nach fertigen Systemen stößt man schnell auf 3D-Drucker. Diese müssen den Druckkopf in alle Richtungen bewegen können, beinhalten schon die Ansteuerung der Motoren und sind günstiger als der Eigenbau. Man muss ihnen nur noch die Koordinaten mitteilen und der Druckkopf wird mit hinreichender Genauigkeit an diese Stelle bewegt.

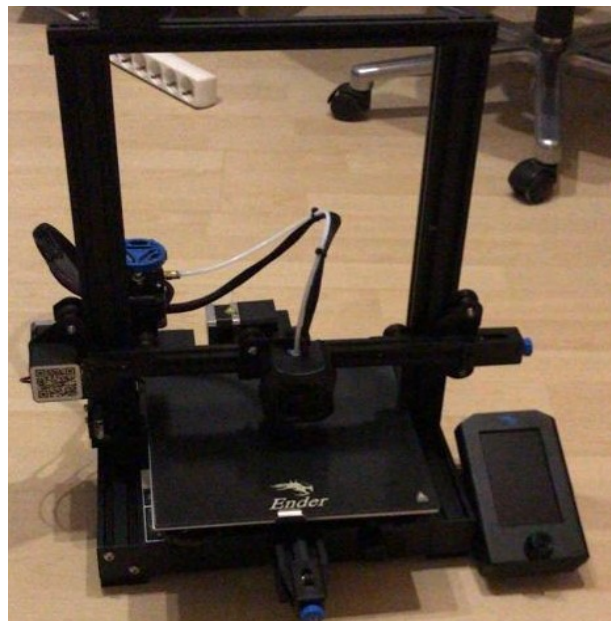


Abbildung 6: 3D-Drucker

Dieser wurde zunächst auseinandgebaut und die nicht mehr benötigten Teile wie Druckdüse oder Heizbett wurden entfernt.

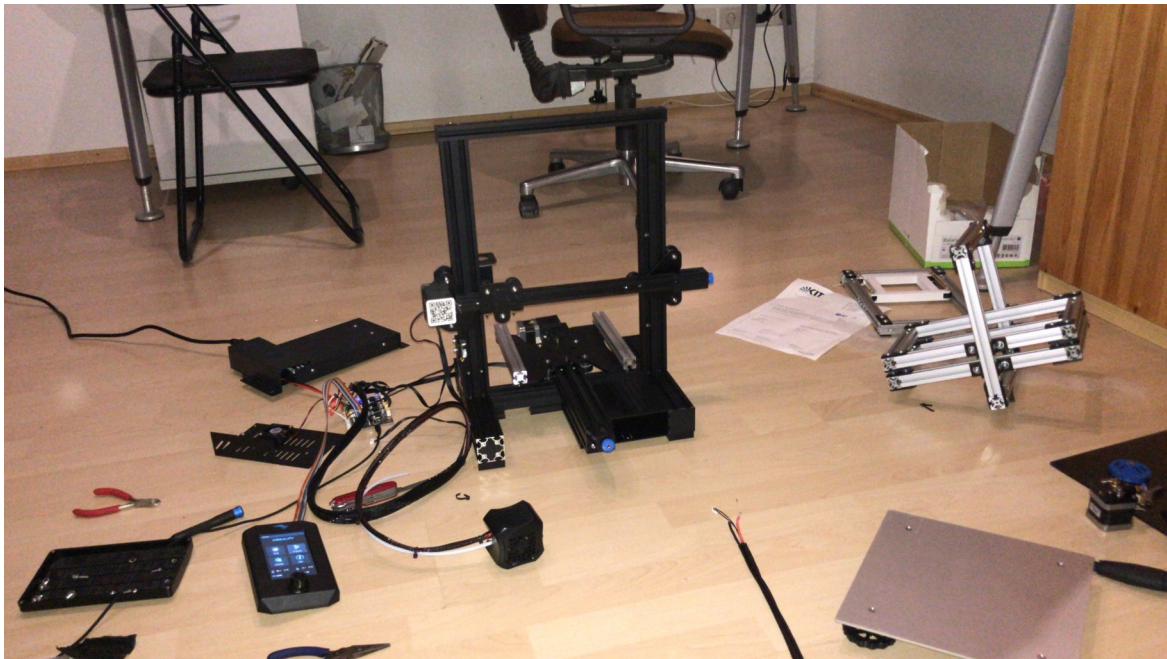


Abbildung 7: Auseinandergebauter 3D-Drucker

Am Montagepunkt der beheizten Druckdüse wird der Greifer montiert. Es wurde noch die Art und Weise wie der Greifer festgemacht wird angepasst. Zuvor gab es eine runde Platte, welche an einen Roboterarm montiert werden konnte. Diese wurde durch zwei Löcher ausgetauscht, dass die Schrauben der Druckdüse verwendet werden können.

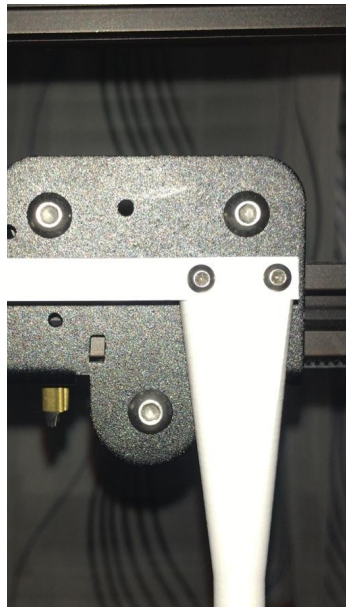


Abbildung 8: Greifer montiert am Drucker

2.6 Schnittstelle zum Drucker

Da der Drucker schon eine Hauptplatine mit Motorsteuerung eingebaut hat kann diese verwendet werden. In der Hauptplatine sind Motor-Treiber und ein Mikrocontroller eingebaut. Dadurch muss dies nicht selbst gebaut werden. Dazu muss eine Schnittstelle hergestellt werden, um von einem Computer aus der Hauptplatine die Befehle zu schicken. Der Drucker eine Serielle Schnittstelle über den USB Eingang. Über diese Schnittstelle kann der Drucker mit sogenannten G-Code Befehlen gesteuert werden.

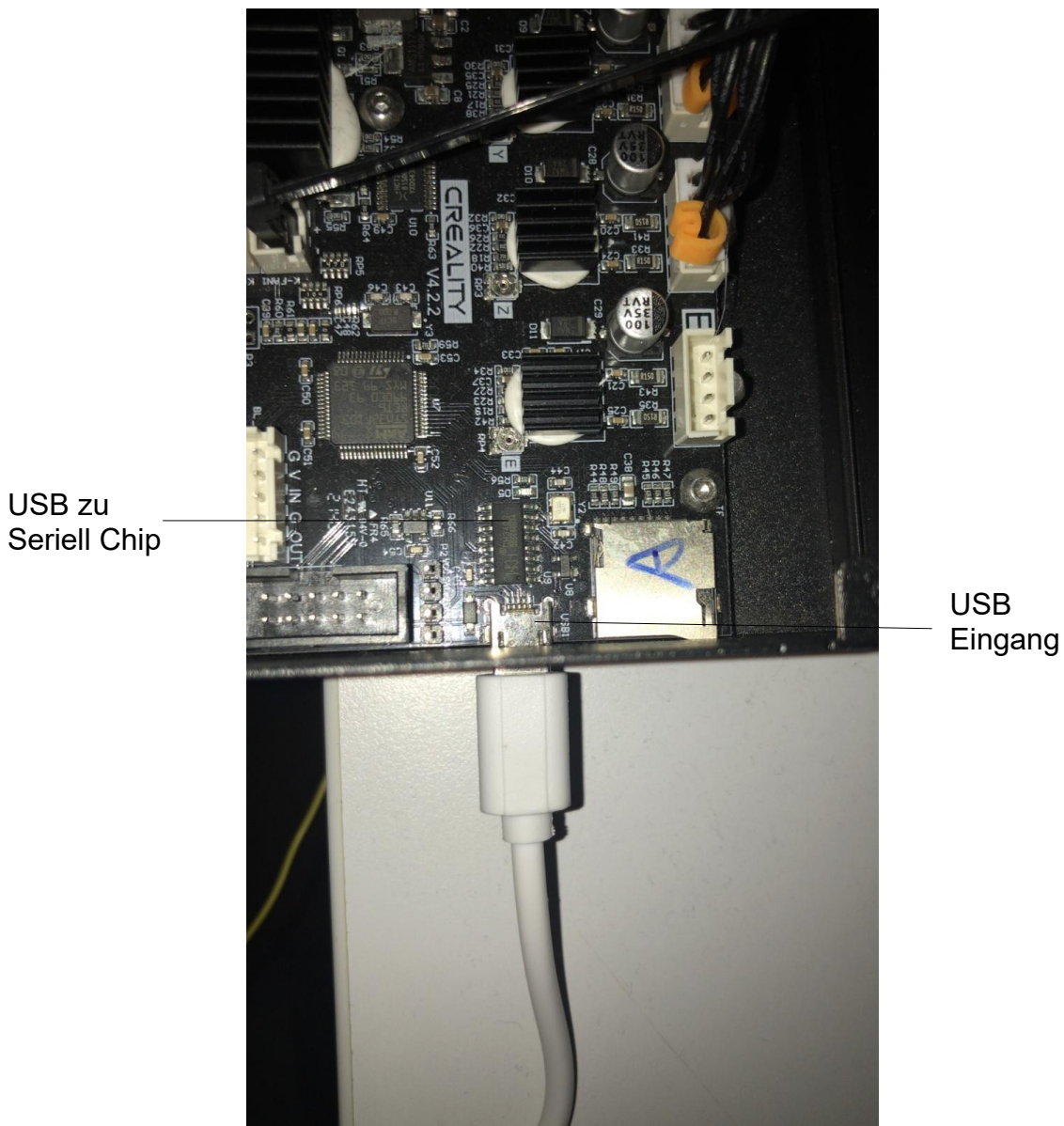


Abbildung 9: Schnittstelle auf der Hauptplatine

Zum Schicken der Befehle wurde ein Python Code geschrieben, welcher zuerst die Kommunikation aufbaut, dann die angegebenen Positionen in G-Code Befehle umwandelt und an den Drucker schickt.

2.7 Schnittstelle zum Greifer

Der Greifer hat einen Servomotor, welcher über die Länge von Pulsen auf einem Datenkabel mitgeteilt bekommt auf welche Position er sich drehen soll. Deshalb kann er nicht direkt über einen USB-Anschluss gesteuert werden.

Eine Lösung wäre gewesen eine Art Übermittler mit einem Mikrocontroller zu bauen. Dieser könnte dann über USB mit einem Computer kommunizieren und dann ein Signal mit der passenden Pulslänge für den Servomotor ausgeben. Dann müsste das Python Programm allerdings zwei USB-Schnittstellen gleichzeitig aufbauen und erhalten, was kompliziert werden kann.

Deshalb wurde nach einer Möglichkeit gesucht durch das Mainboard des Druckers hindurch ein Signal zu übertragen. Eine Möglichkeit wäre es eine neue Firmware zu schreiben, mit der man über einen freien Anschluss auf der Platine das Servomotor Signal auf Befehl des Computers auszugeben. Da das Verfassen einer neuen Druckerfirmware nicht im Zeitrahmen lag war klar, dass eine extra Mikrocontroller nötig ist um das Servomotor Signal auszugeben. Für eine große Bandbreite könnte der Mikrocontroller den Ausgang des USB zu Seriell Umwandler Chips (siehe [Schnittstelle zum Drucker](#)) auslesen. Da in diesem Fall aber keine großen Mengen an Daten übertragen werden müssen, wurde eine einfachere Methode verwendet.

Der 3D-Drucker hat einen Lüfter eingebaut um die frisch gedruckten Stellen zu kühlen. Dieser kann über G Code Befehle vom Computer aus gesteuert werden. Da der Lüfter jetzt aber nicht mehr benötigt wird kann dieser Anschluss von einem Mikrocontroller ausgelesen werde. Über die per Befehle geschickte Drehgeschwindigkeit lassen sich ohne Probleme zehn verschiedene Signale senden. Für den Greifer sind nur zwei notwendig, aber für spätere Erweiterungen muss somit nicht viel geändert werden. Der Lüfter wird über eine gepulste 24 V Stromversorgung betrieben. Mit der folgenden Schaltung (Abb.10) konnte ein Mikrocontroller diese auslesen. Der Spannungsteiler teilt die 24 V so, dass am Mikrocontroller nur 4 V ankommen, da dieser bei Spannungen über 5 V kaputt geht. Über den Spannungswandler wird aus der Stromversorgung des Druckers 5 V gemacht um den Mikrocontroller mit Strom zu versorgen. Der Servomotor ist direkt an den Mikrocontroller angeschlossen.

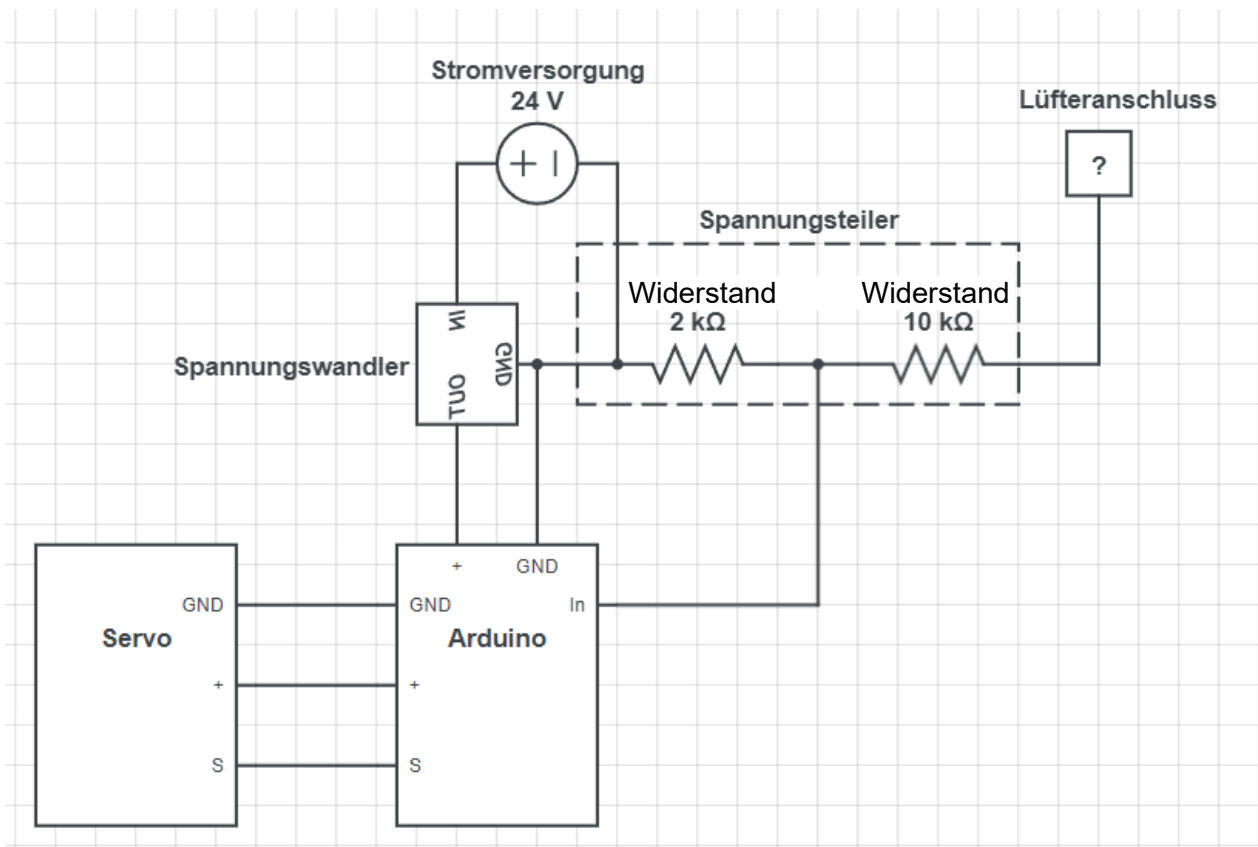


Abbildung 10: Schaltplan für die Greiferschnittstelle

Mit diesem Aufbau liegt am Eingang des Mikrocontrollers eine Rechteckspannung an. Bei dieser ist die Spannung immer eine gewisse Zeit hoch und niedrig. Je nach eingestellter Lüftergeschwindigkeit ändern sich diese Zeiten. Wenn der Lüfter aus sein soll ist die Spannung dauerhaft hoch und wenn er auf voller Geschwindigkeit laufen soll dauerhaft niedrig. Die wenig intuitive Weise kommt daher, dass hier der Minuspol der Lüfter gesteuert wird und es bei einer hohen Spannung somit kein Potentialunterschied zum Pluspol gibt. Bei allen Stufen zwischen komplett Aus oder An verändert sich je nach Geschwindigkeit das Verhältnis der Zeit in der das Signal hoch und niedrig ist.

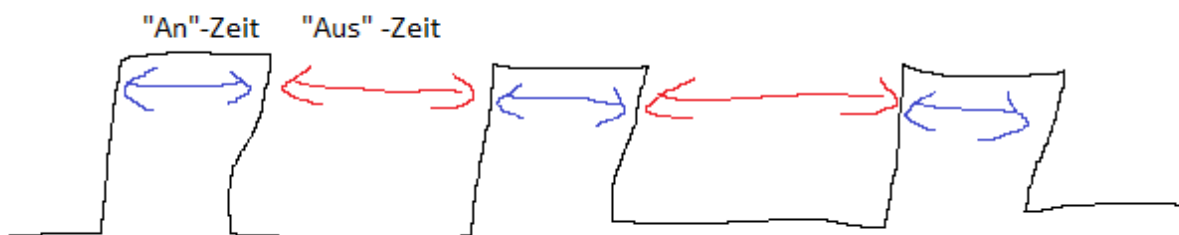


Abbildung 11: Visualisierung der Rechteckspannung und der "An"-Zeit

Dazu zählt das Programm (s. [Anhang](#)) die „An“-Zeit und die Zeit einer Periode. Mithilfe des gemessenen Verhältnisses wird die Information übertragen, ob der Greifer offen oder geschlossen sein soll.

2.8 Gestell für die Dübelplatten

Da große Mengen an Dübeln festgehalten werden müssen, werden Platten mit den zuvor ausgewählten Löchern gedruckt.

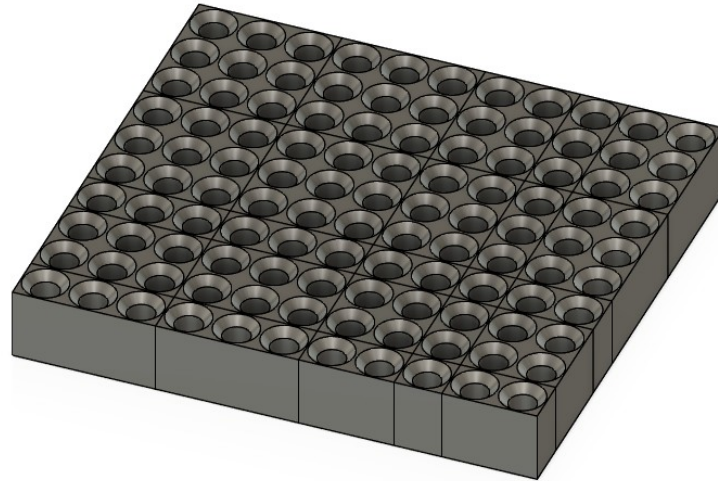


Abbildung 12: Modell einer Schublade

Diese musste im Drucker montiert werden. Hierzu wurde ein Gestell aus 20x20 Aluminiumprofilen gebaut, welche das einfache Montieren und verschieben ermöglichen. Folgende Abbildung zeigt das Computermodell:

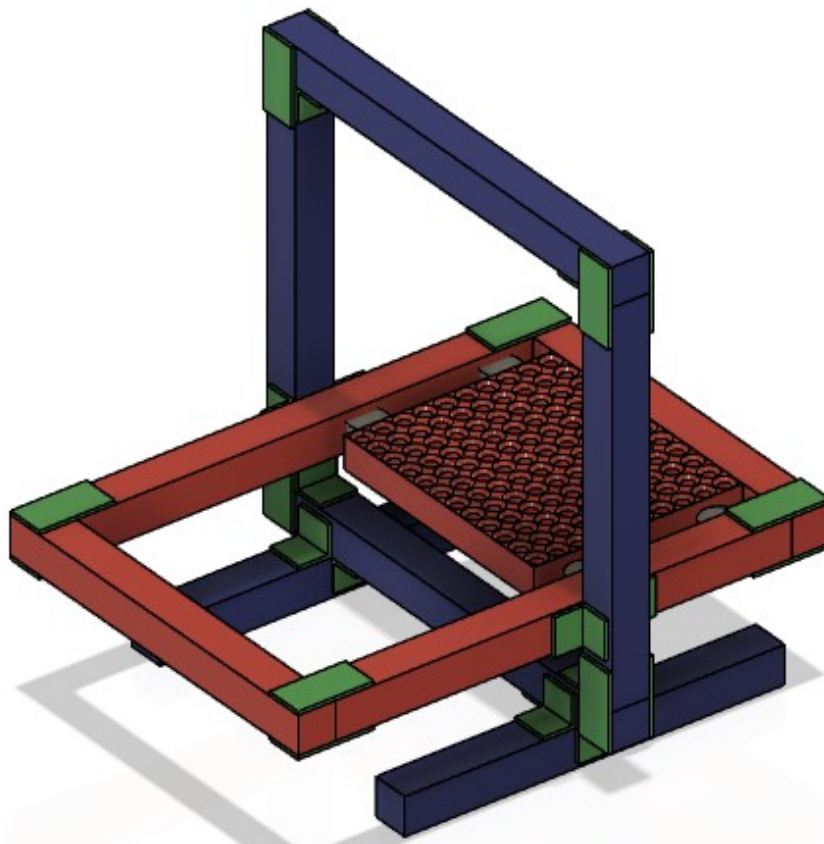


Abbildung 13: Modell des Gestells

Folgende Abbildung zeigt das zusammengebaute Modell:

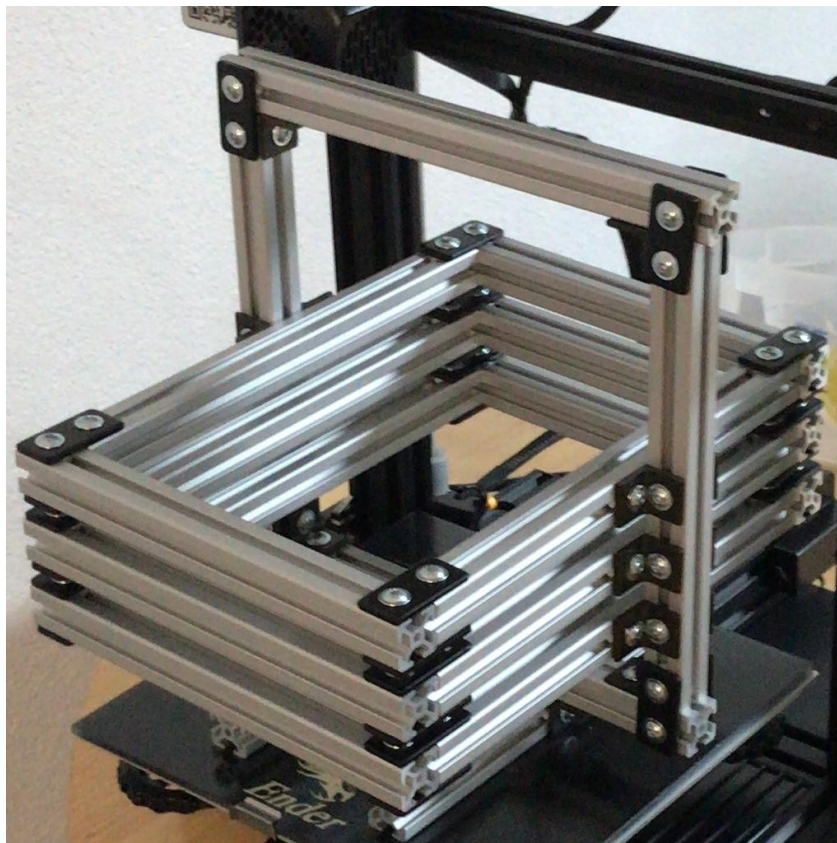


Abbildung 14: Zusammengebautes Aluminium Gestell

Die weiteren rechteckigen Rahmen werden für zusätzliche Etagen verwendet. In Zukunft können weitere Platten mit Dübeln hinzugefügt werden um noch das reale Lager noch besser zu simulieren.

Beim Bau des Gestells ist das Problem aufgetreten, dass Schrauben mit zu großem Kopf ausgewählt worden sind. Dadurch war es nicht möglich die Schrauben in einen Winkel einzusetzen.



Abbildung 15: Schrauben in Winkel

Die Lösung für dieses Problem war ein Winkelschleifer. Es musste gelegentlich bei einer der beiden Schrauben der Kopf an einer Seite gekürzt werden, dass die Schrauben aneinander vorbei passen.



Abbildung 16: Schraubenkopf wird gekürzt

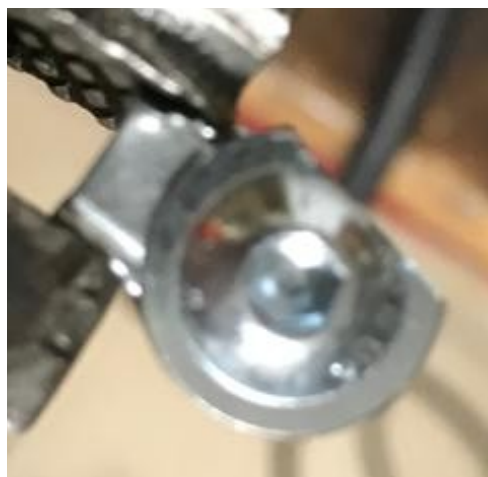


Abbildung 17: gekürzter Schraubenkopf

Das fertige Gestell wurde an der Stelle festgeschraubt, wo zuvor das beheizte Druckbett montiert war.

2.9 Endschalter werden durch Gestell blockiert

Am Ende der Achsen verwendet der Drucker kleine Schalter. Mithilfe dieser kann ermittelt werden ob das Ende erreicht ist. Dadurch kann der Drucker sich in eine bekannte Position begeben. Aufgrund des Gestells ist es nun aber nicht mehr möglich für den Drucker diese zu erreichen, da der Weg zu diesen blockiert ist. Der Schalter für die Z-Achse konnte einfach nach oben verschoben werden. Für X- und Y-Achse muss eine Verlängerung gebaut werden, dass der Schalter wieder gedrückt werden kann.

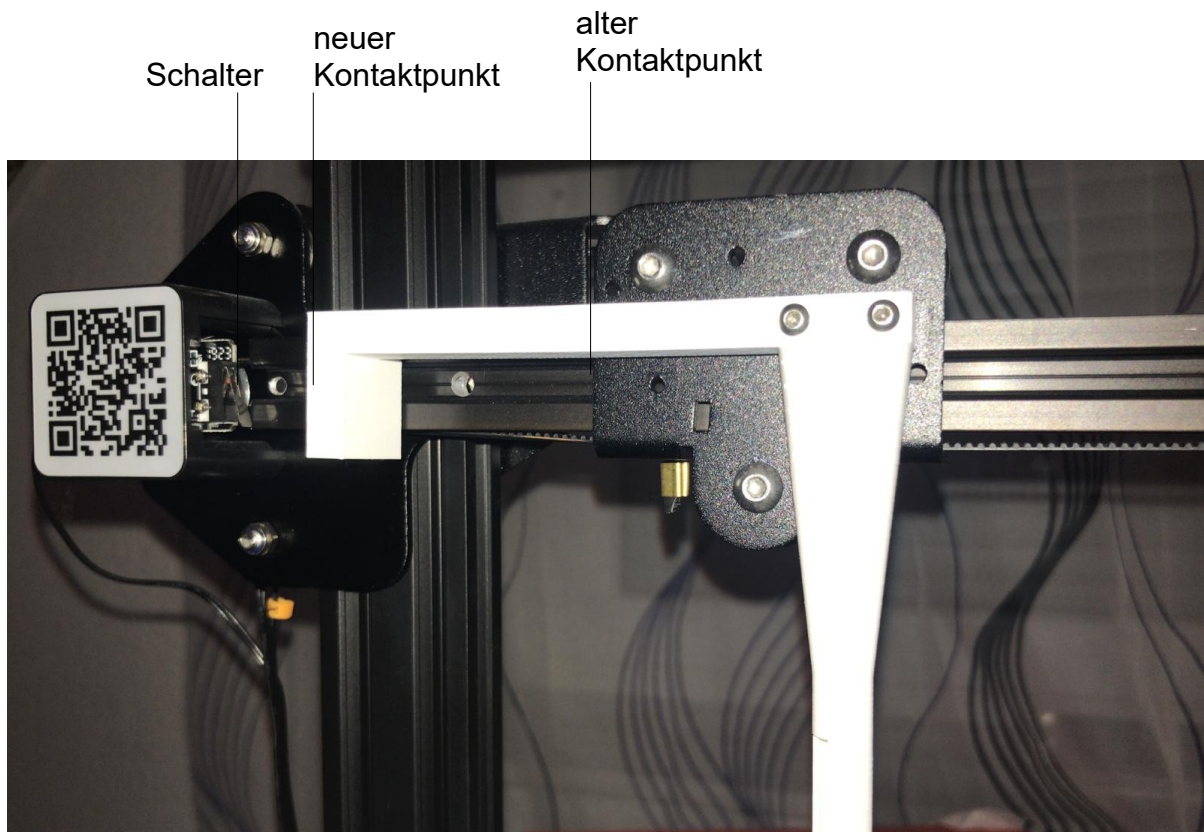


Abbildung 18: Verlängerung für Schalter

2.10 Ermittlung aller Dübelpositionen

Für das Anfahren jedes Dübels müssen auch die Positionen von jedem Dübel bekannt sein. Es ist sehr umständlich diese von jedem Dübel einzeln zu ermitteln und sehr zeitaufwendig. Da alle Dübel auf einer Ebene liegen reicht es drei Punkte und den Abstand der Dübel zu kennen. Da das Rechnen mit vier Eckpunkten einfacher ist werden vier anstatt drei verwendet. Die Position eines gesuchten Dübels ist der Schnittpunkt der beiden Geraden zwischen den Eckpunkten, die mit dem Verhältnis von Dübelnummer und Länge der Dübelreihe verschoben worden sind.

4 17				12 17
4 9				12 9

Tabelle 4: Eckpunkt Koordinaten



4 17	6 17	8 17	10 17	12 17
4 15	6 15	8 15	10 15	12 15
4 13	6 13	8 13	10 13	12 13
4 11	6 11	8 11	10 11	12 11
4 9	6 9	8 9	10 9	12 9

Tabelle 3: Alle Koordinaten

3 Diskussion

3.1 Mögliche Fehlerquellen

Bei der Auswahl des Flaschenersatzes und der Greifmethode wurden nur wenige ausgewählte Möglichkeiten in der Theorie verglichen. Optimaler Weise hat man alle genauer untersucht mit Prototypen, was aber aufgrund des begrenzten Zeitraums nicht möglich war. Man hätte die verschiedenen Greifmethoden kombiniert mit den verschiedenen Flaschenersätzen testen können und nach Zuverlässigkeit, Greifkraft und Geschwindigkeit vergleichen können.

Beim Ermitteln der richtigen Lochform für die Dübel wurde der Dübel von Hand mehrmals in die Löcher gesteckt bis eines gefunden wurde, welches eine Ausreichende Größe und wenig Spielraum hatte. Dies wurde aufgrund von fehlenden Messinstrumenten gemacht. Die Ergebnisse genügen für das Hochheben der Dübel mit dem Greifer, aber mit realen Messungen könnte eine bessere Form gefunden worden sein.

Bei den verschiedenen Möglichkeiten für die Schnittstelle zum Greifer wurden die anderen Optionen nicht getestet. Es könnte sein, dass eine der Methoden, zB. Das direkte Auslesen des Kommunikationschips, besser gewesen wäre, obwohl sie für zu komplex eingeschätzt wurde. Dies wurde aus zeitlichen Gründen nicht genauer untersucht.

3.2 Ausblick

Es können weitere Schubladen hinzugefügt werden. Dazu wurden auch schon Tests durchgeführt, welche aber aus zeitlichen Gründen abgebrochen wurden. Da es dann mehrere übereinander gibt müssen sich die oberen vor und Zurückbewegen können. Hierzu wurden Räder an die Dübelplatten gebaut, welche in den Aluminium-Extrusionen laufen können. Es wird ein Motor mit Getriebe verwendet, der die Platte in eine andere Position zieht.

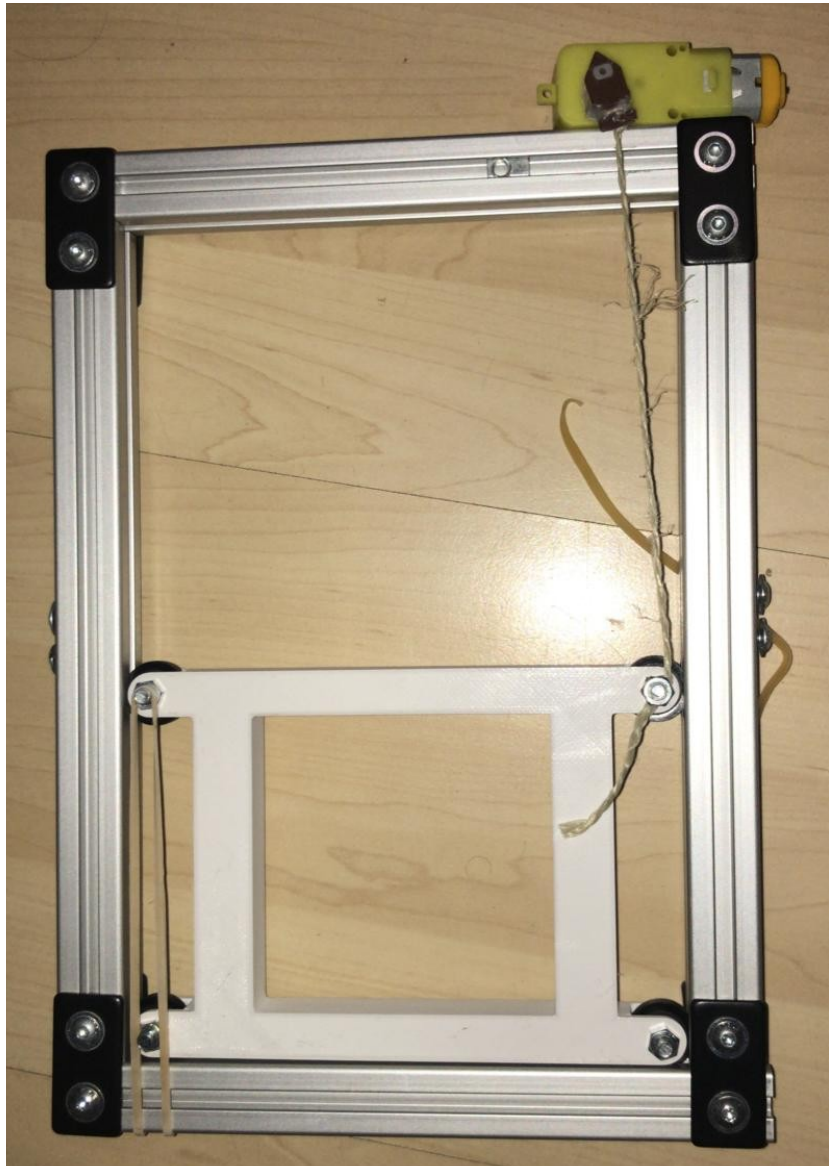


Abbildung 19: Schublade mit Motor

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön an alle die die Projekte der Kooperationsphase möglich gemacht haben.

Ein besonderes Dankeschön geht an Herrn Dr. Dario Mager (IMT am KIT), der als Betreuer das Projekt angeboten und auch viel Hilfe geleistet hat. Ein großer Dank geht auch an Herrn Lukas Kornelius (KIT), der genauso eine große Hilfe war.

Ebenso möchte ich mich bei meinen Kursleitern bedanken. Diese waren zuerst Frau Jeannine Deger-Glaeser und Herrn Paul Bischof und später Frau Anke Richert , aber auch bei Herrn Dietmar Gruber und Herrn Norbert Krieg, die uns während der Kooperationsphase betreut haben.

Abschließend gilt mein ganz besonderer Dank dem Ehepaar Josephine und Dr. Hans-Werner Hector, ohne deren Stiftung das Hector-Seminar und somit auch die Kooperationsphase nicht stattgefunden hätte.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Greifer mit zwei parallelen Armen.....	4
Abbildung 2: Der neue Greifer.....	4
Abbildung 3: Teststück für den Lochdurchmesser.....	5
Abbildung 4: Querschnitt des Teststücks.....	5
Abbildung 5: Teststück für Winkel und Durchmesser.....	5
Abbildung 6: 3D-Drucker.....	6
Abbildung 7: Auseinandergebauter 3D-Drucker.....	7
Abbildung 8: Greifer montiert am Drucker.....	7
Abbildung 9: Schnittstelle auf der Hauptplatine.....	8
Abbildung 10: Schaltplan für die Greiferschnittstelle.....	10
Abbildung 11: Visualisierung der Rechteckspannung und der "An"-Zeit.....	10
Abbildung 12: Modell einer Schublade.....	11
Abbildung 13: Modell des Gestells.....	11
Abbildung 14: Zusammengebautes Aluminium Gestell.....	12
Abbildung 15: Schrauben in Winkel.....	12
Abbildung 16: Schraubenkopf wird gekürzt.....	13
Abbildung 17: gekürzter Schraubenkopf.....	13
Abbildung 18: Verlängerung für Schalter.....	14
Abbildung 19: Schublade mit Motor.....	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ersatz für Flaschen mit geeigneten Eigenschaften.....	2
Tabelle 2: Vergleich verschiedener Greifsysteme.....	3
Tabelle 3: Alle Koordinaten.....	15
Tabelle 4: Eckpunkt Koordinaten.....	15

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit unter der Beratung durch Herrn Dr. Dario Mager selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden, sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Karlsruhe, den

Felix Hörner

Anhang

Code auf dem Mikrocontroller für die Greifersteuerung

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;

bool level = LOW;
bool preLevel = LOW;

unsigned long startHIGH = 0;
unsigned long stopHIGH = 0;
unsigned long timeHIGH = 0;

unsigned long startLOW = 0;
unsigned long stopLOW = 0;
unsigned long timeLOW = 0;
unsigned long anteil;

int action = 0;
int prevAction =0;

void setup() {
  myservo.attach(9);
  myservo.write(30);
  Serial.begin(115200);
  pinMode(2, INPUT);
  level = digitalRead(2);
  preLevel = level;
}

void loop() {
  //-----Messen-----
```



```

level = digitalRead(2);
if (level != preLevel) {
  preLevel = level;

  if (level) {
    startHIGH = micros();
    stopLOW = startHIGH;
    timeLOW = stopLOW - startLOW;
    //Serial.print("LOW: ");
    //Serial.print(timeLOW);
  } else {
    startLOW = micros();
    stopHIGH = startLOW;
    timeHIGH = stopHIGH - startHIGH;
    //Serial.print(", HIGH: ");
    //Serial.print(timeHIGH);
    //Serial.print(", gesamt: ");
    //Serial.print(timeHIGH + timeLOW);
    //Serial.print(", HIGH-Anteil: ");
    anteil = (timeHIGH * 10000) / (timeHIGH + timeLOW);
    //Serial.println(anteil);
    //Serial.println(action);
  }
}
//-----action-detection-----

prevAction = action;

if (7950 < anteil && anteil < 8050) { //1
  action = 0;
}

if (7870 < anteil && anteil < 7970) { //5
  action = 1;
}

```

```

}

if (7700 < anteil && anteil < 7800) { //10
  action = 2;
}

if (7550 < anteil && anteil < 7650) { //15
  action = 3;
}

if (7400 < anteil && anteil < 7500) { //20
  action = 4;
}

if (7240 < anteil && anteil < 7340) { //25
  action = 5;
}

if (7080 < anteil && anteil < 7180) { //30
  action = 6;
}
//-----action-execution-----

if (action == 1 && action != prevAction) {
  Serial.println("Greifer offen");
  myservo.write(30);
}

if (action == 2 && action != prevAction) {
  Serial.println("Greifer geschlossen");
  myservo.write(0);
}
}

```