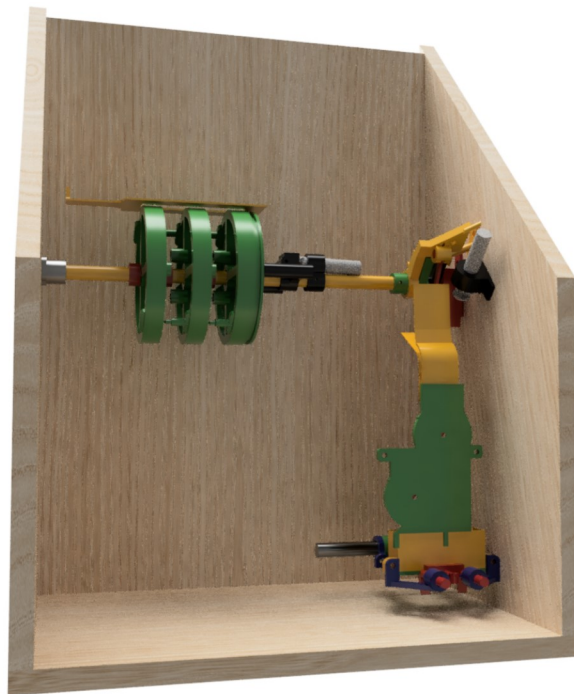


Kantonsschule Im Lee Winterthur  
Maturitätsarbeit HS 2021/2022

# Slot-Machine

Konstruktion eines mechanischen Spielautomaten

Emanuel Jucker, 4e



Betreuungsperson: Wolfgang Pils

03.01.2022, Winterthur

# 1 Kurzfassung

Das Ziel war, eine mechanische Slot-Machine mithilfe eines 3D-Druckers zu konstruieren. Zuerst wurde ein eigenes Konzept für den Mechanismus erstellt und anschliessend im Computerprogramm «Fusion 360» realisiert. Danach wurden die Bauteile ausgedruckt, zusammengesetzt und getestet. Die Slot-Machine überprüft anfangs, ob eine Münze eingeworfen wurde. Nur dann kann der Spieler durch das Herunterziehen des Hebels die Walzen in Bewegung bringen. Darauffolgend wird der Gewinn durch die finale Position der Walzen bestimmt und ausgeschüttet. Beim Austesten stellte sich heraus, dass es häufiger als berechnet einen Gewinn gibt. Dies konnte auf eine ungleiche Gewichtsverteilung bei den Walzen zurückgeführt werden.



Abbildung 1.1: Fotografie der Slot-Machine

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
3.1	Spielautomat . . . . .	7
3.1.1	Was ist ein Spielautomat? . . . . .	7
3.1.2	Einarmiger Bandit . . . . .	8
3.1.3	Rechtliche Lage . . . . .	10
3.2	Anforderungsprofil . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Vorgehensweise: Konstruktionsprozess</b>	<b>11</b>
4.1	Aufgabenphase . . . . .	11
4.2	Konzeptphase . . . . .	11
4.3	Entwurfsphase: CAD . . . . .	13
4.4	Ausarbeitungsphase . . . . .	15
4.4.1	Additive Fertigung . . . . .	15
4.4.2	Montage . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Resultat: Slot-Machine</b>	<b>20</b>
5.1	Bedienungsanleitung . . . . .	21
5.2	Schacht . . . . .	21
5.2.1	Eingang Münze(1) . . . . .	22
5.2.2	Ausgang Münze(2) . . . . .	24
5.2.3	Teilschacht auf Seite der Walzen(3) . . . . .	25
5.2.4	Teilschacht auf Seite der Wand(4) . . . . .	26
5.2.5	Sperrklinke für Münze(5) . . . . .	27
5.2.6	Federhalter und Hydraulik(6) . . . . .	28
5.3	Walzen . . . . .	31
5.3.1	Sperrklinke(1) . . . . .	31

5.3.2	Walze (2,3,4)	32
5.3.3	Gewinn-Überprüfung(5)	34
5.3.4	Guckfenster(6)	35
5.3.5	Beschriftung der Walzen(7)	35
5.4	Ausschüttung	36
5.4.1	Trichter(1)	36
5.4.2	Aufteilung(2)	37
5.4.3	Box(3)	39
5.4.4	Falltüre(4)	39
5.4.5	Schieber(5)	39
5.4.6	Auswurf(6)	41
5.5	Holzkasten	42
<b>6</b>	<b>Kostenkalkulation</b>	<b>44</b>
6.0.1	Kosten des Prototypen	44
6.0.2	Herstellungskosten	44
<b>7</b>	<b>Analyse</b>	<b>46</b>
7.0.1	Wahrscheinlichkeit ausrechnen	46
7.0.2	Wahrscheinlichkeit überprüfen	46
<b>8</b>	<b>Reflektion</b>	<b>48</b>
8.0.1	Resultate	48
8.0.2	Rückblick auf die Konstruktion des Automaten	48
8.0.3	Arbeitseinteilung	49

## 2 Vorwort

Die Idee, eine Slot-Machine zu bauen, hatte ich im Herbst 2020, als ich einen Jungschar-Casino-Nachmittag mitplante und es diverse Spiele gab, aber keine Slot-Machine. Doch einen solchen Automaten lässt sich nicht in zwei Wochen aus dem Nichts zaubern. Deshalb wollte ich eine Slot-Machine für einen nächsten Casino-Nachmittag bauen. In den nächsten Monaten machte ich mir immer wieder Gedanken über eine mögliche Funktionsweise eines Spielautomaten. Dadurch bekam ich eine gewisse Vorstellung darüber, was mich beim Bau einer solchen erwarten würde. Als ich dann im Frühling 2021 das Thema meiner Maturitätsarbeit bestimmen musste, entschloss ich mich, eine Slot-Machine zu bauen. Der wichtigste Grund für dieses Projekt ist, dass ich mich sehr für das Thema Technik interessiere. Zudem möchte ich auch einen ersten Einblick in die Arbeit eines Ingenieurs gewinnen, auch im Hinblick auf die kommende Studienwahl.

Der 3D-Druck ist eine Technologie, die nicht nur diese Arbeit ermöglicht, sondern auch vieles mehr. Deshalb ist das Sammeln von Erfahrungen mit der additiven Fertigungsmethode ein weiterer Grund für dieses Projekt, da mir diese auch in Zukunft helfen könnte, Projekte umzusetzen. Doch bis zum Beginn der Maturitätsarbeit hatte ich noch nicht viel Erfahrung im Bereich des 3D-Drucks und der 3D-Modellierung. Das grösste Projekt bis dahin war vermutlich die Konstruktion einer Wasserpumpe im Physik-Unterricht, für welche wir auch einen 3D-Drucker verwendeten.

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank aussprechen für die Unterstützung, die ich bekam während meiner Arbeit.

Zuallererst möchte ich Herrn Wolfgang Pils danken, der meine Maturitätsarbeit betreut und begutachtet. Sowohl für seine Begleitung und guten Ratschläge, als auch für seine praktische Unterstützung, zum Beispiel hat Herr Pils für mich Bauteile in den Herbstferien ausgedruckt, möchte ich mich bedanken. Ich bin sehr froh, dass ich in seinem Physikunterricht als Gruppenprojekt eine Wasserpumpe konstruieren konnte. Diese Arbeit hat mich gut auf meine Maturaarbeit vorbereitet.

Meine Dankbarkeit gilt auch meiner Mutter für das Korrekturlesen der Arbeit.

Danken will ich zudem meinem Grossvater, der mich mit Ratschlägen zur Montage unterstützte und mir viele seiner Werkzeugen zur Verfügung stellte

Meinen Dank ausrichten will ich ausserdem meinem Vater, der mir beim Schreiner die Holzplatten zusägen liess und mit meinem Grossvater mithilfe eines Unterbaus den Holzkasten der Slot-Machine erhöhte.

Beim schriftlichen Teil der Maturitätsarbeit verwende ich das generische Maskulinum. Es sind immer beide Geschlechter gemeint.

## 3 Einleitung

Folgende Hypothese wurde bei Beginn der Arbeit festgelegt:

«Man kann eine Slot-Machine, die vor allem aus Kunststoff<sup>1</sup> und aus rein mechanischen Teilen besteht, konstruieren.»

Das Ziel war nicht, eine bestehende Slot-Machine nachzubauen, sondern einen neuen Mechanismus zu entwickeln. Aus praktischen Gründen wurden nicht nur mechanische sondern auch hydraulische Systeme verwendet. Wie das Innenleben einer Slot-Machine aussehen könnte, sieht man bei Abbildung 3.2. Die Slot-Machine soll primär aus additiv gefertigten Bauteilen bestehen. Die additive Fertigungsmethode ermöglicht, komplexe Bauteile in kurzer Zeit ohne grossen Aufwand herzustellen.

### 3.1 Spielautomat

#### 3.1.1 Was ist ein Spielautomat?

Ein Spielautomat, auch bekannt als Slot-Machine, Fruit-Machine oder einarmiger Bandit, ist laut Duden[12] ein «Automat für Glücksspiele, der durch Einwurf einer Münze in Gang gesetzt wird». Die erste Slot-Machine hiess «Liberty Bell» und wurde 1895 von Charles Augustus Fey[13] erfunden. Das Revolutionäre an Feys Automat, zu sehen in Abbildung 3.1, ist die automatische Ausschüttung bei einem Gewinn. Der Gewinn kommt zustande, wenn eine bestimmte Zeichenkombination, beispielsweise drei Glocken, erscheinen. Die Zeichen sind auf Walzen<sup>2</sup> montiert und werden durch einen Hebel angetrieben. Zuvor muss aber eine Münze eingeworfen werden. Der Zufall entsteht durch Nuancen in der Betätigung des Hebels in Kombination mit den mechanischen Bauteilen.

Die mechanisch-funktionierenden Slot-Machines wurden mit der Zeit abgelöst von elektri-

---

<sup>1</sup>Ursprünglich wurde das Wort «Plastik» benutzt. Kunststoff ist aber eine bessere Bezeichnung.

<sup>2</sup>Eine Walze ist ein zylindrischer Körper mit kreisförmigem Querschnitt. Bei den Spielautomaten ähneln sie Rädern.



Abbildung 3.1: eine Liberty Bell[1]



Abbildung 3.2: Blick in das Innere eines Spielautomaten aus 1930[2]

sehen, welche wiederum von Spielautomaten mit Bildschirmen ersetzt wurden. Das Bild eines modernen Spielautomaten ist bei Abbildung 3.3 zu sehen.

### 3.1.2 Einarmiger Bandit

Die Bezeichnung «einarmiger Bandit» kommt davon, dass Spielautomaten den Leuten das Geld aus den Taschen ziehen und einen Hebel haben, der einem Arm ähnelt.

Nicht alles eingeworfene Geld wird wieder an die Spieler ausgeschüttet, da ein Teil immer an das Casino oder allgemein den Betreiber des Automaten geht. So verlieren die Spieler langfristig gesehen ihr Geld. Bei modernen Slot-Machines geht etwa 10% des eingeworfenen Geldes an den Betreiber [5]. Im Vergleich dazu geht bei meiner Slot-Machine 25% nicht an den Spieler zurück.

Um den Gewinn zu vergrößern, wird versucht, die Spieler zu möglichst langem Spielen zu verleiten. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten, die dann natürlich den Bau des Spielautomaten beeinflussen.[6]

- Die Emotionen der Spieler werden beispielsweise bei einem Gewinn durch Animationen, helle Farben und laute Töne verstärkt.



- Das Geld wird in eine Spielwährung umgetauscht, damit die Spieler den Überblick über ihre Verluste verlieren.
- Es wird verschwiegen, wie viel Prozent des eingeworfenen Geldes als Gewinn einbehalten wird.
- Es gibt falsche Gewinne, bei denen zwar Geld ausgeschüttet wird, aber weniger als ursprünglich eingeworfen wurde.
- Es werden Beinaheerfolge vorgetäuscht. Entweder wird der Automat entsprechend programmiert oder die Walzen werden mithilfe von Gewichten manipuliert, damit die Walzen kurz vor dem grossen Gewinn stoppen.
- Dem Spieler wird die Illusion gegeben, er könne Einfluss auf das Resultat nehmen. Dies wird erreicht, indem der Spieler beispielsweise einen Knopf drücken kann, der aber nur die Geschwindigkeit des Spieles und nicht die Gewinnchance beeinflusst.
- Es liegt in der Natur von Slot-Machines, dass die Einsätze zwar relativ klein sind, sich jedoch stark aufsummieren, da man oft spielt. Das verschleiern den tatsächlichen Verlust.

Diese Methoden sind bei modernen Spielautomaten weit verbreitet. Bei Abbildung 3.3 sind die hellen Farben, vielen Displays und Knöpfe gut zu erkennen, welche den Spieler zu längerem Spielen verleiten sollen.



Abbildung 3.3: moderne Spielautomaten[6]

### 3.1.3 Rechtliche Lage

In der Schweiz dürfen Spielautomaten nur von konzessionierten Spielbanken angeboten werden. Jedoch sind Glücksspiele, also auch Spielautomaten, im privaten Rahmen erlaubt. Hier dürfen die Einsätze jedoch nicht zu hoch sein und sämtliches Geld muss wieder zurück an die Spieler geht.[17]

Spielautomaten sind nicht zu verwechseln mit Geschicklichkeitsspielautomaten. Diese ähneln zwar Spielautomaten, brauchen aber Geschicklichkeit. Zudem dauern die einzelnen Spiele länger. Dies soll eine verminderte Abhängigkeit zur Folge haben, weshalb für diese Automaten die Gesetze in der Schweiz weniger streng sind.[4]

## 3.2 Anforderungsprofil

Das Anforderungsprofil gibt an, welche Funktionen mein Spielautomat erfüllen muss. Zudem gibt es noch Zusatzfunktionen, welche die Maschine verbessern, aber nicht zwingend nötig sind. Alle Funktionen, die es braucht, damit eine Slot-Machine funktionieren kann, sind mit einem Stern markiert.

1. Nur mechanische und hydraulische Systeme sind erlaubt.\*
2. Die Slot-Machine wird mit einem Hebel angetrieben.
3. Um einen Gewinn zu erhalten, muss eine neue Münze eingeworfen werden.\*
4. Ein Gewinn entsteht, wenn die Walzen richtig angeordnet sind.\*
  - Es gibt mindestens drei Walzen, welche von einem Hebel angetrieben werden.\*
  - Der Gewinn muss zufällig entstehen.\*
5. Es wird nur Geld ausgeschüttet bei einem Gewinn.\*
6. Je nach Anordnung der Walzen erhält man unterschiedlich viel Geld.
7. Ein Teil des Geldes wird nicht an die Gewinner verteilt. Je nach Rechtslage muss es schlussendlich aber wieder an die Spieler zurückgegeben werden.
8. Die Slot-Machine ist in einer Kiste.
9. Das Spielerlebnis ist für den Spieler ansprechend.

Die Anforderungen an meinen Spielautomaten orientierten sich an bestehenden Slot-Machines.

## 4 Vorgehensweise: Konstruktionsprozess

Der Konstruktionsprozess[8] umfasst sämtliche Arbeitsschritte, die notwendig sind, um von einer Aufgabenstellung zu einem Prototypen zu gelangen. Somit beinhaltet er sowohl gedankliche, als auch manuelle und maschinelle Operationen. Der Konstruktionsprozess kann in vier Phasen unterteilt werden: Aufgabenphase, Konzeptphase, Entwurfsphase und Ausarbeitungsphase.

Bei der Aufgabenphase werden die einzelnen Anforderungen konkretisiert. Die Konzeptphase wandelt die Anforderungen in ein technisches Konzept um, zum Beispiel, dass man für den Antrieb einen Hebel verwenden kann. Anschliessend werden die einzelnen Bauteile in der Entwurfsphase genau definiert, beispielsweise mithilfe von technischen Zeichnungen oder 3D-Modellen. Schlussendlich werden diese Pläne in der Ausarbeitungsphase in einem Prototypen realisiert.

### 4.1 Aufgabenphase

Die Aufgabenphase hatte bei mir einen verhältnismässig kleinen Anteil am Konstruktionsprozess und wurde nicht sehr detailliert gemacht. Die Anforderungen wurden unterbewusst in der Konzeptphase verwendet, ohne dass separat darüber nachgedacht wurde. Rückblickend hätte eine genauere Anforderungsliste zu einem verbesserten Überblick geführt. Die Aufgabenphase ist bei einem komplizierterem Projekt sicherlich wichtiger, da dann die Anforderungen nicht intuitiv erkennbar sind und häufig auch mehrere Personen mitarbeiten.

### 4.2 Konzeptphase

Bei der Konzeptphase geht es darum, herauszufinden, wie ein Bauteil eine Funktion erfüllen kann. Zeitlich lässt sich dies einerseits im Frühlingsemester, als das grundsätzliche Konzept erstellt wurde, und jeweils nach jeder Iteration eines Bauteils verorten. So gab es einzelne Bauteile deren kompletter Konstruktionsprozess erst im Herbstsemester stattfand, weshalb

die Konzeptphase auch dann war. Als Beispiel könnte man die Ausschüttung-Baugruppe, die nach den Herbstferien entwickelt wurde, nennen.

Anfänglich wurde Sketchbook, ein Zeichnungs-Computerprogramm, genutzt, um die einzelnen Skizzen zu erstellen und um Gedanken zu notieren, doch die Benutzung war umständlich, weshalb mit der Zeit wieder Notizblätter verwendet wurden. In der Abbildung 4.1 ist eine Skizze zu sehen, welche die grundlegende Idee von der Funktionsweise eines mechanischen Spielautomaten zeigt. Ein Grossteil des Bildes nimmt die Baugruppe Walzen ein. Der Mechanismus, der erkennt, ob eine Münze eingeworfen wurde. Dies ist stark vereinfacht als ein breiter Strich zu sehen, neben dem der Winkel  $45^\circ$  vermerkt wurde. Daran ist gut erkennbar, dass sich die einzelnen Phasen überschneiden und dass die Konzeptphase nicht im Frühlingsemester abgeschlossen wurde, sondern parallel zu den anderen Phasen weiterging.

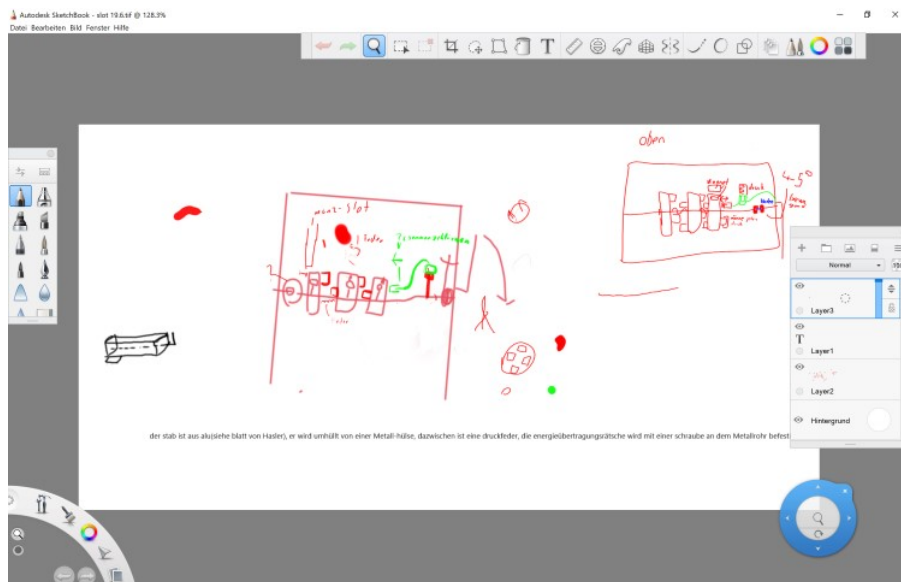


Abbildung 4.1: grundlegendes Konzept der Slotmaschine (mithilfe von Sketchbook gemacht)

Es wurde nicht auf technische Konzepte von bestehenden Spielautomaten zurückgegriffen, ausser sie sind sehr allgemein, wie zum Beispiel das Prinzip einer Sperrklinke, umgangssprachlich auch bekannt als Ratsche.

### 4.3 Entwurfsphase: CAD

Die Entwurfsphase umfasst sämtliche Arbeitsschritte, bei denen die Bauteile genau definiert werden, damit sie in der darauffolgenden Phase hergestellt werden können. Dafür erwies sich Fusion 360 als geeignetes Programm. Die Entwurfsphase hatte einen relativ grossen Anteil am Gesamtprojekt und während dieser gesamten Zeit wurde mit dem CAD-Programm Fusion 360 gearbeitet.

CAD steht für "computer aided design"[15]. Das bedeutet, dass man mithilfe eines Com-

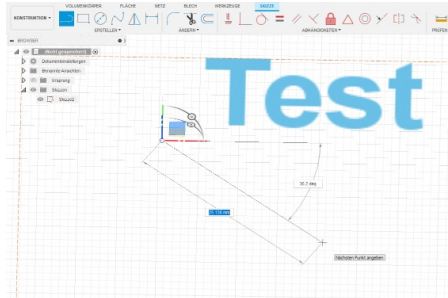


Abbildung 4.2: Beispiel Skizze in Fusion 360

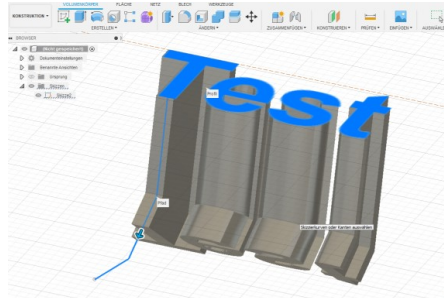


Abbildung 4.3: Beispiel einer Extrusion in Fusion 360

puters, im Falle dieser Arbeit ein Surface Book 1 aus dem Jahr 2015, geometrische Modelle erstellen, aber auch wieder verändern kann. CAD bringt viele Vorteile im Vergleich zu früher, als man noch mit dem Zeichenbrett von Hand technische Zeichnungen anfertigen musste.

- Ein Vorteil ist, dass sämtliche Informationen beisammen sind und sie nicht mehr auf mehreren Blättern verstreut sind. Dies vereinfacht die Übersicht.
- Auch ist es deutlich einfacher, geometrische Formen und Abhängigkeiten wie zum Beispiel Tangenten und Kreise zu zeichnen, denn mit dem Computer ist man genauer und schneller.
- Eine der grössten Vorteile besteht jedoch darin, dass man dreidimensionale Modelle bilden, aber diese immer noch als technische Zeichnungen exportieren kann. Das ist hilfreich für die Übersicht. So erkennt man viel einfacher, wenn Dinge fehlen oder falsch gemacht wurden, denn schlussendlich wird ja ein dreidimensionales Objekt erstellt.

- Für die Herstellung mithilfe eines 3D-Druckers braucht es zwingend ein digitales 3D-Modell, welches mit einem CAD-Programm erstellt wird.

Schlussendlich lässt sich sagen, dass rechnergestütztes Konstruieren dieses Projekt erst ermöglichte. Vor 30 Jahren, wo das CAD noch in den Kinderschuhen steckte, wäre eine solche Maturitätsarbeit nicht möglich gewesen.

Der Nachteil beim rechnergestütztem Konstruieren ist aber, dass man das betreffende Programm zuerst kennenlernen muss. In meinem Fall war dieses Programm Fusion 360 von Autodesk. Es bietet einen grossen Funktionsumfang, Anleitungen dafür finden sich im Internet und das Programm ist gratis für Schüler. Doch wie kann man etwas im dreidimensionalen Raum zeichnen? Bei Fusion 360 geht dies, indem man die einzelnen 3D-Objekte mithilfe von zweidimensionalen Skizzen erstellt, die man anschliessend in die Höhe zieht. Das nennt man Extrusion. Zu sehen ist dies in Abbildung 4.3. Ein Bild einer Skizze sieht man in Abbildung 4.2. Anschliessend kann man die Objekte noch weiter bearbeiten. Beispielsweise kann man Kanten abrunden.

Fusion 360 hat wie schon erwähnt sehr viele Funktionen. Diese Funktionen kennenzulernen, zu wissen, wie man die einzelnen Skizzen für die anschliessende Extrusion positioniert, braucht Erfahrung. Solche wurde schon vor der Maturitätsarbeit gesammelt. Zudem vertiefte sich das Wissen auch während diesem Projekt, da sehr lange mit dem Programm gearbeitet wurde. Beispielsweise wurde immer mehr darauf geachtet, nicht zu viel Material zu verbrauchen. Dies sieht man gut beim Beschrieb eines Trichters in Kapitel 5.4.1.

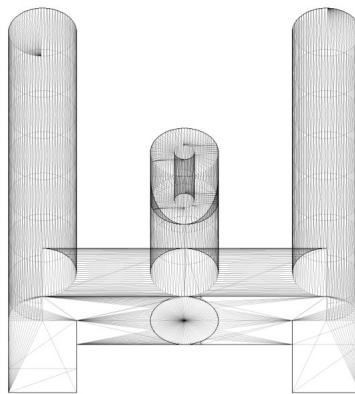


Abbildung 4.4: Bild einer STL-Datei in Fusion 360

Nachdem das 3D-Modell erstellt worden ist, wird es als STL-Datei gespeichert. Die Bedeutung der Abkürzung STL [16] ist nicht klar definiert, eine Möglichkeit ist aber «Standard Triangle Language». Das Wort «Triangle» weist darauf hin, wie ein 3D-Modell überhaupt gespeichert wird. Ein 3D-Objekt wird definiert als tausende kleiner Dreiecke, was man gut in Abbildung 4.4 sieht.

## 4.4 Ausarbeitungsphase

Bei der Ausarbeitungsphase wird mithilfe der technischen Skizzen und den 3D-Modellen der fertige Prototyp erstellt. Diese Phase unterteilt sich in den 3D-Druck und der Montage.

### 4.4.1 Additive Fertigung

Mithilfe der additiven Fertigung, besser bekannt als 3D-Druck, wurden die meisten Bauteile des Spielautomaten hergestellt. Es gibt verschiedene 3D-Drucktechnologien, wobei die verwendeten 3D-Drucker für dieses Projekt mit dem FFF-Fertigungsverfahren funktionieren. FFF steht für «Fused Filament Fabrication»[18] und ist auch bekannt unter FDM, also «Fused Deposit Modeling». Deren grundlegende Funktionsweise kennt man aus dem Alltag bei den Heissklebepistolen. Dort erhitzt man Material, welches dann anschliessend auf ein Objekt aufgetragen wird. Wenn man dann immer eine neue Schicht dazugibt, bildet sich ein dreidimensionales Objekt. Bei den FFF-Druckern ist es ähnlich. Dort wird ein Material erhitzt und danach Schicht um Schicht aufeinander aufgetragen. Die Düse, aus der das Material kommt, wird mithilfe von Elektromotoren in die richtige Position gebracht.

Damit der Drucker weiss, wo das Material abgelagert werden soll, muss vorher eine Datei erstellt werden mit den korrekten Angaben. Dies wird bei diesem Projekt mithilfe von Cura gemacht. Cura ist ein Programm, mit welchem man die 3D-Modelle der CAD-Software in Druckeranweisungen umwandelt. Bei diesem Programm hat man sehr viele Einstellungen zur Verfügung, damit der Druck optimal gelingt. So kann man beispielsweise bestimmen, wie genau der Drucker ist oder wie hoch der Infill<sup>1</sup> sein soll. Bei Abbildung 4.5 sieht man die Benutzeroberfläche von Cura. Der Gegenstand in der Mitte wird ausgedruckt. Auf der rechten Seite sind die Einstellungsmöglichkeiten und darunter der Materialverbrauch und die daraus folgenden Kosten. Die Materialkosten bei diesem Bauteil betragen beispielsweise 5.24 Franken.

---

<sup>1</sup>Der Infill bestimmt, wie viel Material in das Innere eines Objekts gefüllt wird.

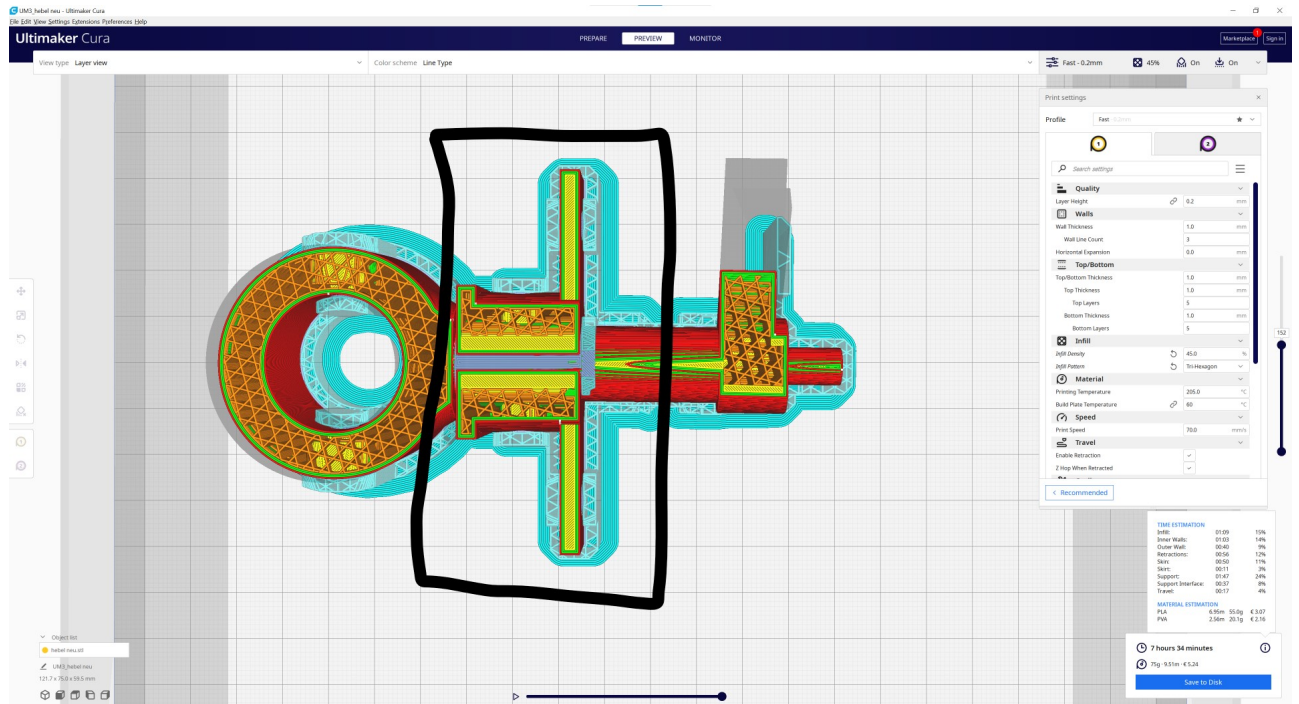


Abbildung 4.5: Benutzeroberfläche von Cura

Bis jetzt wurde noch nicht über Material geredet, doch es hat einen grossen Einfluss auf die Bauteile. Für meine Bauteile wählte ich PLA, in der Abbildung 4.5 sind sie rot oder gelb eingefärbt.



PLA steht für «Polylactic Acid»(Polymilchsäure)[7] und wird aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt. Es wird auf etwa 210°Celsius erhitzt und danach in Schichten vom 3D-Drucker übereinander gelagert.

PLA[3] hat eine Dichte von 1.24g/cm<sup>2</sup>, ein Elastizitätsmodul von 3.5 GPa. Das Elastizitätsmodul gibt die Dehnbarkeit an. Je kleiner, desto dehnbarer. Das Schubmodul von PLA ist 2.4 GPa. Es zeigt an, wie resistent das Material gegen Scherkräfte ist. Im Vergleich zu Aluminium, dessen Eigenschaften gut bekannt sind, hat PLA eine halb so grosse Dichte, ist dehnbarer um den Faktor 19.7 und verformt sich 3 bis 8 mal stärker bei Scherkräften.

Auch geht die Wärmeformbeständigkeit bei PLA nur bis 60°Celsius. Wird es wärmer, verformt sich PLA unter Last. Das führt zu Schwierigkeiten bei der Nachbearbeitung. So schmilzt PLA, wenn es zu schnell geschliffen wird und es zu einer zu grossen Wärmeentwicklung kommt.

Das blaue Material bei Cura ist PVA (Polyvinylalkohol)[10] . Es ist wasserlöslich und wird benützt, um Stützstrukturen zu bilden. Diese sind zwingend notwendig bei Überhängen über 45°, denn es kann nicht einfach Material in der Luft abgelagert werden.

Man kann auch PLA als Stützmaterial verwenden. Vorteilhaft dabei ist, dass ein Material verwenden werden müsste und das verwendete PLA sogar noch preiswerter als PVA wäre. Jedoch muss man PLA aufwendig abschneiden und anschliessend abfeilen. Manchmal ist das nicht möglich, weil das Stützmaterial nicht zugänglich ist.

Ein Beispiel vom Gebrauch von PVA ist das schwarz-umrahmte Objekt bei Abbildung 4.5. Es ist ein separates Bauteil, das um das andere gedruckt wird. Der kleine Zwischenraum zwischen den beiden Teilen wird mit PVA gedruckt. Später, wenn das PVA sich nach einem Wasserbad aufgelöst hat, kann sich das schwarz umrandete Objekt um das andere drehen. Solche Teile kann man nur mit PVA als Stützmaterial drucken, denn nur eine Flüssigkeit kann in den kleinen Zwischenraum eindringen, um die Stützstruktur aufzulösen, wobei der Lösungsvorgang immer eine gewisse Zeit braucht. PVA braucht einen 3D-Drucker mit zwei Düsen, denn man muss zwei verschiedene Materialien parallel verwenden können. Glücklicherweise haben die verwendeten 3D-Drucker von Ultimaker diese Fähigkeit.

---

<sup>2</sup>Es gibt verschiedene Legierungen von Aluminium. Hier wurde 6061 Aluminium genommen. Die entsprechenden Angaben können variieren.

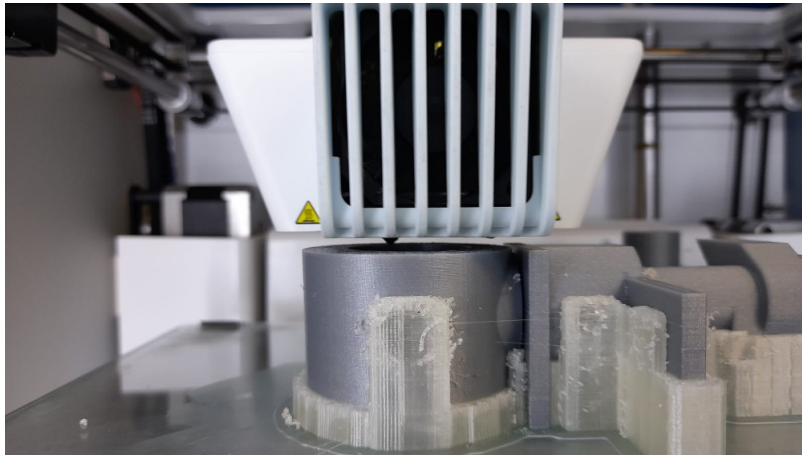


Abbildung 4.6: Ultimaker 3 beim Ausdruck eines Bauteils

### **Ultimaker 3**

Es wurden zwei Ultimaker 3 verwendet für dieses Projekt. Sie wurden von der Kantonsschule im Lee kostenlos zur Verfügung gestellt wurden, inklusive der verwendeten Materialien. Dieser 3D-Drucker kam 2016 auf den Markt und kostet momentan (Dezember 2021) etwa 4000Franken[14]. Er hat zwei Düsen, weshalb auch PVA gedruckt werden kann, und eine hohe Genauigkeit, die in die hundertstel Millimeter geht. Bei Abbildung 4.6 ist zu sehen, wie der Drucker das Bauteil, das bei Abbildung 4.5 in Bearbeitung ist, ausdruckt.

### **4.4.2 Montage**

Bei der Montage werden die ausgedruckten Bauteile zusammengefügt. Zudem wurden sie teilweise verbessert, beispielsweise durch Abschleifen eines Bauteils. Auch wurden parallel dazu Dinge wie Wände aus Holz zugeschnitten. Als Werkzeuge standen mir unter anderem eine Bohrmaschine, eine Stichsäge und noch viele weitere Dinge wie eine Schublehre, Winkel, Schraubzwingen und Bits für die Bohrmaschine zur Verfügung. Bei Abbildung 4.7 ist ein Bild des Werkraums zu sehen.

Die Montage besteht aus viel praktischer Arbeit. Dabei schärft sich jedoch das Bewusstsein, die Bauteile so zu zeichnen, dass deren Montage nicht aufwendig ist und der Auflösungsprozess des PVA schnell geht. Dieser kann mehrere Tage dauern. Bei neueren Bauteilen wurden Löcher eingeplant, durch die das Wasser besser zum PVA dringen kann und es schneller auflöst.

Eine Schwierigkeit war die Bearbeitung des Holzes, denn die Genauigkeit der Stichsäge und



Abbildung 4.7: Fotografie des Werkraums

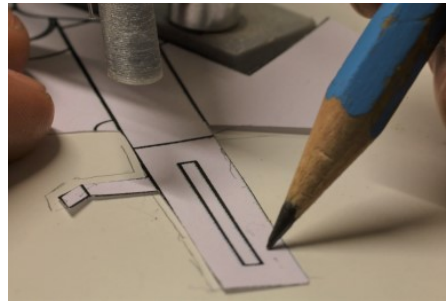


Abbildung 4.8: Markierung erstellen mithilfe einer technischen Zeichnung

des Akkubohrers lässt zu wünschen übrig. Das Problem kann verkleinert werden durch den Ausdruck von technischen Zeichnungen, die dann als Referenz für die Markierungen der zu bearbeitenden Stellen dienen, was in Abbildung 4.8 erkennbar ist. Einzelne Funktionen, zum Beispiel der Verlauf einer Schnur, wurden erst bei der Montage vollständig entwickelt.

## 5 Resultat: Slot-Machine

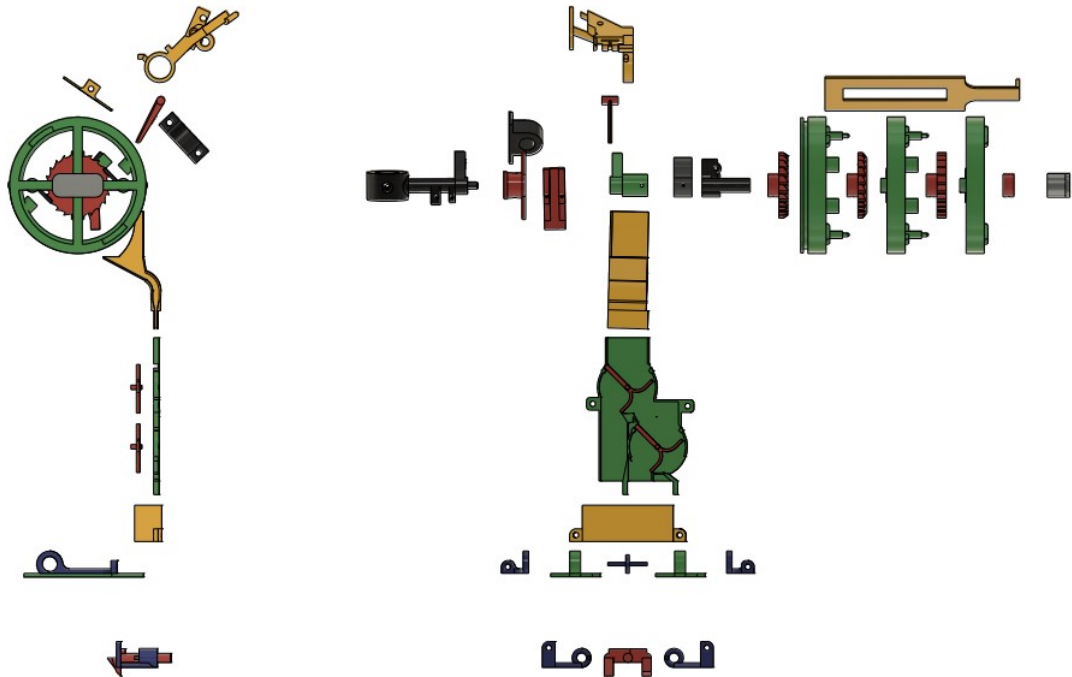


Abbildung 5.1: Explosivzeichnung der ausgedruckten Bauteile

Die Slot-Machine ist das Resultat des Konstruktionsprozesses und entspricht dem Anforderungsprofil, welches in Kapitel 3.2 auf S. 10 beschrieben wird.

Sie lässt sich in vier Baugruppen unterteilen, welche je einen Teil des Anforderungsprofil erfüllen. Die vier Baugruppen sind miteinander verbunden, um Informationen, Kräfte oder Münzen auszutauschen.

Die erste Baugruppe wird «Schacht »genannt. Sie erkennt unter anderem, ob eine Münze eingeworfen wird.

Die zweite Baugruppe heisst »Walzen«und bestimmt, ob ein Gewinn entsteht.

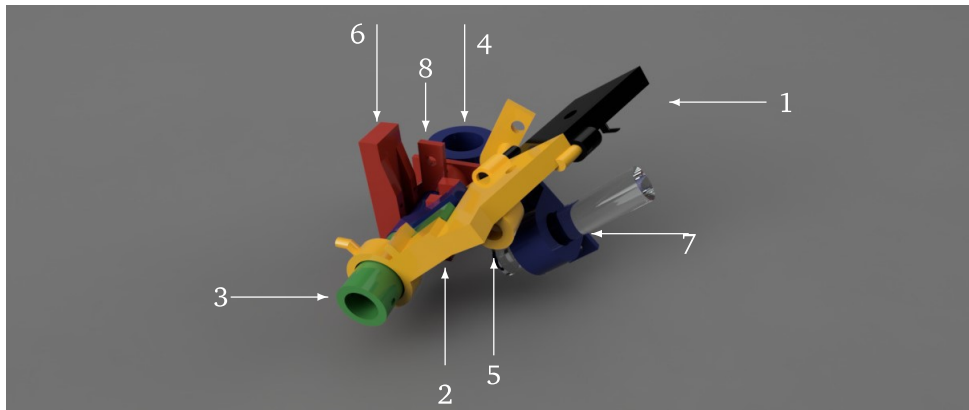


Abbildung 5.2: Nummerierung der Bauteile des Schachtes

Der Name der dritten Baugruppe ist «Ausschüttung». Diese ist für die Ausschüttung des Gewinns an den Eigentümer und an den Spieler verantwortlich.

Diese Baugruppen sind in einem Holzkasten befestigt und eine eigene Baugruppe bildet.

## 5.1 Bedienungsanleitung

Legen Sie eine Münze in den Münzschlitz, um zu beginnen. Bewegen sie anschliessend den Hebel leicht hin und her. Danach können sie ihn zu sich ziehen, bis er auf ein Gesperre prallt. Dann können sie den Hebel wieder nach oben stossen. Mit etwas Glück haben sie gewonnen. Es gibt zwei verschiedene Gewinne, einen Grossen und einen Kleinen. Für den kleinen Gewinn müssen zwei gleiche Symbole nebeneinander angeordnet sein, für den grossen Gewinn drei. Falls sich die Walzen nicht bewegt haben, können sie den Münzschlitz leicht bewegen und nochmals am Hebel ziehen. Falls sie nun gewonnen haben, können sie den Hebel so weit wie sie können bei einem leichten Krafteinsatz nach hinten drücken um ihr Geld zu erhalten. Ihr Gewinn wird dadurch zu ihnen herunterfallen.

## 5.2 Schacht

Das Überprüfen eines neuen Münzeinwurfs ist nur eine von mehreren Aufgaben, die diese Baugruppe erfüllt. Nämlich wird hier auch der Hebel befestigt und es gibt mehrere Federn, welche die Maschine wieder zurücksetzen. Auch ist diese Baugruppe Teil eines hydraulischen Systems, welches eine Kraft von der Schacht-Baugruppe zur Walzen-Baugruppe überträgt.

Was diese Kraft bewirkt, wird beim Walzen-Zusammenbau <sup>1</sup> behandelt.

Die Komplexität der Schacht-Baugruppe machte es erforderlich, sie dreimal komplett neu zu konstruieren, also dreimal ein 3D-Modell neu zu entwerfen.

Ein Bauteil, welches bei Abbildung 5.3 gezeigt wird, brauchte sogar fünf Iterationen, wobei bei diesem Bild nur die ersten vier gezeigt werden.

Die Schacht-Baugruppe besteht aus acht ausgedruckten Bauteilen. Diese sind in Abbildung



Abbildung 5.3: 4 Versionen eines Bauteil der Baugruppe Schacht

5.2 beschriftet. Zudem wurden noch andere Bauteile wie Nägel, Federn und Schrauben verwendet.

### 5.2.1 Eingang Münze(1)

Dieses Bauteil bildet den Eingang der Münze. Das Geld wird bei dem oberen Ende eingeworfen und schlittert danach durch einen Schacht in das zweite Bauteil. Eine Herausforderung bei der Montage war das Zuschneiden der Holzplatten. Aufgrund der Form des Bauteil 1 ist eine Schräge in der Holzwand erforderlich ist. Dies macht den Einschnitt zeitaufwendiger und ungenauer, wie in Abbildung 5.5 erkennbar ist.

Das Loch in der Mitte des Schachtes diente bei der Herstellung dazu, dass sich das PVA schneller auflöste.

Der Eingang der Münze wurde mit dem Ausgang der Münze mithilfe einer Steckverbindung verbunden. Bauteil 1 wird in Abbildung 5.4 genau beschrieben und ist in Abbildung 5.5 in ausgeführter Form zu sehen. Der Eingang der Münze und der Ausgang der Münze sind zwei einzelne Teile. Dies wurde gemacht, um einerseits Stützfilament einzusparen, da man dann die Bauteile dann besser im 3D-Drucker anordnen kann und um andererseits bei einem

<sup>1</sup>Zusammenbau ist ein Synonym von Baugruppe

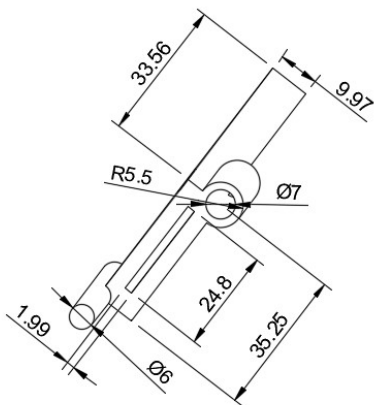


Abbildung 5.4: technische Zeichnung des Bauteil 1



Abbildung 5.5: Fotografie des Bauteil 1

Fehler nicht alles neu ausdrucken zu müssen. Dies hat aber den Nachteil, dass die Münze in seltenen Fällen bei der Verbindung stecken bleibt. Dies könnte man ohne Probleme beheben, indem man aus diesen zwei Bauteilen ein einziges macht.

Die Slot-Machine akzeptiert sowohl Fünzigrappenstücke als auch Fünfrappenstücke. Dadurch können die Spieler selber wählen, mit welchem Einsatz sie spielen wollen. Die Grösse des Gewinns hängt vom vorhergehenden verlorenen Einsatz ab. Da sich der Gewinn nicht sofort nach einem gesteigerten Einsatz erhöht, werden die Spieler höchstwahrscheinlich mit dem kleineren Einsatz spielen.

Zudem können auch Metallstücke verwendet werden, welche die gleiche Grösse haben wie die vorgangs erwähnten Münzen. Dadurch kann man eine eigene Währung für die Slot-Machine bilden, die es erlaubt, den Spieler die Übersicht über ihre Einsätze zu nehmen wie das auch im Kapitel 3.1.2 beschrieben wurde. Das bietet aber Missbrauchsmöglichkeiten, die durch Überwachung der Spieler vermindert werden können.

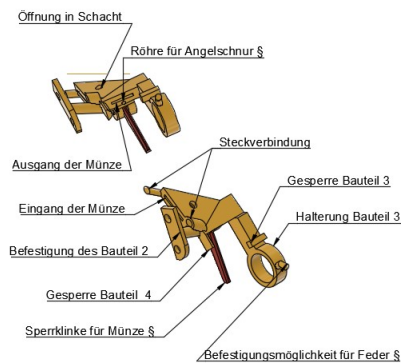


Abbildung 5.6: technische Zeichnung des Bauteil 2

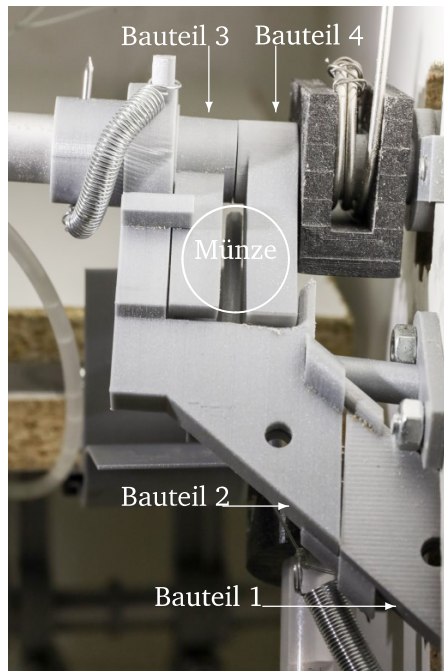


Abbildung 5.7: Fotografie des Bauteil 2

### 5.2.2 Ausgang Münze(2)

Funktionen dieses Bauteils, die bei Abbildung 5.6 mit einem «§»beschriftet sind, werden später erläutert.

Die Münze geht von «Eingang Münze» zu «Ausgang Münze» und dann in die Bauteile 3 und 4. Das «Gesperre<sup>2</sup> Bauteil 3 », beschriftet in Abbildung 5.6, sorgt dafür, dass sich das Bauteil 3, zu sehen in Abbildung 5.7, nur bis zu dem Punkt drehen kann, bei dem die Münze hineinfällt. Das «Gesperre Bauteil 4» wiederum sorgt dafür, dass das Bauteil 4 sich nur um die Achse und nicht parallel zu dieser bewegen kann.

Das Bauteil «Ausgang Münze» ist mithilfe der «Befestigung des Bauteil 2» an der Wand fixiert, wobei das Bauteil «Ausgang Münze» wiederum das Bauteil 3 bei der «Halterung Bauteil 3»hält.

Beim Bauteil 2 gibt es auch eine Öffnung, damit sich das PVA schneller auflöst. Ausserdem ist eine komplementäre Steckverbindung zum Bauteil 1 vorhanden.

<sup>2</sup>Gesperre schränken die Bewegung anderer Bauteile ein.



### 5.2.3 Teilschacht auf Seite der Walzen(3)

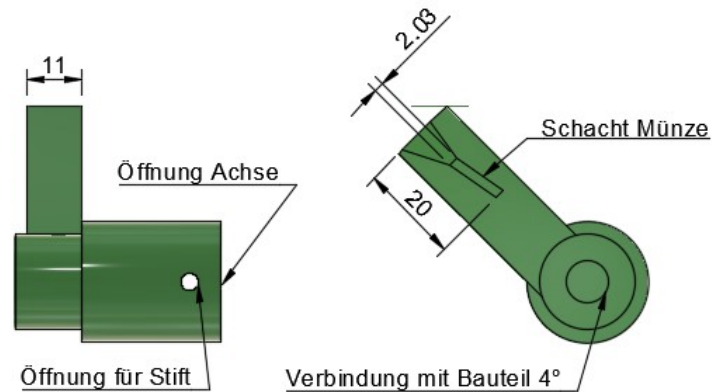


Abbildung 5.8: technische Zeichnung des Bauteil 3 der Baugruppe Schacht

Dieses Bauteil ist über eine Achse fest verbunden mit den Walzen. Zu sehen ist diese Achse, welche aus einem Aluminium-Rohr besteht, in Abbildung 5.7. Das Bauteil 3 wurde verbunden mit der Achse mithilfe einer Öffnung, in der die Achse passgenau sitzt und einem Nagel, der durch die Achse und das Bauteil 3 geht. Dieser Nagel erfüllt die Funktion eines Stiftes und sorgt dafür, dass sich beide Teile miteinander drehen. An dem Nagel wurde zusätzlich eine Feder befestigt, die mit der «Befestigungsmöglichkeit für Feder» bei Bauteil 3 verbunden ist. Die Feder zieht die Achse immer wieder zum «Gesperre Bauteil 3» damit die nächste Münze hineinfallen kann.

Die beiden Teilschächte von Bauteil 3 und 4 bilden zusammen einen Schacht, in den die Münze rutscht. Dies sieht man bei Abbildung 5.7. Diese Münze überträgt nun die Kraft von Bauteil 4 auf das Bauteil 3 und verbindet diese. Wenn sich nun das Bauteil 4 dreht, dreht sich auch das Bauteil 3. Wenn aber keine Münze eingeworfen wurde, wird keine Kraft übertragen und das Bauteil 3 dreht sich nicht. Somit muss eine Münze eingeworfen werden, um das Bauteil 3 und somit auch die Walzen zu bewegen. Es entsteht nur ein Gewinn, wenn die Walzen gedreht werden, wodurch es zwingen nötig ist, eine Münze einzuwerfen. Ein weiteres Foto, bei dem zu sehen ist, wie die Münze die beiden Teilschächte verbindet, ist Abbildung 5.12.

Der Teilschacht von Bauteil 3 wurde bei Abbildung 5.8 beschriftet. Die beiden Teilschächte sind gegen oben abgeschrägt, damit die Münze besser hineinfallen kann.

## 5.2.4 Teilschacht auf Seite der Wand(4)

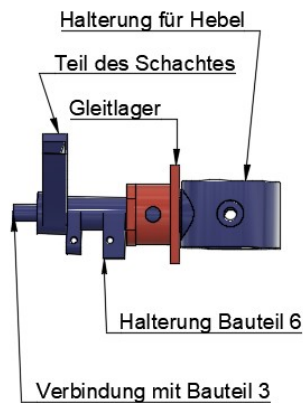


Abbildung 5.9: technische Zeichnung des Bauteil 4



Abbildung 5.10: Fotografie des Bauteil 4

Dieses Bauteil wurde bereits in Abbildung 5.3 gezeigt. Es ist einerseits mit dem Hebel verbunden und, wenn eine Münze eingeworfen wurde, auch mit den Walzen. Es leitet also die Kraft, mit welcher der Spieler auf den Hebel drückt, auf die Achse weiter. Dadurch ist die Beanspruchung sehr hoch, weshalb einerseits der Infill und andererseits der Durchmesser des Bauteils erhöht werden musste, damit dieses Bauteil nicht bricht.

Das Bauteil 4 ist über ein Gleitlager an der Wand befestigt.

Das Bauteil 3 wird über das Bauteil 4 geschoben bei der «Verbindung mit Bauteil 3». Das sieht man bei Abbildung 5.9 und bei Abbildung 5.8. Dadurch können sich beide Teile zwar frei drehen, aber bleiben parallel einander zugeordnet.

Die Halterung für den Hebel und das Gleitlager wurde so gemacht, dass man sie in die Wand hineinschieben kann und dass es nachher keine grossen Löcher in der Wand gab, was man auch bei Abbildung 5.10 sehen kann. Das Gleitlager füllt das Loch im Holzbrett sehr genau aus. Bei der Halterung des Bauteil 6 musste darauf geachtet werden, dass die Schenkelfeder montiert werden kann. Das hat zur Folge, dass der linke Teil der «Halterung Bauteil 6» abgerundet wurde.

### 5.2.5 Sperrklinke für Münze(5)

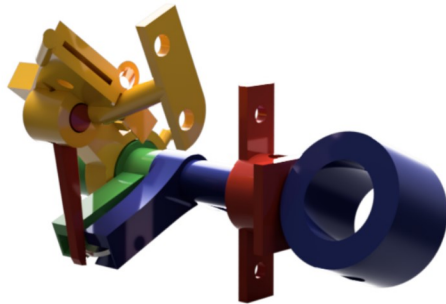


Abbildung 5.11: Rendering des Bauteil 5

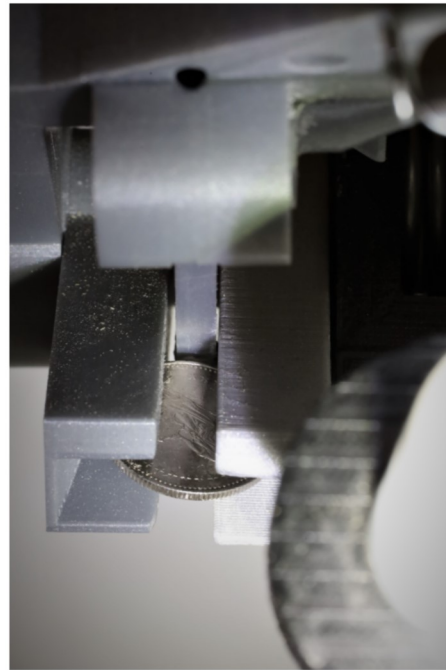


Abbildung 5.12: Fotografie des Bauteil 5

Damit bei jedem Spiel eine neue Münze eingeworfen werden muss, muss die vorherige Münze herausfallen. Zuerst war geplant, dass sie aufgrund der Schwerkraft herausfallen sollte, sobald der Hebel um  $90^\circ$  nach vorne gezogen wird und die beiden Teilschächte und somit auch die Münze um  $45^\circ$  nach unten gesenkt sind. Doch beim Austesten stellte sich heraus, dass die Münze nicht immer herausfällt, weil sie festgeklemmt wird. Beide Teilschächte werden unterschiedlich stark von Federn nach oben gezogen. Der schnellere Teilschacht beschleunigt den langsameren, was zur Folge hat, dass eine Kraft über die Münze übertragen wird. Nun drücken beide Teilschächte auf die Münze, weshalb ein Reibungswiderstand entsteht. Dieser ist stärker als die Gravitationskraft, wodurch die Münze stecken bleibt. Deshalb muss die Münze herausgestossen werden. Dies geschieht mit einem mechanischen Element, das einer Sperrklinke ähnelt. Wenn die Münze sich mit den beiden Teilschächten nach unten dreht, wird die Sperrklinke von der Münze nach unten gedrückt. Die Münze schiebt sich dann unter der Klinke durch, weshalb diese mithilfe einer Feder wieder nach oben gezogen wird. Wenn die Teilschächte nach oben gehen, geht auch die Münze wieder hoch, doch sie kann die Sperrklinke nicht nach oben wegdrücken, da diese sich nur bis zu

einem bestimmten Punkt dreht. Die Münze drückt nun von unten an die Sperrklinke und wird dadurch herausgeschoben.

Damit nur die Münze auf die Sperrklinke drückt, gibt es einen Spalt zwischen den Teilschächten.

Die Sperrklinke wird mit einer Feder nach oben gezogen. Doch für diese hat es keinen Platz zwischen der Sperrklinke und dem Bauteil 2. Deshalb wurde eine Angelschnur genommen und an der Sperrklinke befestigt. Die Angelschnur geht durch die «Röhre für Angelschnur» bei Abbildung 5.6 und ist auf der anderen Seite an einer Feder befestigt, was man bei der Abbildung 5.5 sehen kann.

Wenn der Hebeln, mit dem alles angetrieben wird, nicht weit genug nach vorne gezogen wird, beispielsweise nur bis zur Hälfte, wird auch die Sperrklinke nicht tief genug nach unten gedrückt, weshalb die Münze nicht ausgeworfen wird.

Jedoch kann später kein Gewinn ausgeschüttet werden, da das «Gesperre Bauteil 2» verhindert, dass das Bauteil 2 nach hinten gedreht wird. Bei einer nicht ausgeschütteten Münze würde Bauteil 2 das Bauteil 3 blockieren. Es wird nur ein Gewinn ausgeschüttet, wenn das Bauteil 3 nicht blockiert ist und nach hinten gehen kann.

Bei der Abbildung 5.11 sieht man, wie die Münze die Sperrklinke wegschiebt und bei Abbildung 5.12 wird die Münze anschliessend von der Sperrklinke, die am Bauteil 2 befestigt ist, hinausgeschoben.

## 5.2.6 Federhalter und Hydraulik(6)

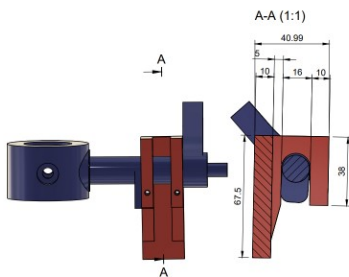


Abbildung 5.13: technische Zeichnung des Bauteil 6 der Baugruppe Schacht



Abbildung 5.14: Fotografie des hydraulischen Systems der Baugruppe Schacht

Dieses Bauteil erfüllt zwei Funktionen gleichzeitig. Es dient als Halterung für eine Schen-

kelfeder, wie in Abbildung 5.15 zu sehen ist. Diese Feder ist auf der einen Seite mit einer Schnur an der Holzwand befestigt. Um die Schnur zu befestigen wurde eine Schleife aus Draht an den Federstahl angelötet. Auf der anderen Seite windet sich die Feder um die Achse herum und ihr Endstück ist am Federhalter fixiert. Die Schenkelfeder wird zusammengedrückt, wenn man den Hebel zu sich dreht, was im Umkehrschluss bedeutet, dass der Hebel, wenn der Spieler loslässt, immer wieder zur Ursprungsposition zurückdreht. Dies hat zur Folge, dass die Bedienung angenehmer wird, weil der Spieler beim Hinunterdrücken des Hebels etwas Kraft anwenden muss und der Hebel immer wieder in die richtigen Position zurückkehrt.

Der Nachteil ist aber, dass der Hebel sehr stark beschleunigt wird, wenn man ihn loslässt und möglicherweise den Mechanismus beschädigt. Auch ist diese Position nicht immer perfekt, weshalb auch der Teilschacht des Bauteil 3 teilweise nicht richtig angeordnet ist. Das hat zur Folge, dass die Münze nicht immer in den Schacht hineingleitet. Deshalb sollte man den Hebel leicht schütteln, nachdem man eine Münze eingeworfen hat, um sicherzugehen, dass sie im Schacht landet.

Die Bauteile wurden so konzipiert, dass man die Schenkelfeder um die Achse herum befestigen kann. Auch musste das Bauteil 6 abnehmbar sein, denn sonst hätte man die Schenkelfeder nicht einsetzen können. Das Bauteil 6 wurde anschliessend mit zwei Nägeln fixiert.

Am Ende des Spiels drückt der Spieler den Hebel nach hinten, damit ein etwaiger Gewinn



Abbildung 5.15: Fotografie der Schenkelfeder

herauskommt. Wenn der Hebel so nach hinten gedrückt wird, drückt das Bauteil 6 auf eine

Spritze, wie in Abbildung 5.14 erkennbar ist. Diese Spritze ist mit Wasser gefüllt und über einen Schlauch mit einer anderen Spritze in der Walzen-Baugruppe verbunden, weshalb eine Kraft vom Hebel zum Walzen-Zusammenbau übertragen werden kann.

Die Fläche, die den Kolben der Spritze nach vorne drückt, wurde fein geschliffen, damit der Kolbenkopf besser auf ihr gleiten kann. Die Spritze wiederum wurde am Bauteil Nummer 7 befestigt. Wenn man den Hebel zu fest herunterdrückte, konnte es sein, dass der Schlauch sich von der Spritze löste und das Wasser herausspritzte. Um das zu verhindern, wurde der Schlauch mit Sekundenkleber an die Spitze der Spritze geklebt.

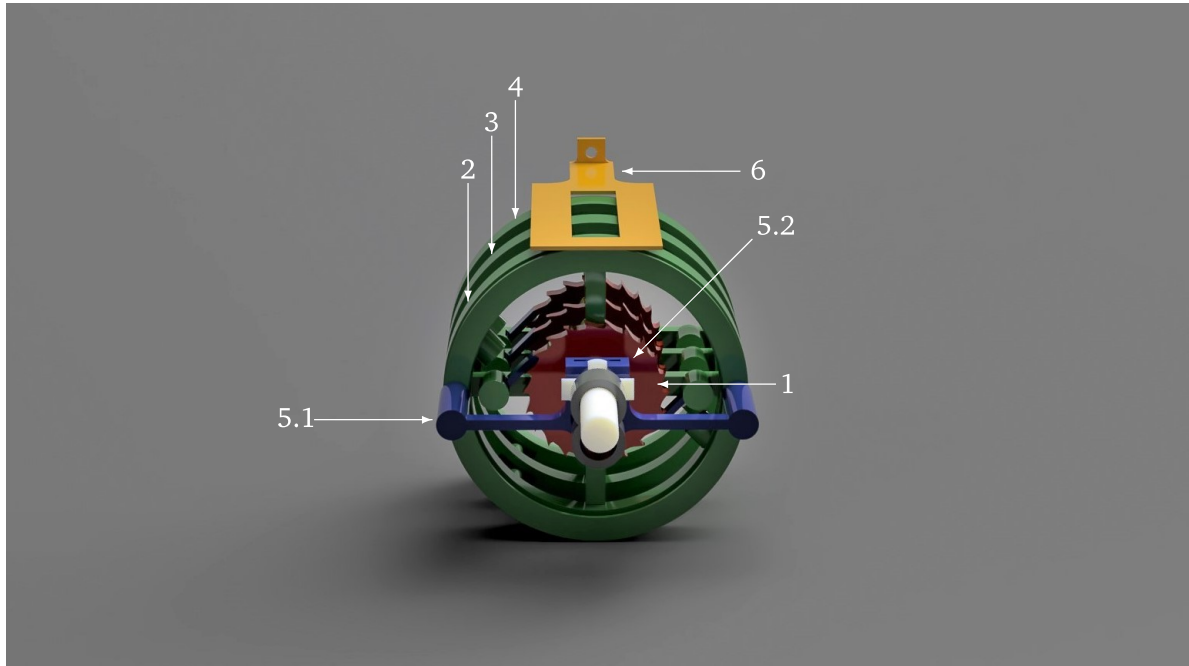


Abbildung 5.16: Nummerierung der Bauteile der Walzen

## 5.3 Walzen

Die Baugruppe Walzen bestimmt durch die zufällige Anordnung der Walzen, ob ein Gewinn vorhanden ist. Insgesamt besteht dieser Zusammenbau aus 16 ausgedruckten Einzelteilen und etwa nochmals so vielen anderen Teilen. Ein Teil der ausgedruckten Bauteile wurden bei Abbildung 5.16 beschriftet

### 5.3.1 Sperrklinke(1)

Es gibt bei jeder Walze zwei Sperrklinken, welche beide einerseits die Drehung der Achse auf die Walze übertragen und andererseits dafür sorgen, dass die Walze weiterdreht, auch wenn die Achse nach einer Viertelumdrehung stoppt. So werden alle Walzen zufällig positioniert. Die Sperrklinken werden von der Schwerkraft heruntergedrückt.

Wenn nun das Sperrrad bei Abbildung 5.17 im Uhrzeigersinn dreht, wird die Sperrklinke von den schrägen Flächen des Sperrrads hochgeschoben. Die Walze bewegt sich nicht. Wenn nun aber das Sperrrad im Gegenurzeigersinn gedreht wird, verkantet es sich mit der Sperrklinke. Dadurch wird die Drehung der Achse auf die Walze übertragen.

Falls das Sperrrad stoppt, kann sich die Walze immer noch im Gegenuhrzeigersinn drehen,

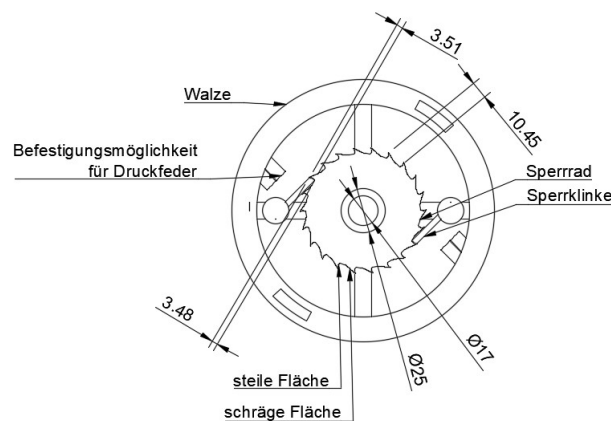


Abbildung 5.17: technische Zeichnung der Sperrklinke der Baugruppe Walzen

da auch dann die Sperrklinke hochgeschoben wird. Das Sperrrad dreht sich im Uhrzeigersinn, wenn eine Münze eingeworfen wurde und der Hebel nach unten gezogen wird.

Es sind an den Walzen Befestigungsmöglichkeiten für Druckfedern vorhanden, die auf die Sperrklinken drücken würden. Der Vorteil von solchen Druckfedern würde darin bestehen, dass die Sperrklinken besser in die Sperrräder greifen könnten. Doch dadurch würde sich auch die Reibung erhöhen, was die Walzen zu stark abbremsten würde.

### 5.3.2 Walze (2,3,4)

Bei Abbildung 5.18 ist die Walze 4 erkennbar. Sie ähnelt einem Wagenrad. In der Mitte ist eine Aussparung für eine Aluminium-Röhre mit einem Durchmesser von 16mm, die als Achse funktioniert. Die Nabe ist über Streben mit dem äusseren Teil der Walze verbunden. Der Durchmesser von 15cm wurde gewählt, damit die aufgeklebten Zeichen sich schnell genug bewegen. Dies ist insbesondere wichtig, da es keine Übersetzung zwischen dem Hebel und den Walzen gibt. Dies bedeutete, dass die anfängliche Drehgeschwindigkeit der Walzen genau gleich gross ist wie die des Hebels und sich dann verlangsamt. Somit drehen sich die Walzen eher langsam, was für die Spieler weniger ansprechend aussehen könnte.

Die Walzen laufen erstaunlich reibungsarm auf der Röhre, weshalb kein Wälz-oder Gleitlager verwendet werden muss.

Wichtig ist jedoch, dass die Walzen nicht nach links oder rechts fallen können. Dies würde



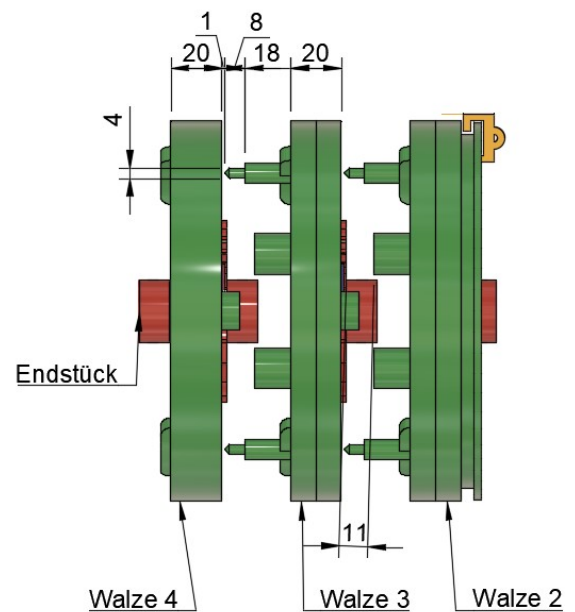
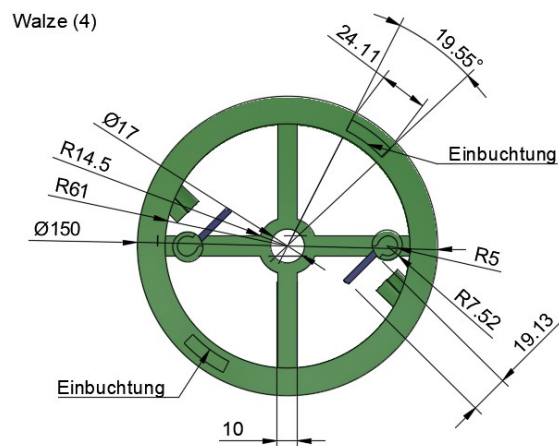


Abbildung 5.18: technische Zeichnung der Walze 4

Abbildung 5.19: Technische Zeichnung der Walze 2,3,4

die Reibung massiv erhöhen. Ein etwaiges Hin- und Herschwenken wird von den einzelnen Sperrrädern und Federn verhindert.

Der Gewinn hängt von der Anordnung der Walzen ab und damit die Maschine einen solchen feststellen kann, gibt es bei der Walze 3 und 4 zwei Einbuchtungen mit einer Tiefe von 5 mm. Auch gibt es zwei Stifte bei der Walze 2 und 3, welche in Abbildung 5.19 gezeigt werden. Wenn die Einbuchtungen und die Stifte nebeneinander liegen, kann der Spieler den Hebel nach hinten drücken. Dadurch werden die Walzen aneinander gedrückt.

Wenn nun die Stifte in die Einbuchtung passen, können die Walzen näher aneinander gedrückt werden. Dadurch ist erkennbar, ob ein Gewinn entstanden ist. Auch kann man verschiedene Gewinne unterscheiden, denn wenn alle drei Walzen gleich angeordnet sind, können die Walzen näher aneinander gedrückt werden, als wenn nur zwei Walzen nebeneinander gleich angeordnet sind.

Bei der Abbildung 5.18 ist die Einbuchtung markiert. Die Wahrscheinlichkeit wird im Kapitel 7 genauer angeschaut.

Wenn sich die Walzen verschieben, muss die Sperrklinke auf das Sperrrad gehen. Deshalb wurde das Sperrrad bei den Walzen 2 und 3, die sich verschieben können, abgerundet. Auch müssen die Walzen wieder in ihre Ursprungsposition gehen und dürfen nicht zusammen sein, wenn die Walzen gedreht werden. Dafür gibt es zwischen den drei Walzen je eine Federgruppe, die einerseits genug stark sein muss, um die Walzen auseinanderzubringen und andererseits aber nicht zu stark sein soll, damit auf das ganze System nicht zu starke Kräfte wirken beim Zusammenschieben der Walzen. Auch dürfen die Federn der Walze 3 nicht zu viel Raum beanspruchen, da es nicht viel Platz zwischen Walze 2 und Sperrrad 3 hat. Deshalb wurden zwei unterschiedliche Federn gewählt, wie man in Abbildung 5.20 sehen kann. Die Feder zwischen Walze 3 und 4 ist um die Achse gewickelt, während die Feder zwischen Walze 2 und 3 in einer speziellen Halterung ist.

### 5.3.3 Gewinn-Überprüfung(5)

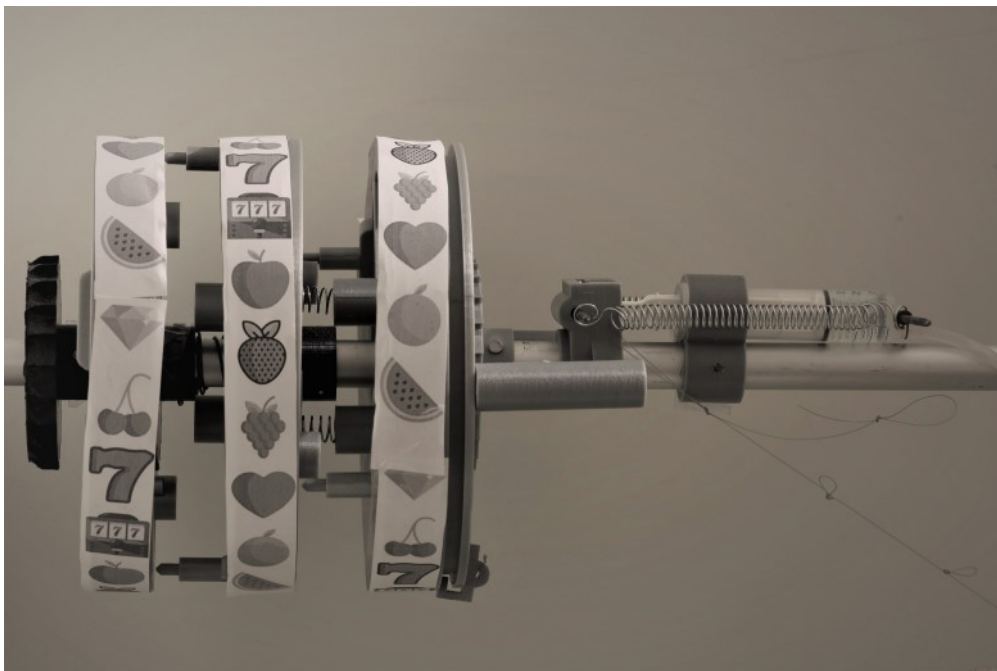


Abbildung 5.20: Fotografie der Baugruppe Walzen

Das Bauteil 5 schiebt die Walzen zusammen und gibt diese Information anschliessend an die Ausschüttung-Baugruppe weiter. Die Kraft für das Zusammenschieben kommt vom Spieler, der den Hebel nach hinten drückt. Dies tut er, wenn er einen Gewinn vermutet. Diese Kraft wird dann über den Hydraulik-Teil der Ausschüttungs-Baugruppe auf das Gewinn-

Überprüfen-Bauteil übertragen, wo es auch eine Spritze hat, wie man im Bild 5.20 sieht. Diese Spritze, die am Bauteil 5.2 befestigt wird, stösst das Bauteil 5.1, welches sich frei auf der Aluminium-Achse bewegen kann, nach links. Die Walzen werden dann vom Bauteil 5.1 ebenfalls nach links gestossen. Am Bauteil 5.1 ist zudem eine Angelschnur befestigt, die dann, je nach Anordnung der Walzen, mehr oder weniger weit gezogen wird. Diese Angelschnur überträgt die Information, ob ein Gewinn entsteht, an die Ausschüttungs-Baugruppe. Zudem sind noch zwei Zugfedern mithilfe eines Nagels an Bauteil 5.1 befestigt. Diese ziehen dieses Teil zurück, was den Hebel wieder richtig positioniert und den Federn zwischen den Walzen erlaubt, die Walzen wieder auseinander zu bringen. Ursprünglich war gedacht, dass die Angelschnur am gelben Bauteil bei Abbildung 5.19 befestigt wird, was dann aber an Bauteil 5.1 besser ging. Deshalb gibt es bei Walze 2 noch eine unbenutzte Halterung für dieses Bauteil.

#### 5.3.4 Guckfenster(6)

Das Guckfenster hilft dem Spieler zu erkennen, ob er gewonnen hat. Ohne das Guckfenster würde man alle Walzen und Symbole sehen, was verwirren könnte. Dieses Guckfenster kann man bei Abbildung 5.21 sehen.

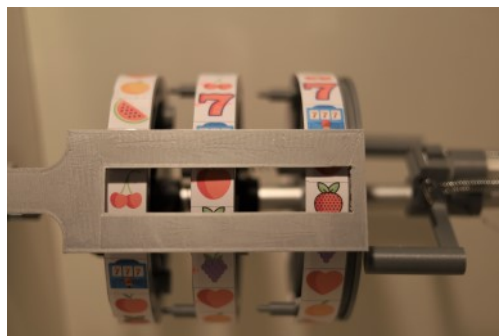


Abbildung 5.21: Fotografie der Walzen durch Guckfenster

#### 5.3.5 Beschriftung der Walzen(7)

Es wurden zehn verschiedene Symbole gewählt, welche den Symbolen anderer Slot-Machines ähnlich sind. Sie stammen aus folgender Quelle: [11].

Die Symbole der Slot-Machines sind bei allen drei Walzen identisch. Die Symbole auf den drei Walzen liegen nicht immer auf der gleichen Höhe. Für die Überprüfung, ob man gewonnen hat, ist der Ort bestimmend, wo sich der Grossteil des Symbols befindet.

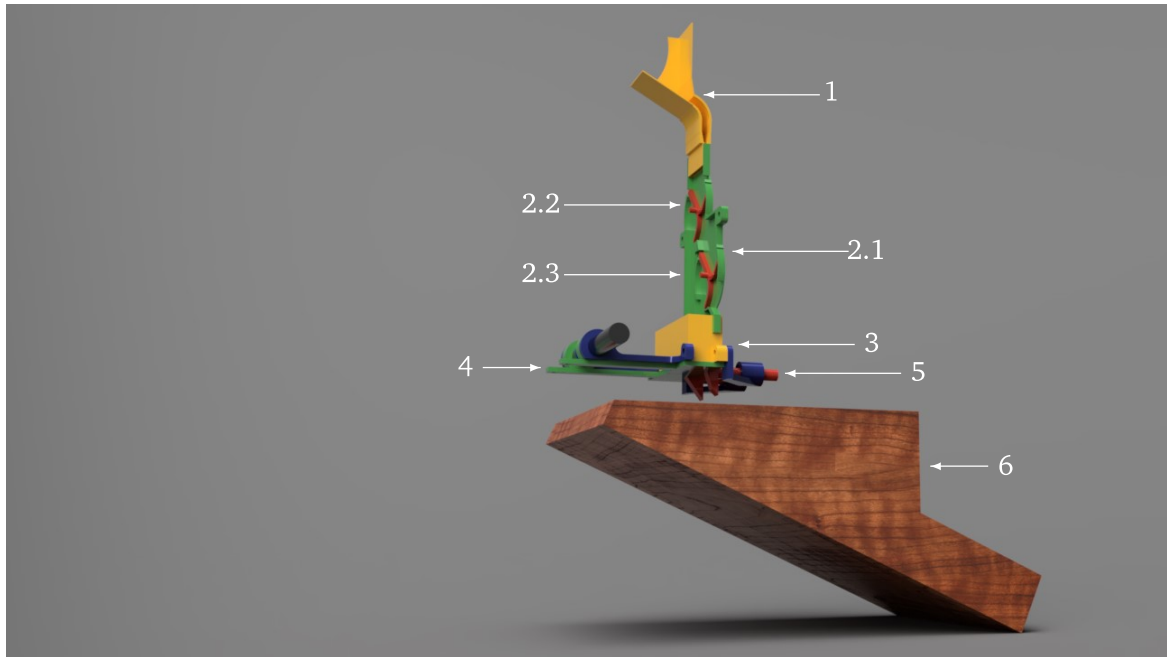


Abbildung 5.22: Nummerierung der Bauteile der Walzen

## 5.4 Ausschüttung

Die Ausschüttung-Baugruppe ist für die Verteilung des Geldes zuständig. Einerseits erhält sie von den Walzen die Information, ob ein Gewinn besteht und andererseits erhält sie von der Schacht-Baugruppe die Münzen, nachdem diese von der Sperrklinke aus dem Schacht geworfen wurden. Ein Teil der fünfzehn ausgedruckten Bauteile wurden bei Abbildung 5.22 beschriftet.

Der Fluss der Münze ist bei diesem Bild gut erkennbar. Bei Bauteil Nummer 1 kommt sie herein, geht durch Bauteil 2 und 3 und fällt dann in das Bauteil 6 hinein, wo der Gewinner das Geld zu sich nehmen kann.

### 5.4.1 Trichter(1)

Das Bauteil 1 fungiert als Trichter, der die herabfallenden Münzen von der Baugruppe Schacht auffängt und anschliessend in das Bauteil 2 lenkt. Bei der Konstruktion des Trichters wurde darauf geachtet, möglichst wenig Material zu verbrauchen, weshalb die Wände dünn sind und der Trichter nur auf einer Seite geschlossen ist. Falls das aber ein Problem werden würde, könnte man einfach ein Karton-Stück ankleben und als Wand verwenden. In der Mitte

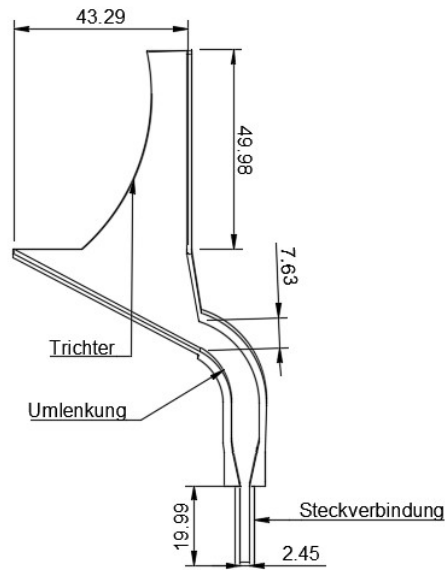


Abbildung 5.23: technische Skizze des Trichter

des Bauteil 1 ist noch eine Umlenkung, denn die Münzen müssen vertikal in das Bauteil 2 kommen, aber sie fallen horizontal auf den Trichter. Zuunterst ist eine Steckverbindung, damit man das Bauteil 1 in das Bauteil 2 schieben kann. Eine technische Skizze von diesem Bauteil ist bei Abbildung 5.23 zu sehen.

#### 5.4.2 Aufteilung(2)

Um verschiedene Gewinnmöglichkeiten und eine Gewinnbeteiligung des Besitzers zu erhalten, müssen die Münzen aufgeteilt werden. Das macht das Bauteil Aufteilung. Die Idee dazu stammt nicht von mir, sondern ist von einer mechanischen Rechenmaschine [9].

Die Münze kommt vom Trichter in das Bauteil 2. Dort trifft es auf das «Y1 », ein Bauteil, das dem Buchstaben Y ähnelt. Es ist bei Abbildung 5.24 beschriftet. Dieses Bauteil leitet die Münzen abwechslungsweise nach links und nach rechts. Wenn eine Münze auf das Bauteil fällt, rollt es entlang der Führung auf den Hebel zur rechten Seite. Das Gewicht der Münze drückt den Hebel herunter und das ganze Y dreht sich um 90° im Uhrzeigersinn. Wenn nun die nächste Münze herunterfällt, ist die Führung auf der rechten Seite und die Münze rollt entlang der Führung auf die linke Seite. Dieser Prozess geschieht nun abwechslungsweise

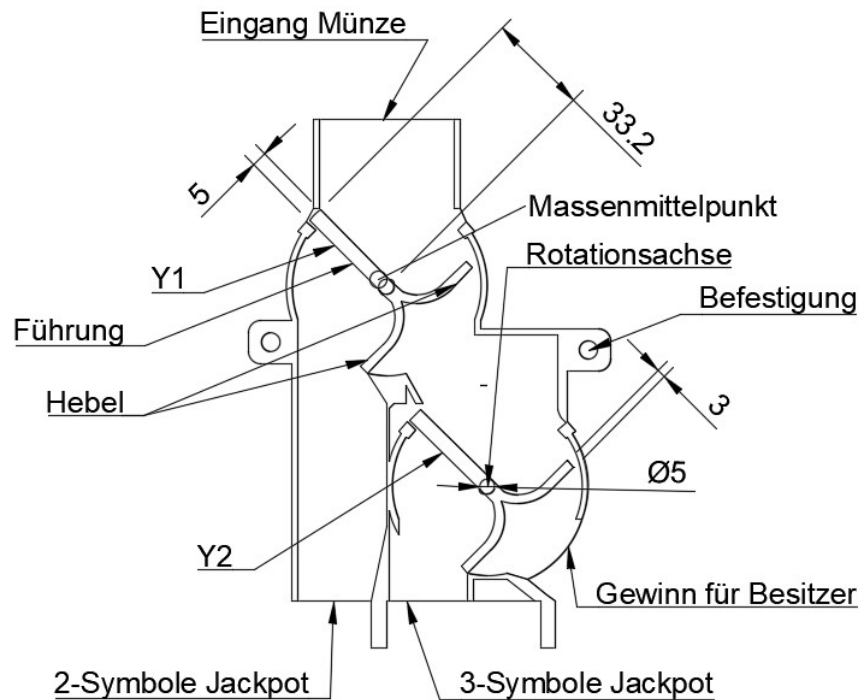


Abbildung 5.24: technische Skizze des Trichter

beim Bauteil Y1 und Y2.

Wichtig ist, dass der Massenmittelpunkt von Y1 und Y2 über der Rotationsachse der Bauteile liegt, da sich die Bauteile sonst immer in die Mitte drehen und die Münze nicht mehr richtig aufteilen.

Die Aufteilung hat zur Folge, dass die Hälfte der Münzen nach links zum 2-Symbole Jackpot geleitet werden und die andere Hälfte nach rechts, wo Sie nach dem selben System nochmals unterteilt und zum 3-Symbole Jackpot und in eine Kartonbox geleitet wird.

Das Geld, das in die Kartonbox geleitet wird, wird zum Gewinn des Besitzers. Die verwendete Box wurde gewählt, da man nicht in sie hineinsehen kann, damit der Spieler seine Verluste nicht sieht.

Das Aufteilungs-Bauteil ist an einem Holzbrett befestigt.

Beim 2-Symbole Jackpot müssen zwei gleiche Symbole nebeneinander angeordnet sein, beim 3-Symbole Jackpot drei.

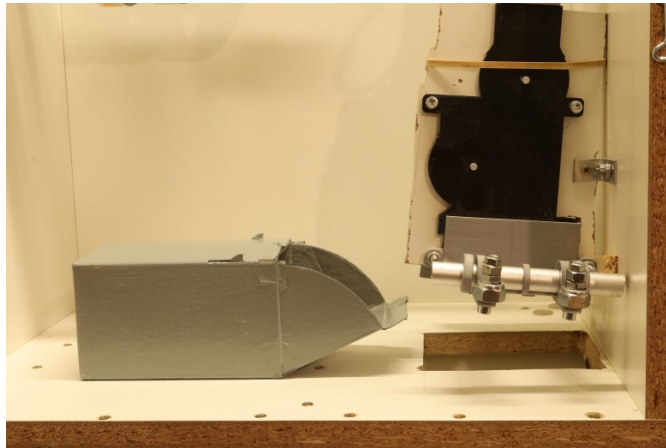


Abbildung 5.25: Fotografie der Baugruppe Ausschüttung

### 5.4.3 Box(3)

In der Box werden die Münze gesammelt, bis sie ausgeschüttet werden. Eine Fotografie mit dieser Box ist bei Abbildung 5.25 zu sehen. Die Box befindet sich unter dem schwarzen Bauteil. Sie ist nicht zu verwechseln mit der grauen Kartonbox, die die Gewinne des Besitzers speichert.

### 5.4.4 Falltüre(4)

Die beiden Falltüren bilden den Boden der Box. Die eine Falltüre ist für den 2-Symbole Jackpot, die andere für den 3-Symbole Jackpot. Sie mussten sorgfältig ausbalanciert werden mithilfe von Muttern, die als Gewichte verwendet wurden. Sofern die Falltüre nicht vom Schieber blockiert ist, geht sie herunter, sobald zwei Münze auf der Falltüre sind. Dadurch können die Münzen in den Auswurf herunterfallen. Wenn nun das Gewicht der Münzen fehlt, gehen sie automatisch wieder herauf. Es braucht 2 Münzen, da eine einzelne zu leicht ist. Die Falltüren sind an einer Aluminium-Röhre befestigt und können sich drehen. Ein Bild der beiden Falltüren ist bei Abbildung 5.26 zu sehen.

### 5.4.5 Schieber(5)

Der Schieber blockiert die Falltüren und verhindert, dass sie hinunterkippen, wenn es keinen Jackpot gibt. Bei der Baugruppe Walzen wurde am Bauteil 5 eine Angelschnur befestigt. Wenn die Walzen zusammengeschoben werden, wird an der Schnur gezogen. Wenn es keinen Gewinn gibt, geht die Angelschnur nur ein bisschen nach links, bei einem 2-Symbole

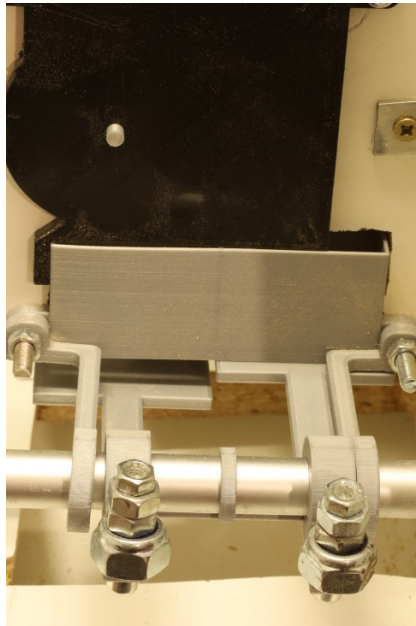


Abbildung 5.26: Fotografie der Falltüren

Gewinn weiter nach links und bei einem 3-Symbole noch weiter nach links.

Die Angelschnur ist über zwei Umlenkungen mit dem Schieber von Baugruppe Ausschüttung verbunden. Die Schnur zieht am Scheiber. Falls es keinen Gewinn gibt, wird der Schieber nur ein bisschen herausgezogen, bei einem 2er Gewinn mehr und bei einem 3er Gewinn noch mehr. Der Schieber hat zwei Riegel. Der eine ist 5mm lang, der andere 10mm. Die Riegel sieht man bei Abbildung 5.27. Wenn nun der Schieber und damit die Riegel 5mm herausgezogen werden, öffnet sich die Falltüre beim 5mm-Riegel und das Geld vom 2-Symbole Gewinn fällt heraus. Bei weiteren 5mm öffnet sich auch noch die Falltüre beim 10mm Riegel und das Geld vom 3-Symbole Gewinn fällt heraus.

Wenn nun die Walzen mehr zusammengedrückt werden können, da die Stifte in Bei den Walzen wurde eine Angelschnur befestigt, die mehr oder weniger weit gezogen wird, abhängig davon wie die Walzen angeordnet sind. Diese Schnur ist über zwei Umlenkungen mit dem Schieber verbunden. Sie zieht am Schieber. Wenn nun ein Gewinn entsteht, wird der Schieber weiter gezogen als wenn keiner entsteht. Der Schieber hat Riegel. Der Eine ist 5mm lang, der Andere 10. Beide Riegel sind bei der Abbildung 5.27 beschriftet. Die Länge der Schnur wurde so gewählt, dass sie den Schieber so weit herauszieht, dass die entsprechenden Falltüren je nach Gewinn herunterfallen.

Wenn 2 Walzen richtig angeordnet sind, wird die Schnur mehr gezogen als wenn keine Walze



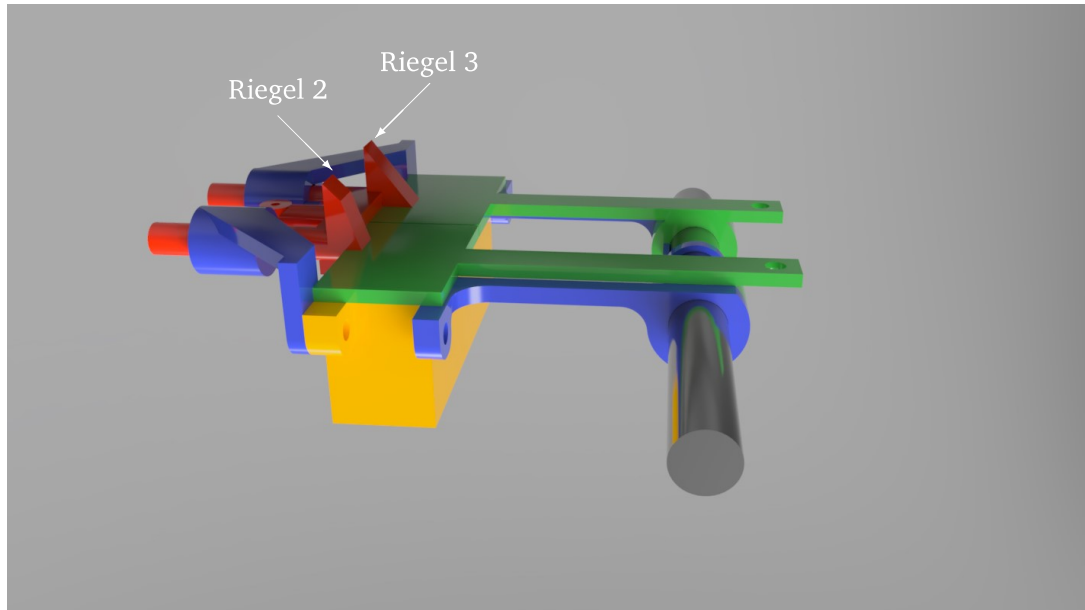


Abbildung 5.27: Rendering des Schieber-Bauteil

richtig angeordnet ist. Deshalb kann die Schnur den Schieber so weit herausziehen, dass der Riegel 2 nicht länger die Falltür blockiert. Der Riegel 2 ist bei der Falltür, die den 2-Symbole Jackpot hält. Wenn nun der Riegel weggezogen wird, fällt das Geld herunter.

Wenn 3 Walzen richtig angeordnet sind, wird die Schnur so weit gezogen, dass auch der Riegel 3 weggezogen wird. Dann fällt sowohl der 2-Symbole Jackpot als auch der 3-Symbole Jackpot heraus.

Ein Holzbrett von Baugruppe Ausschüttung, das an einem Scharnier befestigt wurde, schiebt den Schieber anschliessend wieder zurück in seine ursprüngliche Position, nachdem es zuvor vom Schieber ein wenig nach oben geschoben wurde.

#### 5.4.6 Auswurf(6)

Bei einem Jackpot fallen die Münzen in den Auswurf. Dieser leitet sie zu dem Spieler. Der Auswurf wurde aus Holz gefertigt. Da der Platz in der Slot-Machine nicht mehr für den Auswurf reichte, musste die Slot-Machine mit einem Unterbau um 20cm erhöht werden. Abbildung 5.28 ist eine technische Zeichnung vom Auswurf.

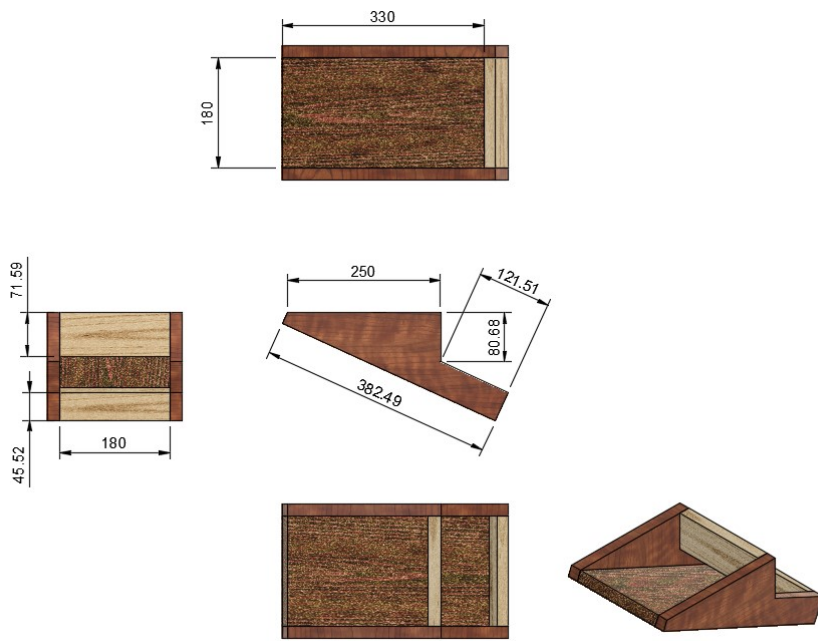


Abbildung 5.28: technische Skizze des Auswurfs

## 5.5 Holzkasten

Der Holzkasten dient als Halterung für alle anderen Bauteile und umrahmt sie. Er wurde aus Spanplatten gemacht. Diese waren in grossen Mengen verfügbar und sind auch im Einkauf preiswert. Der Nachteil ist, dass Spanplatten relativ leicht splintern, da Sperrholz aus einzelnen Spänen besteht, die zusammengeklebt wurden. Das ist aber auch ein Vorteil, denn man kann diese Platten sehr leicht bearbeiten.

Der Zuschnitt der einzelnen Platten konnte nicht selber gemacht werden aufgrund von fehlenden Werkzeugen, deshalb wurden die Platten von einem Schreiner zugeschnitten. Die Planung und der Zusammenbau der Platten wurde selber gemacht. Abbildung 5.29 ist ein Bild davon. Als Deckel wurde eine Acrylplatte verwendet, die man auf die Seite klappen kann.



Abbildung 5.29: Fotografie der Holzkiste

## 6 Kostenkalkulation

Der Verbrauch an verwendetem PLA wurde abgeschätzt, um die Maschine nicht in ihre Einzelteile zerlegen zu müssen. Mit «PVA verwendet» ist sämtliches PVA gemeint, das nötig war, um die verwendeten Bauteile herzustellen. Der Verbrauch von PVA wurde auf 30% vom Verbrauch an PLA geschätzt. Die Kosten der Druckzeit werden berechnet aus der Lebenszeit eines Ultimaker 3, welche auf 10 Jahre geschätzt wird. Mit Arbeitsstunden ist die Zeit gemeint, die in die Konstruktion und Dokumentation der Slot-Machine investiert wurde. Genaueres dazu kann in Kapitel 8.0.3 gelesen werden.

### 6.0.1 Kosten des Prototypen

Wie aus der Tabelle 6.1 auszulesen ist, kostete die Entwicklung dieses Spielautomaten 237.43 Franken, wobei die Arbeitsstunden nicht einberechnet wurden. Das heisst, es müsste 1900 Mal am Automaten gespielt werden, um die Entwicklungskosten zu amortisieren. Pro Memor: Die Werkzeuge und der benötigte Raum wurden nicht einberechnet, würden aber auch Kosten verursachen.

### 6.0.2 Herstellungskosten

Wie aus der Tabelle 6.2 auszulesen ist, würde eine weitere Slot-Machine etwa 154 Franken kosten. Die Kosten für den Werkraum und die Werkzeuge wurden auch hier nicht einberechnet. Die nötige Zeit für einen Neubau wird auf 30 Stunden geschätzt, da während der Montage oft auch Dinge ausgetestet wurden.

---

<sup>1</sup>Abfälle vom Zuschneiden wurden nicht einberechnet.

Material	Menge	Preis	Total
Spanholz <sup>1</sup>	1.47m <sup>2</sup>	50.-/m <sup>2</sup>	73.65.-
Rundrohr Aluminium	0.535.-m	5.75/m	3.08.-
Schrauben	61	8.8 Rp/Stück	5.37.-
Scharnier	5	1.38.-/Stück	6.88.-
Acrylglas	50cm <sup>2</sup>	46.-/m <sup>2</sup>	11.50.-
PLA verwendet	0.639kg	29.50.-/kg	18.85.-
PVA verwendet	0.192kg	133.33.-/kg	25.6.-
Druckzeit verwendet	195h	4.5Rp/h	9.-
PLA nicht verwendet	1.00kg	29.50.-/kg	29.50.-
PVA nicht verwendet	0.3kg	133.33.-/kg	40.-
Druckzeit nicht verwendet	305h	4.5Rp/h	14.-
Arbeitsstunden	225h	20.-/h	4500.-
Total(ohne Arbeitsstunden)			237.43

Tabelle 6.1: Kostenkalkulation des Prototypen

Material	Menge	Preis	Total
Spanholz	1.47m <sup>2</sup>	50.-/m <sup>2</sup>	73.65.-
Rundrohr Aluminium	0.535.-m	5.75/m	3.08.-
Schrauben	61	8.8 Rp/Stück	5.37.-
Scharnier	5	1.38.-/Stück	6.88.-
Acrylglas	50cm <sup>2</sup>	46.-/m <sup>2</sup>	11.50.-
PLA verwendet	0.639kg	29.50.-/kg	18.85.-
PVA verwendet	0.192kg	133.33.-/kg	25.6.-
Druckzeit verwendet	195h	4.5Rp/h	9.-
Arbeitsstunden	30h	20.-/h	600.-
Total(ohne Arbeitsstunden)			153.93.-

Tabelle 6.2: Kostenkalkulation einer weiteren Slot-Machine

# 7 Analyse

## 7.0.1 Wahrscheinlichkeit ausrechnen

Bei Abbildung 5.18 auf Seite 33 sieht man den Querschnitt einer Walze.

Die beiden Einbuchtungen sind an der längsten Stelle 24.11 mm lang. Der Radius vom äusseren Rand der Einbuchtung zum Mittelpunkt 71mm. Da der Stift mit einer Dicke von 1mm an der vordersten Stelle noch in die Einbuchtung passen muss, wird auf beiden Seiten der Einbuchtung 1mm abgezogen. Anschliessend müssen die Längen der beiden Einbuchtungen zusammengerechnet werden, da es keine Rolle spielt, in welche der Stift geht.

Für den 2-Symbole Gewinn gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder bildet Walze 2 und 3 oder 3 und 4 ein Paar. Deshalb wird die Gewinnwahrscheinlichkeit verdoppelt, denn es gibt zwei Möglichkeiten. Somit lässt sich zeigen:

$$p(A) = \frac{\text{Zahl der günstigen Fälle}}{\text{Zahl der möglichen Fälle}} = \frac{\text{Länge der beiden Einbuchtungen}}{\text{Umfang}} = \frac{22.11 + 22.11}{2 * \pi * 71} * 2 = 0.198 \quad (7.1)$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Walzen gleich angeordnet sind, beträgt somit 19.8%.

Die Wahrscheinlichkeit, dass auch die Dritte Walze gleich angeordnet ist, beträgt:

$$p(A) = \frac{9.9.8}{100} * \frac{9.9}{100} = 0.0098 \quad (7.2)$$

Somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass drei Walzen gleich angeordnet sind, 0.98%.

## 7.0.2 Wahrscheinlichkeit überprüfen

Um nun die Wahrscheinlichkeit zu überprüfen, wurden 100 Versuche gemacht. Es gab 27 2-Symbole Gewinne und vier 3-Symbole Gewinne. Auffällig war, dass bei allen vier 3-Symbole

Gewinnen die Äpfel im Sichtfenster erschienen. Anhand der Wahrscheinlichkeit wären 20 2-Symbole Gewinne und ein 3-Symbole Gewinn zu erwarten.

Anhand der Versuchsergebnisse liegt die Vermutung nahe, dass der Massenmittelpunkt(MMP) nicht in der Mitte ist und die Walzen eine Tendenz haben, sich immer gleich zu positionieren. Bei der Überprüfung des MMP in Fusion 360 stellte sich heraus, dass der MMP bei Walze 2 0.1mm vom Mittelpunkt entfernt war, bei Walze 3 0.01mm und bei Walze 4 0.972mm. Das Gewicht der Walze 4 beträgt konservativ geschätzt 91g und der MMP ein bisschen weniger als 1mm vom Mittelpunkt entfernt. Daraus kann man das folgende maximale Drehmoment berechnen.:

$$\text{Drehmoment} = F * r = m * g * r = 0.091 * 9.8 * 0.001 = 0.00089Nm \quad (7.3)$$

Im Vergleich dazu ist das Drehmoment eines 2.2 g schweren Gewichtes, wenn es 30mm vom Drehpunkt entfernt ist, 0.00065Nm. Dieses Gewicht wurde bei Walze 3 befestigt und es wurde kein signifikanter Einfluss auf die Position bestimmt. Somit liegt es nicht am ursprünglichen Design der Walzen, da beide Drehmomente ähnlich klein sind und experimentell gezeigt wurde, dass ein so kleiner Drehmoment keinen Einfluss hat auf die Position.

Daraus lässt sich folgern, dass die Art und Weise des Ausdruckes den MMP verschoben hat. Die Walzen wurden mit einem Infill von etwa 20% gedruckt. Das bedeutet, dass sich nicht überall gleich viel Material respektive Hohlraum befindet. Meine Vermutung ist, dass dies den MMP beeinflusst.

Überprüfen und beheben könnte man das, indem man den Infill auf 100% setzt. Das hätte aber einen sehr hohen Filamentverbrauch zur Folge.

Alternativ könnte man mit der Befestigung von Gewichten die Wahrscheinlichkeit selber verändern, um die Gewinnhäufigkeit zu optimieren mit dem Ziel, ein möglichst gutes Spielerlebnis anzubieten.

# 8 Reflektion

## 8.0.1 Resultate

Diese Arbeit hat die Möglichkeit gezeigt, eine mechanische Slot-Machine primär aus Kunststoffteile zu konstruieren.

Meines Wissens ist dies die erste mechanische Slot-Machine, welche primär mit dem 3D-Drucker hergestellt wurde.

Diese Slot-Machine könnte man verbessern, indem man die Materialkosten der einzelnen Bauteile verkleinert und die Montage vereinfacht und standardisiert. Die Montage könnte mit einer CNC-Machine, die Löcher vorbohrt und Bretter zuschneidet, vereinfacht werden. So müsste man nur noch die Bauteile mit Schrauben befestigen. Die Materialkosten könnte man verkleinern, indem man die Bauteile überarbeitet und auf Sparsamkeit trimmt.

Zudem könnte man das 3D-Modell der Slot-Machine im Internet zur Verfügung zu stellen, damit andere Menschen ohne allzu viel Aufwand eine Slot-Machine aus dem Internet herunterladen und ausdrucken könnten.

## 8.0.2 Rückblick auf die Konstruktion des Automaten

Die Konstruktion der Slot-Machine lief sehr gut. Die Funktionen einer Slot-Machine konnten erfüllt werden und es gab keine grundlegende Probleme. Ich konnte wertvolle Erfahrungen im 3D-Druck und im Design von Bauteilen sammeln.

Herausfordernd war, dass der Zeitbedarf überraschend hoch war, da das Design der Bauteile und die Montage mehr Zeit brauchte als erwartet. Insbesondere die Montage war deutlich aufwendiger als gedacht. So musste zum Beispiel die Länge der Schnur, welche die Baugruppe Walzen und die Baugruppe Ausschüttung verbindet, äusserst genau sein, was das Verknüpfen anspruchsvoll und zeitaufwendig machte.

Ich war am Anfang aufgrund mangelnder Erfahrung noch unsicher und wusste dadurch nicht genau, wie ich anfangen sollte. Dies sieht man auch im nächsten Kapitel, bei der die Arbeitseinteilung beschrieben wird. Am Anfang war ich hinter dem Zeitplan, was ich dann



aber ab den Herbstferien aufgeholt habe.

Rückblickend hätte ich schon vor den Sommerferien beginnen sollen, einzelne einfache Bauteile zu konstruieren und auszudrucken und danach in den Sommerferien mein Wissen über den 3D-Druck und die Konstruktion zu vertiefen. Sehr gut war aber, dass ich seit dem Casino-Nachmittag der Jungschar im Herbst 2020 eine Slot-Machine bauen wollte und mir darum ab diesem Zeitpunkt auch Gedanken über deren Funktionsweise machte. Bei einer ähnlichen Arbeit will ich mich wieder möglichst früh gedanklich mit dem Thema befassen.

### **8.0.3 Arbeitseinteilung**

Der Arbeitsprozess lässt sich gut mithilfe der Abbildung 8.1 beschreiben. Die rote Linie zeigt an, wie viel Zeit ich in Minuten für dieses Projekt investiert habe, während die grüne Linie die Empfehlung der Schule zeigt, nämlich 4.5 Stunden pro Woche.

Insgesamt wurde während ab Mitte August bis Ende Dezember 228 Stunden in die Maturitätsarbeit investiert. Davon brauchte ich ungefähr 3 Stunden für die Aufgabenphase, 6 Stunden für die Konzeptphase, 71 Stunden für die Entwurfsphase, 65 Stunden für die Ausarbeitungsphase und 80 Stunden für die Dokumentationsphase. In meinem Arbeitsjournal habe ich die investierte Zeit dokumentiert. Die Ungenauigkeit schätze ich auf etwa 10%.

In Abbildung 8.0.3 ist die Empfohlene und die tatsächliche kumulierte Arbeitszeit in Stunden aufgeführt. Sie geht vom 16.8.2021 bis zum 28.12.2021. Arbeitszeit, vorher oder nachher, wird nicht angezeigt und wurde den einzelnen Phasen nicht zugerechnet.

---

<sup>1</sup>Mein Vater half mir beim Erstellen von diesem Diagramm

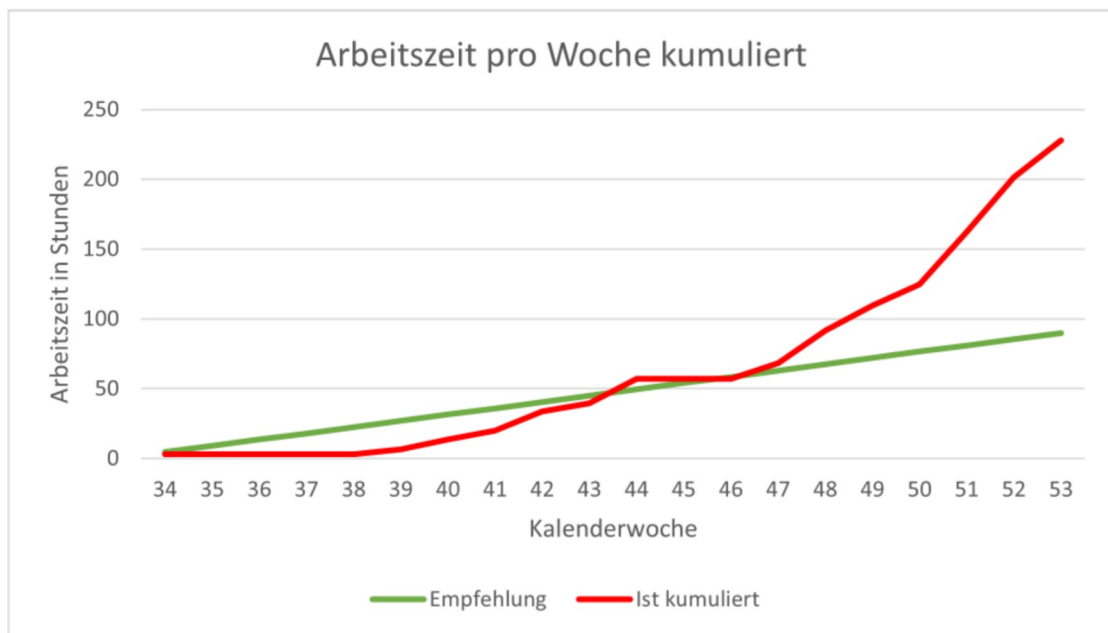


Abbildung 8.1: Diagramm des Arbeitsprozesses vom 16.8.2021 bis zum 28.12.2021 <sup>1</sup>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Fotografie der Slot-Machine . . . . .	2
3.1	eine Liberty Bell [1] . . . . .	8
3.2	Blick in das Innere eines Spielautomaten aus 1930[2] . . . . .	8
3.3	moderne Spielautomaten[6] . . . . .	9
4.1	Grundlegender Aufbau (Sketchbook) . . . . .	12
4.2	Beispiel Skizze . . . . .	13
4.3	Beispiel Extrusion . . . . .	13
4.4	Bild einer STL-Datei in Fusion 360 . . . . .	14
4.5	Bild von Cura . . . . .	16
4.6	Ultimaker 3 beim Ausdruck eines Bauteils . . . . .	18
4.7	Fotografie des Werkraums . . . . .	19
4.8	Markierung erstellen mithilfe einer technischen Zeichnung . . . . .	19
5.1	Explosivzeichnung der ausgedruckten Bauteile . . . . .	20
5.2	Nummerierung der Bauteile des Schachtes . . . . .	21
5.3	4 Versionen eines Bauteil der Baugruppe Schacht . . . . .	22
5.4	technische Zeichnung des Bauteil 1 der Baugruppe Schacht . . . . .	23
5.5	Fotografie des Bauteil 1 der Baugruppe Schacht . . . . .	23
5.6	technische Zeichnung des Bauteil 2 der Baugruppe Schacht . . . . .	24
5.7	Fotografie des Bauteil 2 . . . . .	24
5.8	technische Zeichnung des Bauteil 3 der Baugruppe Schacht . . . . .	25
5.9	technische Zeichnung des Bauteil 4 der Baugruppe Schacht . . . . .	26
5.10	Fotografie des Bauteil 4 der Baugruppe Schacht . . . . .	26
5.11	Rendering des Bauteil 5 der Baugruppe Schacht . . . . .	27
5.12	Fotografie des Bauteil 5 der Baugruppe Schacht . . . . .	27
5.13	technische Zeichnung des Bauteil 6 der Baugruppe Schacht . . . . .	28
5.14	Fotografie des hydraulischen Systems der Baugruppe Schacht . . . . .	28

5.15	Fotografie der Schenkelfeder . . . . .	29
5.16	Nummerierung der Bauteile der Walzen . . . . .	31
5.17	technische Zeichnung der Sperrklinke der Baugruppe Walzen . . . . .	32
5.18	technische Zeichnung der Walze 4 . . . . .	33
5.19	Technische Zeichnung der Walze 2,3,4 . . . . .	33
5.20	Fotografie der Baugruppe Walzen . . . . .	34
5.21	Fotografie der Walzen durch Guckfenster . . . . .	35
5.22	Nummerierung der Bauteile der Walzen . . . . .	36
5.23	technische Skizze des Trichter . . . . .	37
5.24	technische Skizze des Trichter . . . . .	38
5.25	Fotografie der Baugruppe Ausschüttung . . . . .	39
5.26	Fotografie der Falltüren . . . . .	40
5.27	Rendering des Schieber-Bauteil . . . . .	41
5.28	technische Skizze des Auswurfs . . . . .	42
5.29	Fotografie der Holzkiste . . . . .	43
8.1	Diagramm des Arbeitsprozesses vom 16.8.2021 bis zum 28.12.2021 <sup>2</sup> . . . . .	50

# Tabellenverzeichnis

6.1	Kostenkalkulation des Prototypen . . . . .	45
6.2	Kostenkalkulation einer weiteren Slot-Machine . . . . .	45

# Literatur

- [1] \*\*5¢ Charles Fey Liberty Bell Slot Machine. liveauctioneers. 22. Dez. 2021. URL: [https://www.liveauctioneers.com/item/56034589\\_-5-charles-fey-liberty-bell-slot-machine](https://www.liveauctioneers.com/item/56034589_-5-charles-fey-liberty-bell-slot-machine).
- [2] 1930's Watling-Bell Nickel Slot Machine. Dirk Bergstrom. 22. Dez. 2021. URL: <https://www.otisbean.com/projects/slot-machine/>.
- [3] 6061 Aluminum vs. PLA. MakeItFrom.com. 21. Dez. 2021. URL: <https://www.makeitfrom.com/compare/6061-1Mg1SiCu-3.3214-H20-A96061-Aluminum/Polylactic-Acid-PLA-Polylactide>.
- [4] Bundesgesetz über Geldspiele. Schweizerische Eidgenossenschaft. 22. Dez. 2021. URL: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2018/795/de>.
- [5] How is a Slot Machine's Payback Determined? knowyourslots. 22. Dez. 2021. URL: <https://www.knowyourslots.com/how-is-a-slot-machines-payback-determined/>.
- [6] How slots trick gamblers into losing more than they know. theconversation. 22. Dez. 2021. URL: <https://theconversation.com/how-slots-trick-gamblers-into-losing-more-than-they-know-32258>.
- [7] Informationen zum PLA Filament (Polylactide). Material4Print. 21. Dez. 2021. URL: <https://www.material4print.de/wissenswertes/infos-zum-pla-filament/>.
- [8] Jens Lienig. *Elektronische Gerätetechnik Grundlagen für das Entwickeln elektronischer Baugruppen und Geräte*. BerlinHeidelberg: Springer Vieweg, 2014, S. 7–8. ISBN: 978-3-642-40961-5.
- [9] Mechanical Binary Calculator. Youtube. 29. Dez. 2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=N6KjaGpcFKo>.
- [10] pva. filamentworld. 21. Dez. 2021. URL: <https://www.filamentworld.de/3d-druck-wissen/was-ist-pva/>.

- [11] *Slot Machine Vectors*. SVG Repo. URL: <https://www.svgrepo.com/vectors/slot-machine/>.
- [12] *Spielautomat*. Duden. 22. Dez. 2021. URL: <https://www.duden.de/node/170034/revision/431881>.
- [13] *The History Of Slot Machines*. Slot Machine Resource. 22. Dez. 2021. URL: <http://www.slot-machine-resource.com/slot-machine-history.htm>.
- [14] *Ultimaker 3 Dual-Extrusion 3D-Drucker*. wlw. 21. Dez. 2021. URL: <https://www.wlw.ch/de/pd/firma/dim3nsions-gmbh-1756529/produkte/ultimaker-3-dual-extrusion-3d-drucker-6292904>.
- [15] *Was ist CAD?* Business Systemhaus AG. 20. Dez. 2021. URL: <https://www.bsh-ag.de/it-wissensdatenbank/cad/>.
- [16] *Was ist eine STL-Datei?* Sculpteo. 20. Dez. 2021. URL: <https://www.sculpteo.com/de/3d-lernzentrum/erstellung-einer-druckbaren-3d-datei/was-ist-eine-stl-datei/>.
- [17] *Was ist erlaubt, was verboten?* Beobachter. 22. Dez. 2021. URL: <https://www.beobachter.ch/gesetze-recht/geld-und-glucksspiele-was-ist-erlaubt-was-verbotten>.
- [18] *What is FFF 3d printing*. Ultimaker. 21. Dez. 2021. URL: <https://ultimaker.com/de/learn/what-is-fff-fused-filament-fabrication-technology-for-3d-printing>.