



Höhere Technische Bundeslehranstalt Wien 3, Rennweg
Mechatronik
HTL Rennweg: Rennweg 89b
A-1030 Wien, Tel +43 1 24215-10, Fax DW 18

Diplomarbeit

Backflip Basti

ausgeführt an der
Höheren Abteilung für
Mechatronik
der Höheren Technischen Lehranstalt Wien 3 Rennweg

im Jahr 2020/21

von
Dominik Eminger

unter der Anleitung von
DI Martin Sommer, BSc

Wien, März 2021

1 Kurzfassung

Das Ziel des Backflip Basti Projekts war es, die Idee der Spielemodifizierung „Salto Sammy“ für den Spiele-Klassiker „Looping Louie“ fortzuführen und das Originalspiel im Arcade-Stil zu modernisieren und digitalisieren.

Dies sollte mit einer eigenen Motoransteuerung, neu entworfenen, 3D-gedruckten Teilen mit einer Anzeige, Tastern und einem Sensor funktionieren, der die Treffer automatisch erkennt und anzeigen lässt.

Die wichtigsten Anforderungen hierbei waren, den Motor mittels eines Motorcontrollers ansteuern zu können und damit die Geschwindigkeit zu ändern, das Einbauen eines Anzeigesystems für die derzeitigen Lebenspunkte des Spielers und das Erkennen eines Treffers, sowie die Umsetzung eines visuellen Hinweises bei einem Treffer.

Das Projekt wurde von Dominik Eminger umgesetzt, unter der Anleitung von DI Martin Sommer und mit der Unterstützung von Lukas Eminger als externem Betreuer.

Das Projekt wurde in 3 Hauptgruppen unterteilt, die **Mechanik und der 3D-Druck** für die Herstellung der Teile, die **Elektronik** für die Verknüpfung und Funktion der Hardware und die **Programmierung** für die Erstellung von Software, mit der die Elektronik angesteuert werden konnte. Diese konnten dann jeweils in zwei Untergruppen aufgeteilt werden, die Motoransteuerung und das Anzeigesystem. Das Anzeigesystem wurde mittels einer Lichtschranke realisiert, die einen Treffer erkennt und dies an einen Arduino Nano weiterleitet, welcher dann Leuchtdioden aufblinken lässt, die die Lebenspunkte des Spielers darstellen. Die Motorsteuerung funktioniert ebenfalls mit einem Arduino Nano. Dieser wurde in einer Elektronikbox verbaut, auf der sich Taster befinden, mit denen die Geschwindigkeit des Dreharms ausgewählt werden kann. Der Arduino steuert den Motor mittels eines Motorcontrollers dann mit der entsprechenden Geschwindigkeit an.

Das Hauptproblem des Projekts war ein schlecht eingeschätztes Risiko, die Lieferung des 3D-Druckers verzögerte sich um 2 Monate. Zusätzlich wurden manche Arbeitspakete vernachlässigt oder falsch geschätzt, was zu Zeitverlust und damit nicht erfüllten optionalen Zielen führte. Dennoch wurden alle Hauptziele erfüllt und das Projekt damit erfolgreich abgeschlossen.



2 Abstract

The objective of the Backflip Basti project was to expand on the idea of the game modification “Salto Sammy”, which originally modified the classic game of “Looping Louie”. This should be done by modernizing and digitalizing the original game in an arcade-like style.

The project was supposed to have its own motor control, newly designed, 3D printed parts which have a display, buttons, and a sensor, which automatically detects hits and shows them to the player.

The most important goals were, that the motor was to be controlled by a motor controller to change its speed, the implementation of a display system, which shows the current health points, and of a visual cue, to notify the player that they have been hit.

The project was executed by Dominik Eminger under the instructions of DI Martin Sommer and with the help of Lukas Eminger as an external supervisor.

The project was split into 3 main groups, the **mechanics and 3D printing** for the manufacturing of parts, the **electronics** for the connection and functionality of the project’s hardware and the **programming** for the creation of software, which controls the electronic components. These groups were then split into 2 subgroups each, the motor control, and the display system. The display system was realized via the use of a light barrier, which could detect a hit and give this information to an Arduino nano. The Arduino could then let light emitting diodes light up and blink, which represent the player’s current health points. The motor control also uses an Arduino nano, which was placed in an electronics box. On its front side are buttons, with which the speed of the spinning arm could be selected. The Arduino then sends a signal to the motor controller, which spins the motor at the selected speed.

The main problem of the project was a wrongly calculated risk, the delivery of the 3D printer was delayed by 2 months. Additionally, some work packages were neglected or misjudged, which led to a time loss and therefore not fulfilled optional goals. Nonetheless, all the main goals were fulfilled and the project was successfully completed.



3 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere,

- dass ich die gesamte Diplomarbeit selbstständig verfasst habe,
- dass ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe
- und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bzw. Hilfsmittel bedient habe.

Wien, am _____

Dominik Eminger: _____

4 Präambel

Die Inhalte dieser Diplomarbeit entsprechen den Qualitätsnormen für „Ingenieurprojekte“ gemäß § 29 der Verordnung des Bundesministers für Unterricht und kulturelle Angelegenheiten über die Reife- und Diplomprüfung in den berufsbildenden höheren Schulen, BGBl. Nr. 847/1992, in der Fassung der Verordnungen BGBl. Nr. 269/1993, Nr. 467/1996 und BGBl. II Nr. 123/97.

Betreuender Lehrer:

DI Martin Sommer, BSc



5 Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1	Kurzfassung	1
2	Abstract	2
3	Ehrenwörtliche Erklärung	3
4	Präambel	3
	Inhaltsverzeichnis	4
	Inhalt	4
5	Projektidee	7
5.1	Ausgangssituation	7
5.2	Beschreibung der Idee	7
6	Projektplanung	8
6.1	Projektziele	8
6.1.1	Hauptziele	8
6.1.2	Optionale Ziele	8
6.1.3	NICHT Ziele	9
6.2	Projektteam	9
6.3	Objekt-Struktur-Plan und Projekt-Struktur-Plan	10
6.4	Umfeldanalyse	11
6.4.1	Grafische Darstellung	11
6.4.2	Beschreibung der wichtigsten Umfelder	11
6.5	Zeitplan	12
6.5.1	Meilensteine	12
6.5.2	Arbeitsstunden pro Arbeitspaket	13
6.5.3	Arbeitsstunden gesamt	14
6.6	Risikomanagement	14
6.6.1	Beschreibung der wichtigsten Risiken	14
6.6.2	Risiko Gegenmaßnahmen	15
6.7	Kosten	16
7	Mechanik und 3D-Druck	16
7.1	Problemstellung	16
7.2	Lösungsansätze	17
7.3	Verwendete 3D-Druck Techniken	17
7.4	Rahmen	18



7.5	Elektronikbox und Deckel	19
7.5.1	Elektronikbox.....	19
7.5.2	Deckel	21
7.6	Spielarm und Hebel	21
7.6.1	Spielarm.....	21
7.6.2	Hebel	22
8	Elektronik	23
8.1	Problemstellung.....	23
8.2	Lösungsansätze	23
8.3	Elektronikbox	24
8.4	Spielarm	24
8.5	Komponenten	25
8.5.1	Arduino Nano	25
8.5.2	Motorcontroller.....	25
8.5.3	Taster	26
8.5.4	Leuchtdioden.....	26
8.5.5	Lichtschanke.....	27
8.5.6	Lautsprecher.....	27
8.6	Verkabelung.....	28
9	Programmierung	29
9.1	Problemstellung.....	29
9.2	Lösungsansätze	29
9.3	Motorsteuerung	30
9.3.1	Flussdiagramm	30
9.3.2	Zustandsdiagramm.....	30
9.3.3	Zustände	31
9.4	Anzeigesystem	33
9.4.1	Flussdiagramm	33
9.4.2	Zustandsdiagramm.....	33
9.4.3	Zustände	34
10	Lessons Learned	35
10.1	Allgemein	35
10.2	Mechanik	35
10.3	Elektronik.....	35



10.4	Programmierung.....	36
11	Quellenverzeichnis	36
12	Tabellenverzeichnis	36
13	Abbildungsverzeichnis.....	37
14	Anhang.....	38



6 Projektidee

6.1 Ausgangssituation

Das Projekt Backflip Basti basiert auf einem bereits bestehenden System, „Salto Sammy“, das den Spiele-Klassiker „Looping Louie“ modifiziert, um dem Spiel eine gewisse Unberechenbarkeit zu geben, was zu mehr Spannung und Spielspaß führt. Backflip Basti nimmt die Grundidee von Salto Sammy auf und führt diese noch weiter, indem das Spiel mittels Anzeigen und visuellem Feedback digitalisiert wird.

6.2 Beschreibung der Idee

Die Digitalisierung des Spiels erfolgt in mehreren Schritten. Zuerst soll das handelsübliche „Looping Louie“ Spiel mit einem Motorcontroller ausgestattet werden, um die Geschwindigkeit des Dreharms steuern zu können. Anschließend sollen die Lebenspunkte der Spieler, sogenannte HP, elektronisch erfasst und ausgewertet werden, um dann auf einer Anzeige zu erscheinen. Zusätzlich soll ein visueller Hinweis den Spieler alarmieren, wenn er HP verliert.

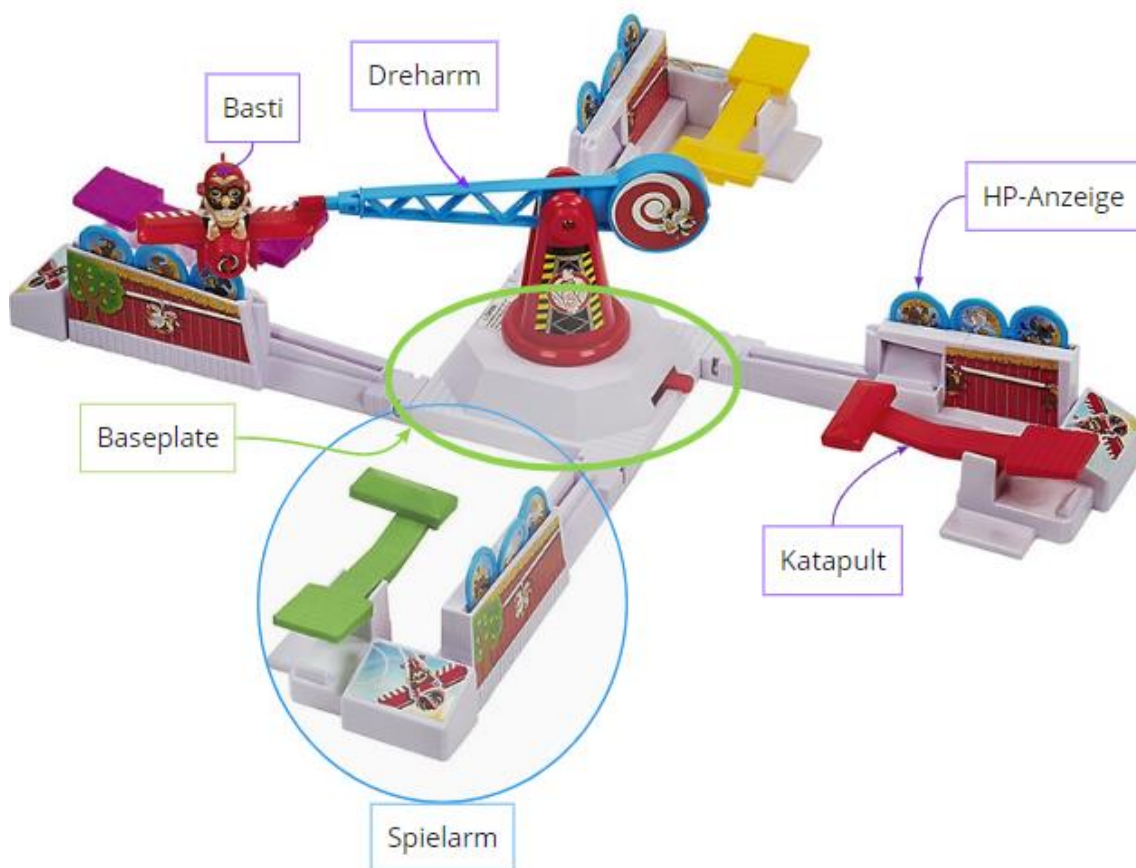


Abbildung 1: Visuelle Darstellung des Grundspiels und dessen Komponenten

7 Projektplanung

7.1 Projektziele

7.1.1 Hauptziele

RE-M 1	Einstellen unterschiedlicher Geschwindigkeiten des Dreharms mittels eines Motorcontrollers
RE-M 2	Elektronische Erfassung der Lebenspunkte (HP) der Spieler
RE-M 3	Einbau einer visuellen Anzeige der derzeitigen HP
RE-M 4	Einbau eines visuellen Hinweises bei Verlust von HP

Alle vier Hauptziele des Projekts wurden erfüllt. Angefangen mit RE-M 1 wurde ein Motorcontroller verwendet, der den Motor mittels einer H-Brücke ansteuert und so die Geschwindigkeit regeln kann. Dies lässt sich mittels Tastern auf der Elektronikbox einstellen. RE-M 2 wurde mittels einer Lichtschranke realisiert, die einen Verlust der HP erkennt und an einen Mikrocontroller weiterleitet. RE-M 3 und RE-M 4 wurden durch LEDs im Spielarm erfüllt, RE-M 4 spezifisch ist hierbei ein bemerkbares Blinken der LEDs.

7.1.2 Optionale Ziele

RE-O 1	Umbau des Katapults zu einer elektronischen Variante
RE-O 2	Einbau von Audiofeedback
RE-O 3	Implementation von verschiedenen Spielmodi oder Schwierigkeiten
RE-O 4	Implementation von Handicaps und Boni
RE-O 5	Einbau von Displays
RE-O 6	Implementation von Minispielen
RE-O 7	Erhöhung der Spieleranzahl

Die optionalen Ziele wurden zum Teil erfüllt. RE-O 2 wurde durch einen kleinen Lautsprecher in der Elektronikbox realisiert. RE-O 3 wurde teilweise erfüllt, da mit den 3 einstellbaren Geschwindigkeiten auch theoretisch 3 verschiedene Schwierigkeitsstufen existieren, jedoch



wurde dieses Ziel nicht noch weiterverfolgt. Da RE-O 5 nicht erfüllt wurde, wurden RE-O 4 und RE-O 6 ebenfalls nicht erfüllt, da das Display hierfür notwendig gewesen wäre. RE-O 7 wäre neben RE-O 2 das nächste optionale Ziel gewesen, da nur das 3D-Drucken und Verkabeln neuer Arme und eines Adapters für zusätzliche Arme notwendig gewesen wäre. Dies wurde auch aus zeitlichen Gründen nicht realisiert.

7.1.3 NICHT Ziele

- RE-N 1 Einbau eines Online-Modus
- RE-N 2 Entwicklung einer App
- RE-N 3 Veränderung des Dreharms
- RE-N 4 Rückwärtskompatibilität

7.2 Projektteam



Abbildung 2: Dominik Eminger

Dominik Eminger ist Projektleiter und verantwortlich für die Projektplanung, die Mechanik, Elektronik und Programmierung. Er wird extern unterstützt durch Lukas Eminger und als persönlicher Betreuer steht DI Martin Sommer zur Verfügung.



7.3 Objekt-Struktur-Plan und Projekt-Struktur-Plan

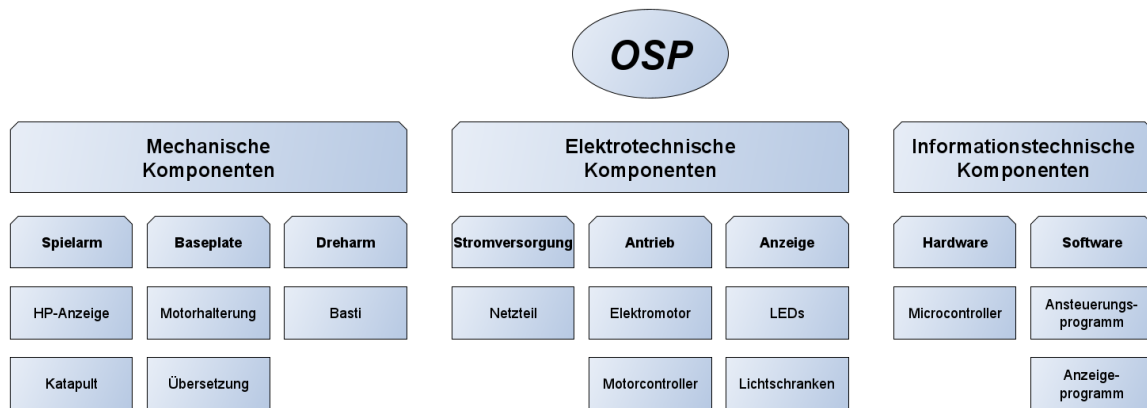


Abbildung 3: OSP Objekt-Struktur-Plan

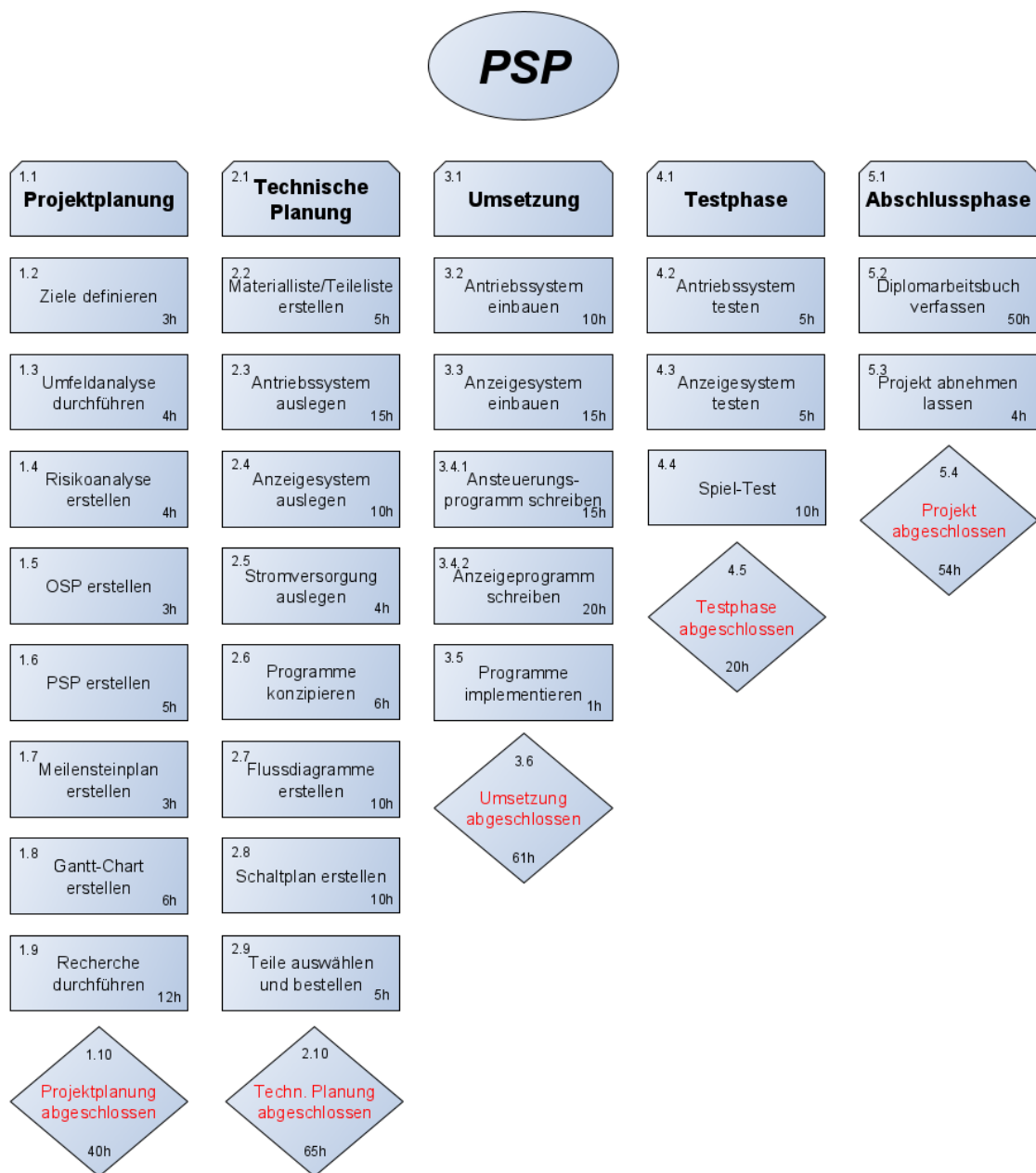


Abbildung 4: PSP Projekt-Struktur-Plan



7.4 Umfeldanalyse

7.4.1 Grafische Darstellung

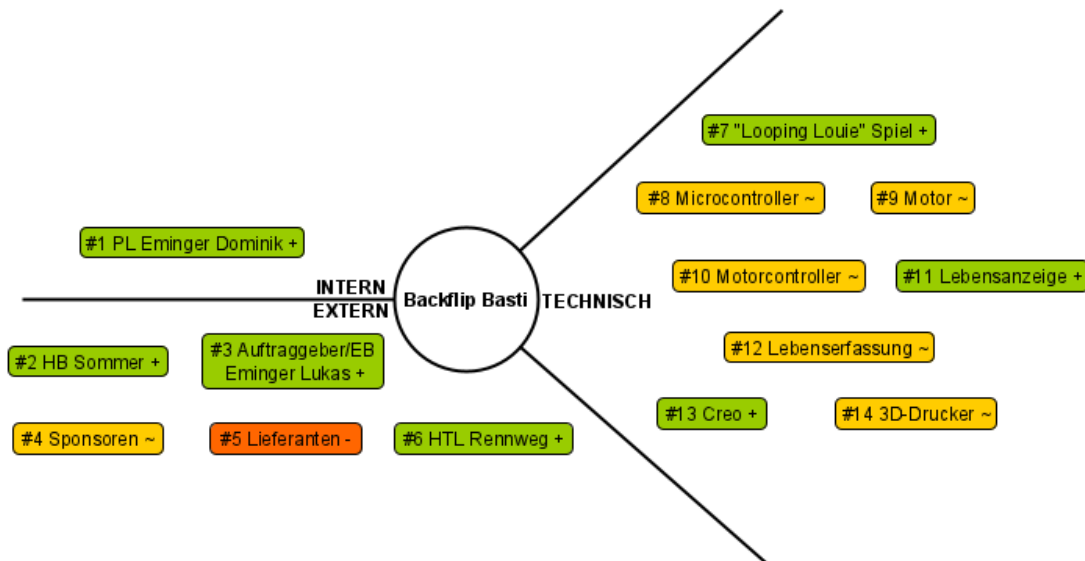


Abbildung 5: Umfeldanalyse

7.4.2 Beschreibung der wichtigsten Umfelder

#	Bezeichnung	Beschreibung	Bewertung
1	PL Eminger	Planung und Durchführung des Projekts	+
2	HB Sommer	Unterstützung bei Elektrotechnik und Programmierung	+
3	Auftraggeber/EB Eminger	Externe Betreuung bei 3D-Druck und Projektmanagement	+
4	Sponsoren	Eventuell kein Sponsoring	~
5	Lieferanten	Eventuell lange Lieferzeiten	-
6	HTL Rennweg	Bereitstellung von Räumlichkeiten	+
7	„Looping Louie“-Spiel	Wichtiger Bestandteil	+
8	Microcontroller	Wichtiger Bestandteil	~
9	Motor	Wichtiger Bestandteil	~
10	Motorcontroller	Wichtiger Bestandteil	~
11	Lebensanzeige	Wichtiger Bestandteil	+
12	Lebenserfassung	Wichtiger Bestandteil	~
13	Creo	CAD-Modellierung von 3D-Druck-Teilen	+
14	3D-Drucker	Wichtiges Werkzeug	~

Tabelle 1: Beschreibung der Umfelder



7.5 Zeitplan

7.5.1 Meilensteine

Geplantes Datum	Tatsächliches Datum	Meilenstein
15.11.2020	15.11.2020	Projektplanung abgeschlossen
25.11.2020	23.11.2020	Diplomarbeitsantrag eingereicht
09.12.2020	07.12.2020	Anzeigesystem ausgelegt
23.12.2020	07.01.2021	Technische Planung abgeschlossen
13.01.2021	01.01.2021	Anzeigesystem eingebaut
27.01.2021	03.01.2021	Programme implementiert
27.01.2021	09.03.2021	Umsetzung abgeschlossen
10.02.2021	12.03.2021	Testphase abgeschlossen
03.03.2021	21.03.2021	Diplomarbeitsbuch komplett verfasst
17.03.2021	24.03.2021	Projektabschluss
26.03.2021	25.03.2021	Abgabe des Korrektorexemplars
19.05.2021	19.05.2021	Defensio

Tabelle 2: Meilensteine

Die Meilensteine wurden bis zur Implementierung der Programme weitestgehend eingehalten, wonach sich ein größerer Abstand zum nächsten Meilenstein befindet. Dieser Abstand ist hauptsächlich durch die große Lieferverzögerung des 3D-Druckers entstanden, der das Prototyping und Erstellen der 3D-Druck Teile sowie den Einbau der Elektronik in diese Teile nach hinten verschob. Jedoch konnte dies durch das frühzeitige Fertigstellen der Testprogramme in einem Testaufbau zumindest teilweise aufgeholt werden.



7.5.2 Arbeitsstunden pro Arbeitspaket

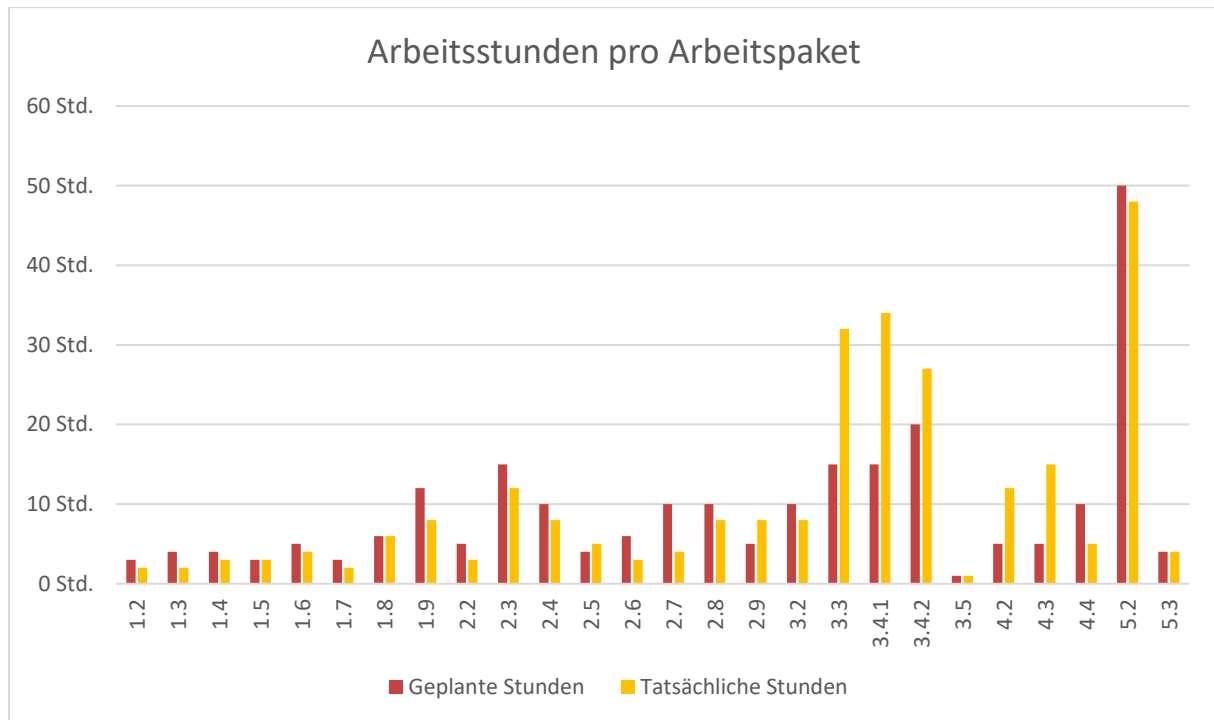


Abbildung 6: Arbeitsstunden pro Arbeitspaket

Die im Diagramm dargestellten Arbeitspakete sind im *Kapitel 7.3 OSP und PSP* in *Abbildung 4: PSP* zu finden. Die meisten Arbeitspakete wurden recht gut eingeschätzt und größtenteils schneller als geplant abgeschlossen, mit einigen Ausnahmen. Am auffälligsten sind hierbei Arbeitspakete 3.3, 3.4.1 und 3.4.2, das Schreiben der Ansteuerungs- und Anzeigeprogramme und das Einbauen des Anzeigesystems. Die Programmierung unterlief mehreren Versionen pro Programm und war durch mehrmaliges Korrigieren des Codes zeitaufwändiger als geplant. Beim Einbauen des Anzeigesystems zeigte sich ein Denkfehler in der Planung, da nicht bedacht worden war, dass dieses Arbeitspaket einmal pro Spielarm, also in Summe viermal durchzuführen wäre.

Für Arbeitspakete 4.2 und 4.3, das Testen der Systeme, wurde ebenfalls etwas mehr Zeit in Anspruch genommen, um sicherzustellen, dass keine Fehler vorliegen.

Hierbei ist noch erwähnenswert, dass das Designen und Drucken der 3D-Druck Teile ebenfalls ein sehr umfangreiches Arbeitspaket darstellte, welches in der Planung vernachlässigt wurde, jedoch einen großen Teil des Projekts ausmachte.



7.5.3 Arbeitsstunden gesamt

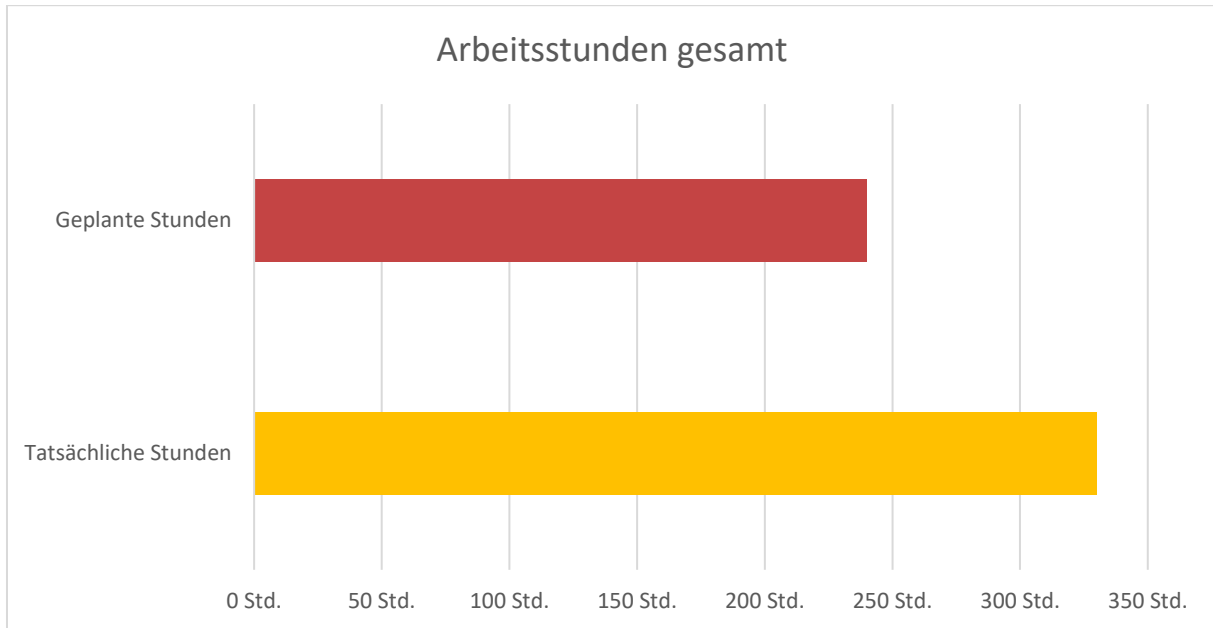


Abbildung 7: Arbeitsstunden gesamt

Die Planung der Arbeitsstunden war grundsätzlich recht realistisch, wenn nicht das Arbeitspaket des Designen und Druckens der 3D-Druck Teile in der Planung gefehlt hätte. Dieses hat zirka 60 Stunden in Anspruch genommen, die Druckzeit selbst wurde hierbei nicht miteinberechnet. Unabhängig davon wurde die Planung um ungefähr 20 Stunden überschritten.

7.6 Risikomanagement

7.6.1 Beschreibung der wichtigsten Risiken

#	Bezeichnung	Beschreibung des Risikos	P	A	RF
4	Sponsoren	Höhere Kosten, falls kein Sponsoring	70	20	1400
5	Lieferanten	Verspätungen bei Lieferzeiten	60	80	4800
8	Microcontroller	Komplikationen mit Programmierung/Elektrotechnik	65	75	4875
9	Motor	Unpassender Motor	35	80	2800
10	Motorcontroller	Komplikationen mit Ansteuerung	50	70	3500
12	Lebenserfassung	Eventuelle Hardware-Probleme	60	30	1800
14	3D-Drucker	Eventuelle Störungen oder Ungenauigkeiten	40	80	3200

Tabelle 3: Beschreibung der wichtigsten Risiken



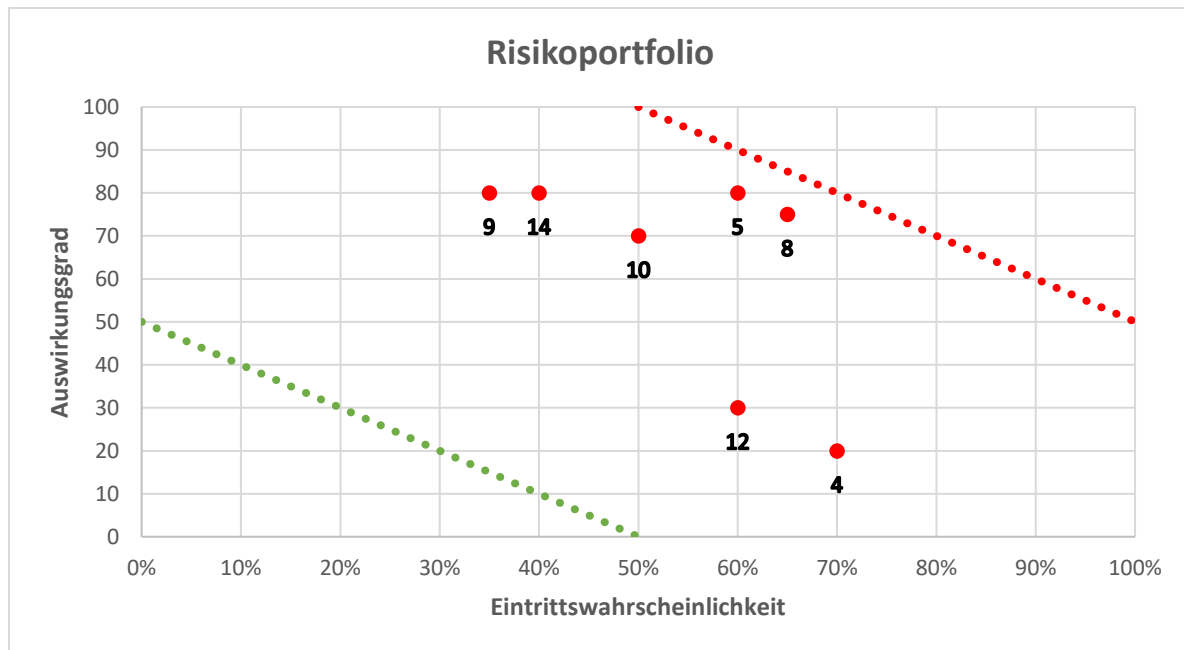


Abbildung 8: Risikoportfolio

Von den geplanten Risiken sind nur wenige tatsächlich eingetreten. Das Hauptproblem war die Lieferzeit des Druckers, welches unter Risiko 5 fällt. Risiko 1 trat ebenfalls ein, jedoch war dies kein Problem, da das etwas höhere Budget durch Eigenkosten abgedeckt werden konnte.

7.6.2 Risiko Gegenmaßnahmen

#	Bezeichnung	Gegenmaßnahme
4	Sponsoren	Viele Sponsoren anfragen bzw. Budget gut einteilen
5	Lieferanten	Frühzeitig bestellen und zuverlässige Lieferservices benutzen, Pufferzeiten miteinberechnen
8	Microcontroller	Gute Planung bei problematischen Gebieten und schnelles Reagieren, falls Probleme auftreten
9	Motor	Rechtzeitige und gut überlegte Auslegung und Auswahl
10	Motorcontroller	Simplen Motorcontroller auswählen, um Komplikationen zu vermeiden
12	Lebenserfassung	Frühe und häufige Testphasen, um Hardware-Probleme schnellstmöglich zu entfernen
14	3D-Drucker	Anderen 3D-Drucker verwenden

Tabelle 4: Risiko-Gegenmaßnahmen



7.7 Kosten

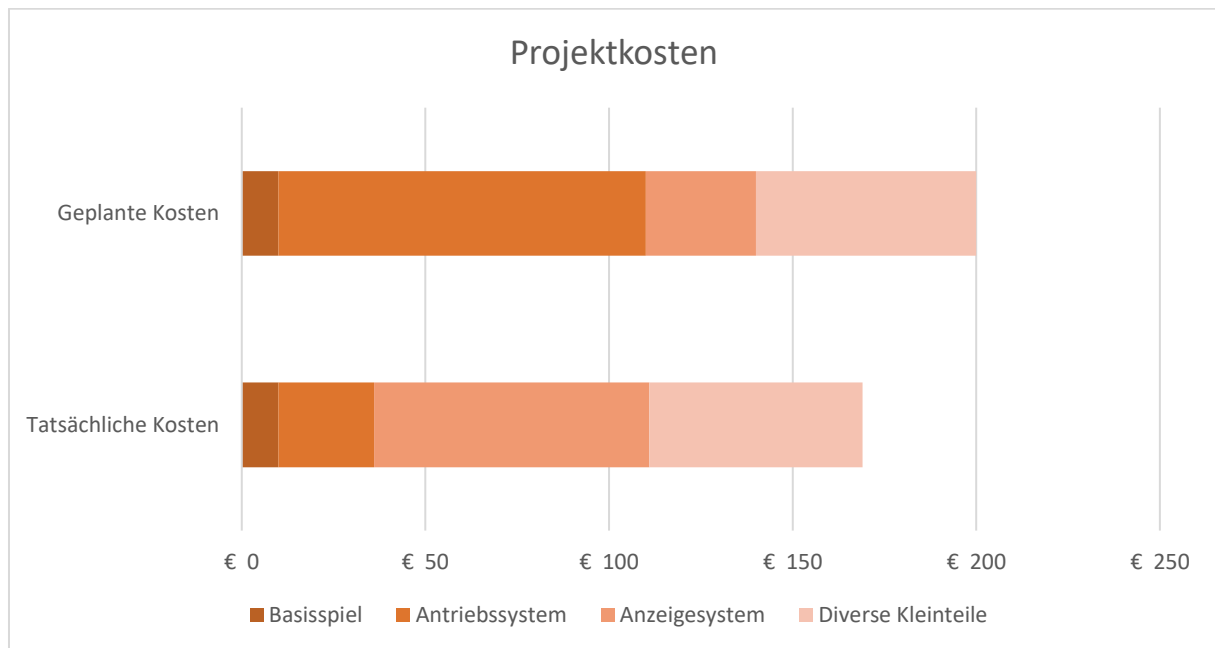


Abbildung 9: Projektkosten

Die Kostenplanung wurde eher grob gerechnet, da zum Zeitpunkt der Planung noch nicht klar war, welche Teile tatsächlich Verwendung finden würden. Daher kommen auch die Abweichungen sowohl im Antriebssystem als auch im Anzeigesystem. Die Planung wurde auf einen neu gekauften Motor im Antriebssystem ausgelegt, welcher im Endeffekt nicht notwendig war und auf einen einzigen Mikrocontroller im Anzeigesystem, wovon im Endeffekt mehrere verwendet wurden. Die Schätzung der Basisspiel- und Kleinteilkosten war jedoch ziemlich akkurat.

8 Mechanik und 3D-Druck

8.1 Problemstellung

Es musste einerseits der Spielarm neu entworfen werden, um die Elektronik darin unterbringen- und den bestehenden Hebel darauf montieren zu können. Zusätzlich musste eine Möglichkeit gefunden werden, den neuen Spielarm auf der modifizierten Baseplate anzubringen. Die Spielarme sollten einfach von der Baseplate abnehmbar sein, um den Transport des gesamten Spiels zu vereinfachen. Zuletzt musste noch Platz für die Elektronik der Motorsteuerung gefunden werden.

Diese Bestandteile sollten mittels eines Prusa Mini 3D-Druckers gedruckt werden. Wie der Name impliziert, hat der Mini eine recht kleine Druckfläche mit nur 18x18cm, dementsprechend musste dies im Design der Teile berücksichtigt werden.



8.2 Lösungsansätze

Es stellte sich rasch heraus, dass ein neuer Motor und somit eine neue oder modifizierte Baseplate nicht erforderlich sind. Dadurch entstand der erste Lösungsansatz, die neuen Spielarme direkt mit der ursprünglichen Baseplate zu verbinden. Da dies die Verkabelung jedoch erschwert hätte, wurde diese Idee wieder verworfen und nach Alternativen gesucht.

Somit entstand die Idee eines Rahmens, der die bestehende Baseplate einfasst und leichte Verbindungspunkte für die Spielarme als auch Platz für deren Verkabelung bietet. Da die Baseplate nicht mehr verändert wurde, musste ein neuer Platz für die Elektronik der Motorsteuerung gefunden werden. Dies wurde mittels einer schlichten Elektronikbox realisiert, die ebenfalls am Rahmen angebracht werden sollte.

8.3 Verwendete 3D-Druck Techniken

Es wurde beim Entwurf der 3D-Druck Teile Wert auf leichte Druckbarkeit und Minimierung des verbrauchten Druckmaterials gelegt, um das Prototyping einfach zu halten. Dies wurde auch mit dem externen Betreuer Lukas Eminger besprochen, der hierbei gute Tipps geben konnte.

Als Hauptverbindungsart zwischen den 3D-Druck Teilen wurde eine simple Schwalbenschwanz-Steckverbindung gewählt. Durch die präzisen Eigenschaften des Druckers war es möglich, verschiedene Passungen im 0.05mm Bereich zu testen und für die dementsprechende Anwendung zu wählen.

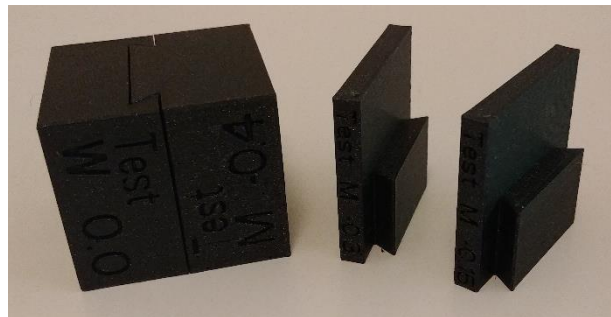


Abbildung 10: Verschiedene Tests der Schwalbenschwanzverbindungen

So wurde beispielsweise für die Verbindung zwischen Spielarm und Rahmen, welche oft getrennt und wieder verbunden werden soll, eine Spielpassung gewählt, während für die Elektronikbox am Rahmen, welche nicht wieder getrennt werden sollte, eine Presspassung besser war.

Der große Vorteil der Fertigung der Teile durch 3D-Druck war das Prototyping und die Fähigkeit, schnell in der Entwicklung voranzukommen, ohne einen bemerkbaren Arbeitsaufwand in der Herstellung zu haben. Dies wurde vor allem in den Spielarmen und im dazugehörigen Hebel genutzt, da diese nicht zu sehr vom Original abweichen konnten, aber auch viele Veränderungen mit sich bringen mussten, um Platz für die Elektronik zu schaffen.



Ein weiteres Feature, das beim FDM-3D-Druckverfahren eher einzigartig ist, ist die Möglichkeit, Teile in einen laufenden Druck einzubauen und diese damit einfach in den Druck zu integrieren. Das Slicer-Programm der Firma Prusa (*PrusaSlicer*) bietet eine Druckpause als Tool für genau solche Anwendungen. Dies wurde beim Projekt hauptsächlich in der Elektronikbox verwendet, um Sechskantmuttern in den Druck zu integrieren, welche als Basis für Schraubverbindungen dienen.

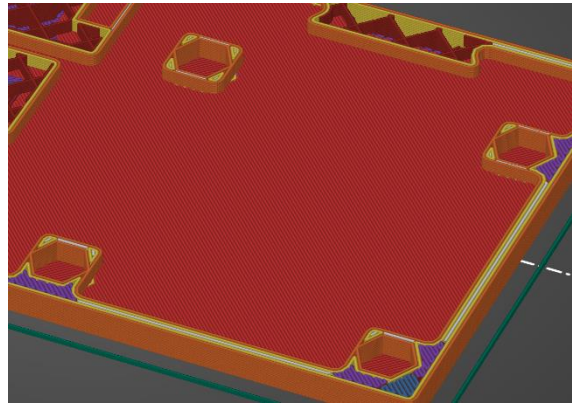


Abbildung 11: Schnitt der Elektronikbox im PrusaSlicer

8.4 Rahmen

Zuerst wurde der Rahmen entworfen, in dem Platz für die Verkabelung vorhanden sein sollte und der mit der Baseplate verbunden wird.

Die erste Version war recht nah an der finalen Version. Die Verbindungen für die Spielarme wurden mittels einer Schwalbenschwanzverbindung realisiert, ebenso wie die Verbindung für die Elektronikbox, jedoch wurde für die Elektronikbox eine engere Toleranz gewählt, da diese nicht leicht entfernbar sein sollte. Das Design der Verbindungspunkte der Baseplate basiert auf den Steckverbindungen der Arme des Originalspiels.

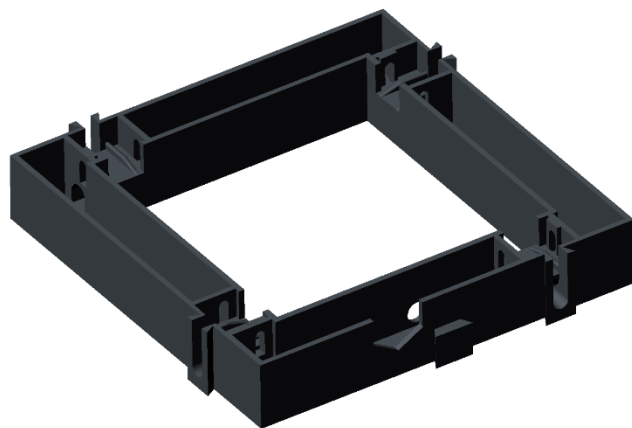


Abbildung 12: Rahmen Version 1

Es wurden unterhalb der Verbindungspunkte für die Baseplate Öffnungen für die Kabel entworfen, um als Kabelkanäle zu dienen, die die Verbindungsstecker der Spielarme nach außen führen.

Diese Version wurde jedoch verworfen, da festgestellt wurde, dass die Verbindungspunkte für die Baseplate,

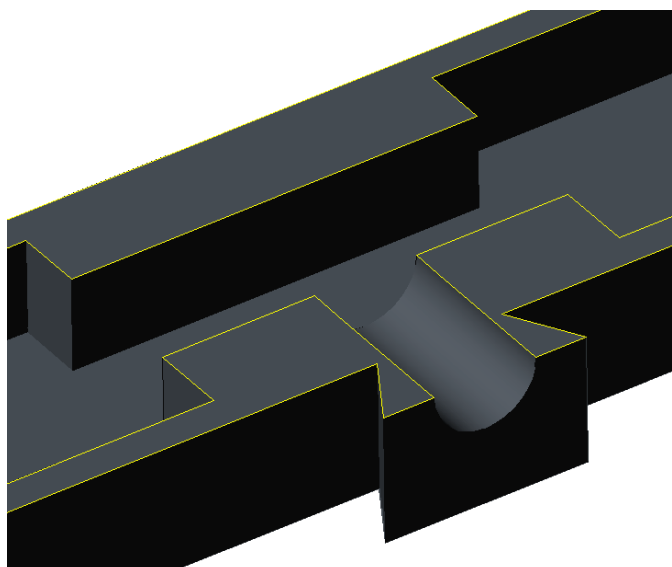


Abbildung 13: Rahmen Schnittansicht Kabelkanäle

und somit auch die der Spielarme falsch positioniert waren.

Die zweite Version behob dieses Problem, ebenso wurden leichte Veränderungen in den Toleranzen der Schwalbenschwanzverbindungen vorgenommen.

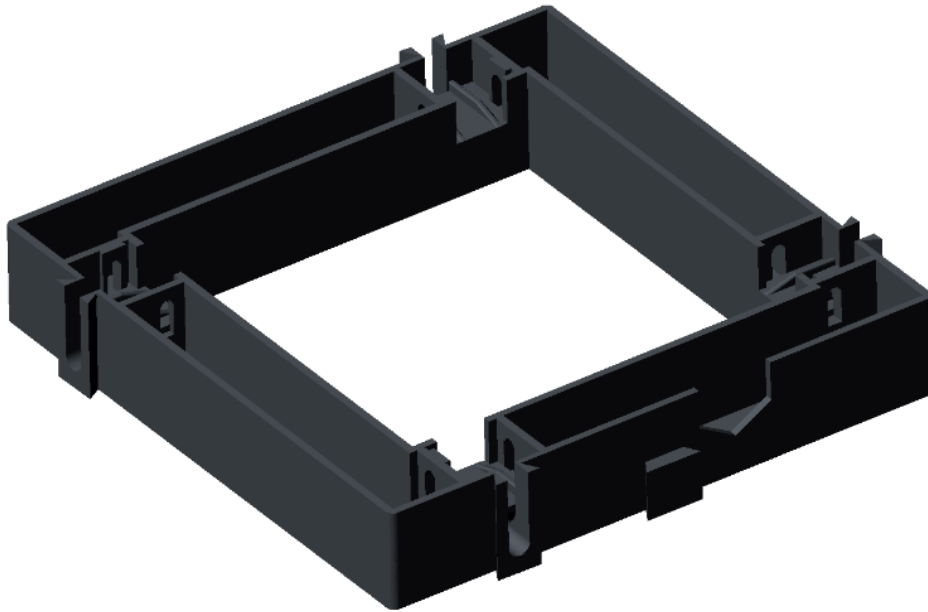


Abbildung 14: Rahmen Version 2

8.5 Elektronikbox und Deckel

8.5.1 Elektronikbox

Die Elektronikbox war der zweite Teil, der entworfen wurde. Es waren durch den Drehradius des Dreharms und der Maße des Spielarms bereits maximale Maße bekannt, die Breite der Elektronikbox wurde dem Rahmen angepasst. Da in der Elektronikbox die meisten Bauteile auf eher engem Raum eingebaut waren, war diese vom Designstandpunkt das aufwändigste Teil. Deswegen wurde bei der Elektronikbox auch eine Baugruppe mit den Elektronikbauteilen erstellt, die zirka die Maße der Originalteile hatten, um sicherzustellen, dass alle Teile ohne Probleme in der Box Platz finden.

Die erste Version der Elektronikbox wurde nach der ersten, nicht passenden Version des Rahmens entworfen, dementsprechend musste die Box ebenfalls umgeändert werden, um mit dem neuen Rahmen kompatibel zu sein.

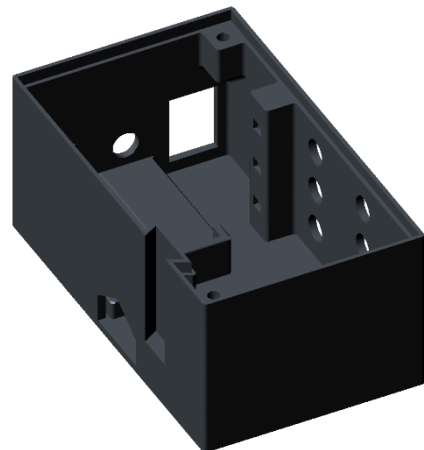


Abbildung 15: Elektronikbox Version 1



Mit der zweiten Version der Elektronikbox wurde dies wieder behoben. Da die erste Version nie gedruckt wurde, fanden auch keine Ausbesserungen statt, die auf den Drucker spezifisch ausgerichtet waren.

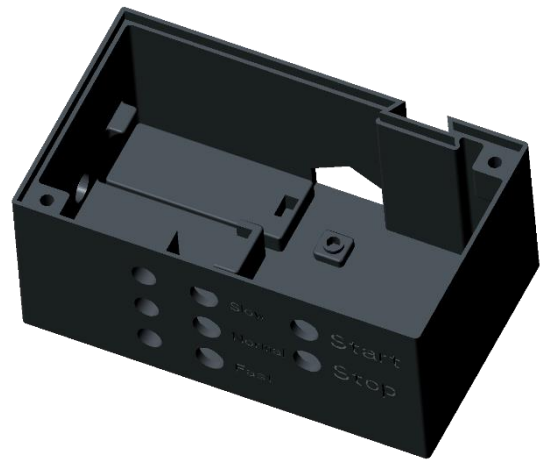


Abbildung 16: Elektronikbox Version 2

Die Box wurde größtenteils so entworfen, dass die Elektronikteile darin einfach einzubauen sind und es wurde vermieden, diese zusätzlich befestigen zu müssen, beispielsweise mit Klebmaterial oder Schrauben. Die Ausnahmen hierfür sind die Leuchtdioden neben den Tastern (*Abbildung 17, violett*), welche mit Heißkleber in den dafür vorgesehenen Öffnungen befestigt wurden sowie der Motorcontroller (*Abbildung 18, grün*), welcher mit den eingesetzten M3 Muttern und Schrauben befestigt wurde.

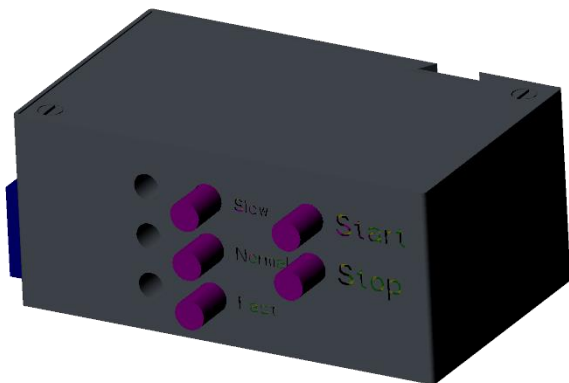


Abbildung 17: Elektronikbox mit groben Teilen und Deckel

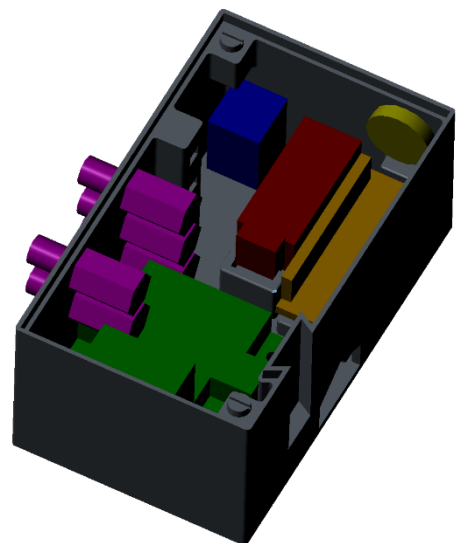


Abbildung 18: Elektronikbox mit groben Teilen und Einsicht in Box

8.5.2 Deckel

Der Deckel der Elektronikbox hatte bei der ersten Version keine größeren Funktionsprobleme. Es fiel allerdings auf, dass die Lautstärke des Lautsprechers nicht optimal durchdrang und dass der Deckel teilweise etwas schwierig zu entfernen war.

Somit wurden in der zweiten Version ein Gitter im Deckel für den Lautsprecher sowie ein seitlicher Schlitz für leichteres Anheben des Deckels eingefügt. Ebenso wurden die Öffnungen für die M3 Schrauben etwas vergrößert, damit die Schrauben leichter gedreht werden können.

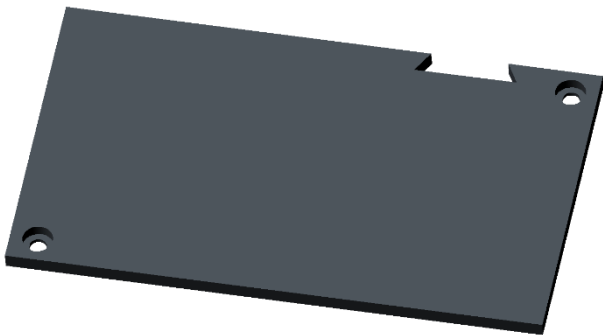


Abbildung 19: Deckel der Box, Version 1

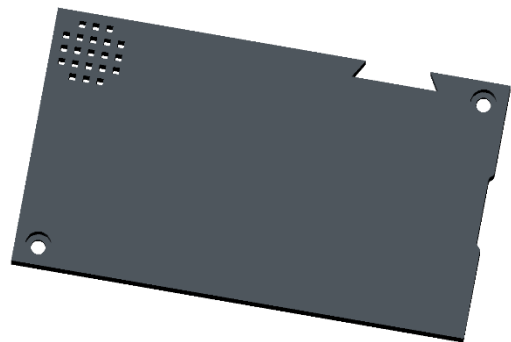


Abbildung 20: Deckel der Box, Version 2

8.6 Spielarm und Hebel

8.6.1 Spielarm

Der Spielarm wurde zwar als erstes Teil entworfen, aber die fertige Version 1 wurde erst nach den anderen Teilen konstruiert. Es wurde hierbei mit verschiedenen Konzepten gearbeitet, schlussendlich wurde jedoch das Konzept eines dünnen Spielarms umgesetzt, an dem der Hebel mittels einer Schwalbenschwanzverbindung angebracht wird. Dieses war auch das Konzept mit dem geringsten Materialverbrauch.

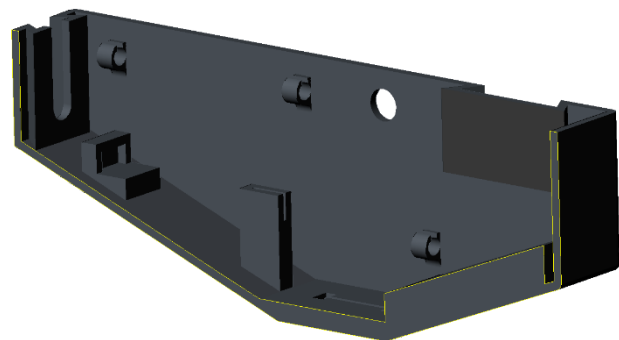


Abbildung 21: Spielarm Version 1

Nach dem ersten Druck wurde festgestellt, dass die Kabelführungsschlaufen zu dünn waren und leicht abbrechen. Auch war die Position für die Öffnung des Tasters schlecht gewählt, da dieser quer nicht in den Spielarm passen würde.



In der zweiten Version des Spielarms wurden basierend auf den Erfahrungen des ersten Drucks die Schlaufen für die Kabel vergrößert und verstärkt, sowie die Öffnung für den Taster an die Vorderseite des Arms gesetzt. Zusätzlich dazu wurden noch kleinere Veränderungen vorgenommen, wie das Verlängern des Schwalbenschwanzes auf der Innenseite, um unnötiges Stützmaterial im Druck zu vermeiden.

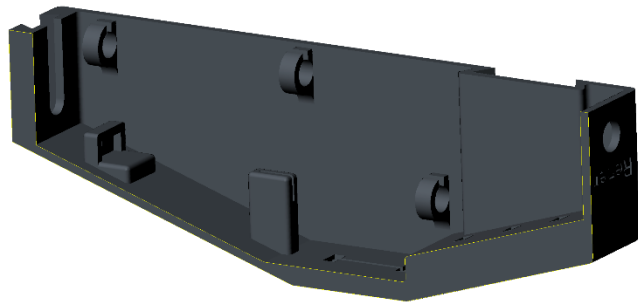


Abbildung 22: Spielarm Version 2

8.6.2 Hebel

Die Halterung des Hebels wurde sehr stark an das Design des Originalspiels angelehnt, da dieser Teil mit dem originalen Spielehebel funktionieren sollte. Es wurden daher hauptsächlich die Maße des Originals übernommen und an den Spielarm angepasst.

Jedoch wurden für die Hebelhalterung allein im Endeffekt 3 verschiedene Versionen gedruckt, da die geringe Wandstärke beim Verbindungspunkt für Probleme sorgte. Das im Spiel verwendete ABS ist wesentlich stärker als 3D-gedrucktes PLA, deswegen musste hier mit verschiedenen Wandstärken getestet werden, bis eine passende gefunden wurde.

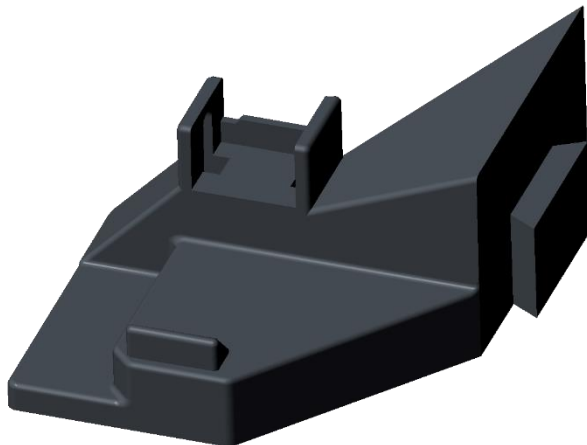


Abbildung 23: Hebelhalterung Version 3



Abbildung 24: Druck der Hebelhalterung, Version 2; geringe Wandstärke führte zu Bruch

9 Elektronik

9.1 Problemstellung

Um den Motor ansteuern zu können, musste ein passender Motorcontroller gewählt werden. Es musste auch ein Konzept für die visuelle Anzeige und den visuellen Hinweis erstellt und getestet werden, sowie für die elektronische Erfassung der HP.

Zuletzt mussten die fertigen Systeme in die 3D-Druckteile eingebaut werden.

9.2 Lösungsansätze

Zuerst wurde an einer Lösung für den Spielarm gearbeitet, da dieser für das Testen des Konzepts vorerst wichtiger war. Es wurde entschieden, die visuelle Anzeige vorerst mit Leuchtdioden zu realisieren und später eventuell noch auf ein anderes Display umzusteigen. Der visuelle Hinweis sollte dann über das Programm hinzugefügt werden. Die elektronische Erfassung sollte mittels einer Lichtschranke geschehen, durch den sich der „fliegende Basti“ auf dem Dreharm bewegt.

Da beim Originalspiel der Lebensverlust mit einer Münze dargestellt ist, die nach Kontakt mit dem Flieger nach unten fällt, wurde die Münze für den Testaufbau durch die Lichtschranke ersetzt und Leuchtdioden am Arm angebracht, um die visuelle Anzeige zu testen.

Der Testaufbau war auch für die Mechanik sehr hilfreich, da die genaue Position der Lichtschranke für den neuen Spielarm somit gemessen und festgelegt werden konnte. Andere Maße, wie die Position des Hebels, die sich ebenfalls nicht ändern sollte, konnten auf diese Weise auch gemessen werden.

Nach dem Testaufbau wurde die Elektronikbox entwickelt. Sie führte den Motorcontroller mit dessen Ansteuerung zusammen, welche mittels Tastern realisiert wurde, mit denen die Geschwindigkeit auswählbar ist. All dies sollte über einen Arduino Nano gesteuert werden.

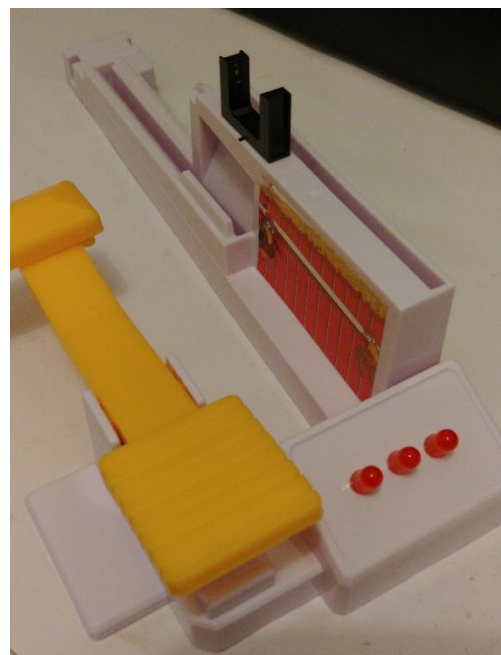


Abbildung 25: Testaufbau des Spielarms

9.3 Elektronikbox

Die Elektronikbox ist das Herzstück der Elektronik. Auf der linken Seite befinden sich der Hauptschalter und die Buchse für den Netzteilstecker, welcher das System mit 7,5 V Gleichstrom versorgt. Der Motorcontroller wandelt diesen für den Arduino und die Spielarme mittels eines integrierten Spannungsreglers in 5 V um. An der Vorderseite befinden sich die Taster für die Motorsteuerung sowie Leuchtdioden, die als Anzeige für die jeweils gewählte Geschwindigkeit dienen.



Abbildung 26: Elektronikbox

9.4 Spielarm

Der Spielarm wurde ähnlich wie die Elektronikbox mit einem Arduino Nano für das Auslesen der Werte und Steuern der Leuchtdioden ausgestattet. Es war ursprünglich geplant, nur einen Arduino für das gesamte Projekt zu verwenden und die Datenübertragung der Sensoren und LEDs anders zu regeln. Da der Arduino aber zu wenige I/O Pins hat, wurde pro Spielarm ein Arduino verbaut, der für den jeweiligen Arm zuständig ist, um auch Zeit in der Programmierung zu sparen.

Auf der Oberseite des Spielarms befindet sich eine Lichtschranke, die den Verlust von HP erkennt, wenn „Basti“ die Lichtschranke durchkreuzt. Somit wird ein Signal an den Arduino geschickt, welcher über die LEDs die derzeitigen Leben ausgibt. Zusätzlich dazu ist auf der Vorderseite des Spielarms ein „Reset-Button“, der die Lebenspunkte auf 3 HP zurücksetzt. Dies wurde der Einfachheit halber eingefügt, um das Testen zu erleichtern. Die Alternative wäre gewesen, die Leben automatisch zurückzusetzen, nachdem sie null erreicht haben, jedoch wurde beim Testen empfunden, dass dies den Spielfluss unterbricht, also wurde der Taster auch für die finale Version übernommen.

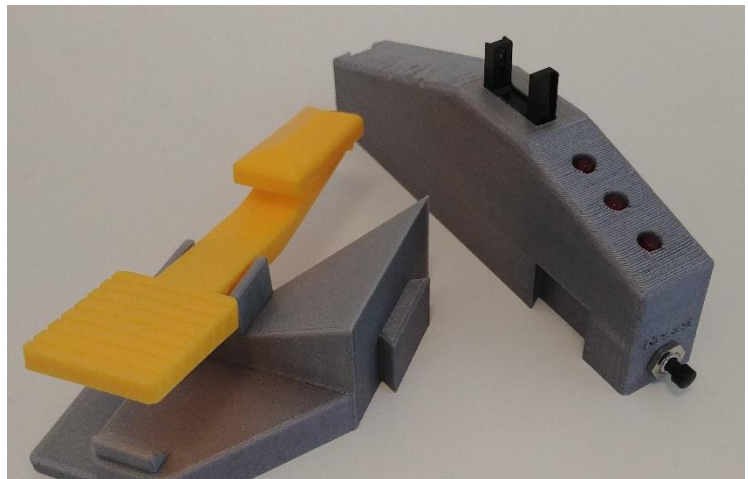


Abbildung 27: Spielarm mit Hebel

9.5 Komponenten

9.5.1 Arduino Nano

Der Arduino Nano ist der wichtigste Teil in der Elektronik, da er über einen Mikrocontroller verfügt, mit dem das ganze System angesteuert wird. Aufgrund seiner einfachen Programmierweise und ausreichenden Anzahl an In- und Output-Pins wurde er gewählt.

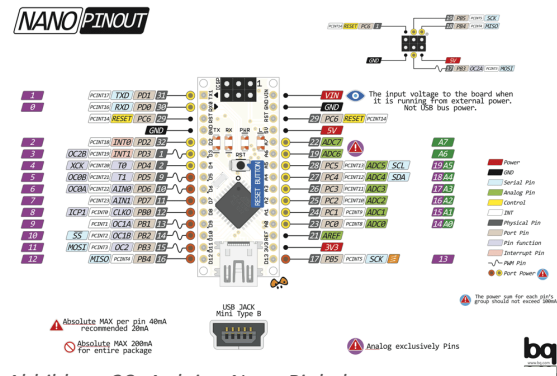


Abbildung 28: Arduino Nano Pinbelegung

Technische Daten	
Mikrocontroller	ATMega328P-AU
Betriebsspannung	5 V
Versorgungsspannung	7-12 V
Digitale I/O Pins	22 (6 davon PWM)
Analoge I/O Pins	8
Speicher	32 kB/ EEPROM 1 kB
Taktfrequenz	16 MHz

Tabelle 5: Technische Daten Arduino Nano

9.5.2 Motorcontroller

Für den Motorcontroller wurde der L298N gewählt, da dieser bereits vorhanden war und in einem ähnlichen Projekt verwendet wurde. Dieser Motorcontroller wird öfter mit Arduinos verwendet, da ein eingebauter Spannungsregler 5 V für den Mikrocontroller ausgibt.

Der Motorcontroller ist darauf ausgelegt, Motoren von 5-35 V anzusteuern. Der Motor des Looping-Louie Spiels wird mit 2 AA-Batterien betrieben und bekommt somit zirka 3 V Spannung. Da der Motor über ein PWM-Signal angesteuert wird und die Geschwindigkeit einstellbar ist, ist dies ausreichend für das Projekt.

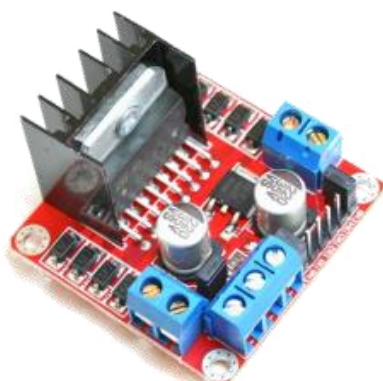
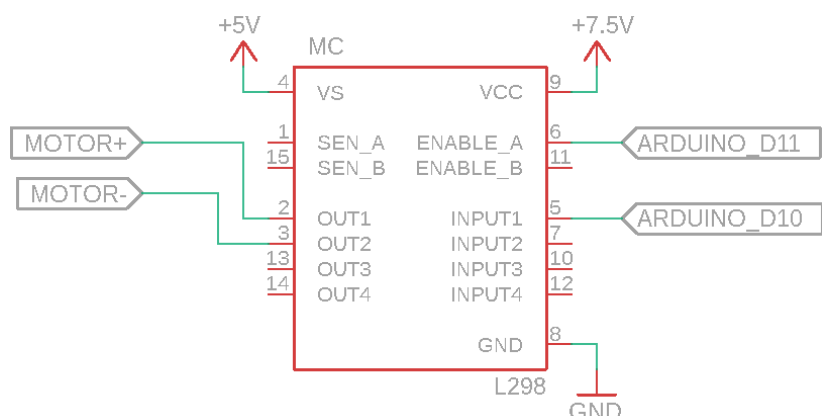


Abbildung 29: Motorcontroller L298



Technische Daten	
Versorgungsspannung	3,2-40 V
Ausgangsspannung	5-35 V
Betriebsstrombereich	0-36 mA
Maximalstrom	2 A

Tabelle 6: Technische Daten L289N

9.5.3 Taster

Für die Taster wurde der TC-MT250 gewählt, da er passende Maße hat und für die Anwendung im Projekt mehr als ausreichend ist.

Der Taster benötigt für eine optimale Funktionsweise einen Pull-Down Widerstand von 10 k Ω , der das Signal auf das Erdpotential (GND) zieht, damit der Pin am Arduino nur dann ein Signal vom Taster bekommt, wenn dieser tatsächlich betätigt wird.

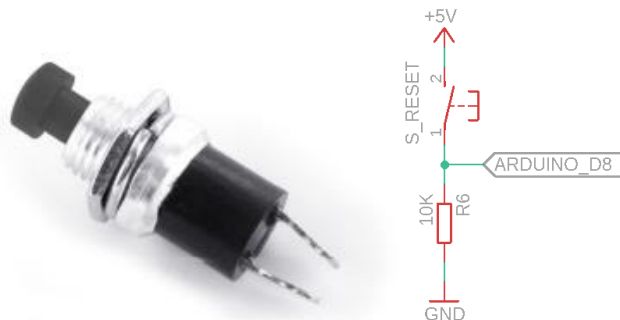


Abbildung 30: Taster TC-MT250 und Anschluss

Technische Daten	
Max. Betriebsspannung	250 V
Max. Betriebsstrom	0.5 A
Kontakt-Widerstand	50 m Ω

Tabelle 7: Technische Daten TC-MT250

9.5.4 Leuchtdioden

Als Leuchtdioden wurden übliche 5mm 5 V LEDs verwendet. Sie werden einerseits in der Elektronikbox verwendet, um die derzeitige Geschwindigkeit anzuzeigen, aber auch im Spielarm zur Lebensanzeige. Als Vorwiderstand wurde ein 330 Ω Widerstand verwendet.



Abbildung 31: LED und Anschluss

Technische Daten	
Empfohlene Betriebsspannung	2 V
Max. Betriebsstrom	20 mA

Tabelle 8: Technische Daten LED



9.5.5 Lichtschranke

Die Lichtschranke, die für den Spielarm gewählt wurde, ist eine LTH-301-32. Sie entspricht den Maßen, die beim Testaufbau des Spielarms abgemessen wurden und ist mit einer Versorgungsspannung von 5V mit dem Rest der Elektronik kompatibel.

Die Lichtschranke sendet je nach Größe des Widerstands am Collector (siehe Abbildung 32, „COL“-Pin) ein Signal an den Arduino. Mit dem gewählten 10 k Ω - Widerstand liegt die Reaktionszeit der Lichtschranke bei zirka 100 μ s, also 0.1 ms.

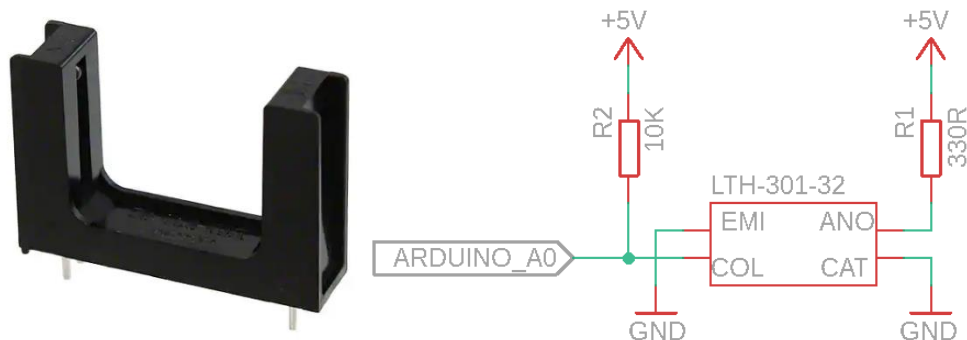


Abbildung 32: Lichtschranke LTH-301-32 und Anschluss

Technische Daten	
Maximale Spannung an Diode	5 V
Max. Betriebsstrom Diode	60 mA
Maximale Spannung Transistor	30 V
Max. Betriebsstrom Transistor	20 mA

Tabelle 9: Technische Daten LTH-301-32

9.5.6 Lautsprecher

Der Lautsprecher, der für die Audio-Signale ausgewählt wurde, ist ein Visaton K-16 Miniaturlautsprecher.

Er wurde wegen seiner kleinen Maße und ausreichenden Lautstärke gewählt.

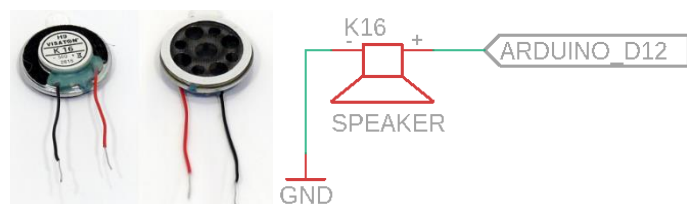


Abbildung 33: Lautsprecher K16 und Anschluss

Technische Daten	
Nennbelastbarkeit	500 mW
Impedanz	50 Ω
Übertragungsbereich	700 – 20000 Hz
Mittlerer Schalldruckpegel	71 dB

Tabelle 10: Technische Daten K-16



9.6 Verkabelung

Nach dem Testen der Programme mit der Hardware wurden die Löt- und Verkabelungsarbeiten durchgeführt.

Es wurde recht früh gegen eine Platine entschieden, da das Designen und Fertigen einer oder mehrerer Platinen mit der recht geringen Bauteilanzahl und dem Platzmangel in den Spielarmen und in der Elektronikbox keine gute Idee gewesen wäre. Einerseits musste so keine Rücksicht auf die Platzierung der Platine gelegt werden, andererseits mussten dafür mehr Halterungen für die verschiedenen Elektronikteile konstruiert werden und der Lötaufwand wurde dadurch erhöht.

Es wurden beim Löten, wie in Abbildung 34 zu sehen ist, viele Schrumpfschläuche verwendet. Dies stellt sicher, dass Kontakte zwischen Kabeln und somit auch Kurzschlüsse nicht entstehen.

Um den Motor zu verkabeln, mussten an der Baseplate einige Modifikationen gemacht werden, wie das Entfernen der bestehenden Elektronik und das Bohren einer Öffnung, um die Kabel von der Elektronikbox zum Motor führen zu können.

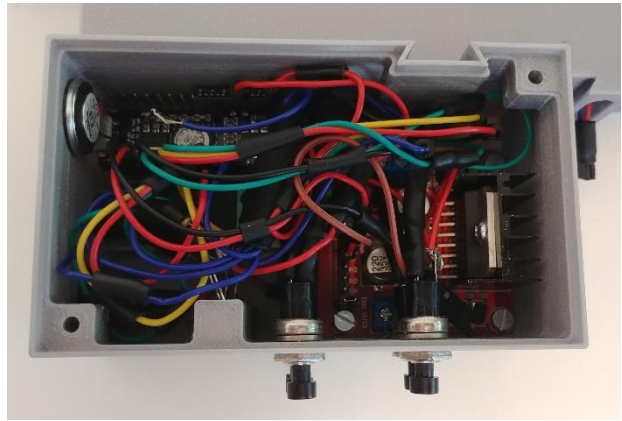


Abbildung 35: Verkabelung Elektronikbox



Abbildung 34: Verkabelung Spielarm

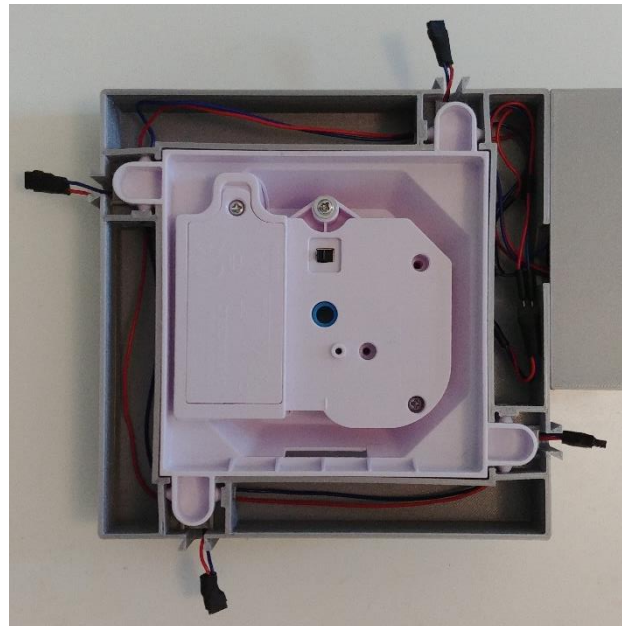


Abbildung 36: Verkabelung Rahmen

10 Programmierung

Der Quellcode der beiden Programme befindet sich in ausgedruckter Form im Anhang.

10.1 Problemstellung

Es mussten Programme für das Anzeigesystem und das Antriebssystem konzipiert und geschrieben werden. Für das Anzeigesystem mussten Daten von der Lichtschranke ausgelesen und verarbeitet werden, um den Verlust eines Lebenspunkts zu erkennen, welcher dann mittels der LEDs angezeigt werden sollte.

Für das Antriebssystem sollten verschiedene Geschwindigkeiten mittels Tastern eingestellt werden können und diese dann an den Motorcontroller weitergeleitet werden, um somit den Motor anzusteuern.

10.2 Lösungsansätze

Anfänglich wurde getestet, ob das Anzeigesystem mit einfachen if-Schleifen realisiert werden könnte, jedoch wurde diese Idee recht bald verworfen und stattdessen ein endlicher Zustandsautomat für die Durchführung gewählt.

Dieser erlaubt es, die Lichtschranke dauerhaft abzufragen und nach einem Signal einfach in den nächsten Zustand zu wechseln. Dieses Programm wurde schon für den Testaufbau (*siehe Abbildung 25: Testaufbau des Spielarms*) verwendet, um das Konzept des fertigen Spiels zu testen. Mit dem Testaufbau konnte auch die Geschwindigkeit des Originalspiels überprüft werden. Es wurde also ein kurzes Test-Programm geschrieben und somit festgestellt, wie lange eine Runde durchschnittlich dauert, zirka 3 Sekunden.

```
505, Timer 1: 8387 ms  
525, Timer 2: 11423 ms  
Roundtime = 3036 ms  
528, Timer 1: 14456 ms  
500, Timer 2: 17481 ms  
Roundtime = 3025 ms  
514, Timer 1: 20500 ms  
525, Timer 2: 23518 ms  
Roundtime = 3018 ms  
502, Timer 1: 26529 ms  
529, Timer 2: 29535 ms  
Roundtime = 3006 ms
```

Abbildung 37: Testergebnisse des Geschwindigkeits-Tests

Für das Antriebssystem wurde ebenfalls ein endlicher Zustandsautomat gewählt, da oft zwischen verschiedenen Zuständen gewechselt werden müsste. Es wurde mit dem Geschwindigkeits-Test überprüft, welche PWM ungefähr welcher Geschwindigkeit entspricht, bis die Rundenzeit der des Originalspiels gleichete, dieser Wert wurde dann für die „Normal“-Geschwindigkeit gewählt.



10.3 Motorsteuerung

10.3.1 Flussdiagramm

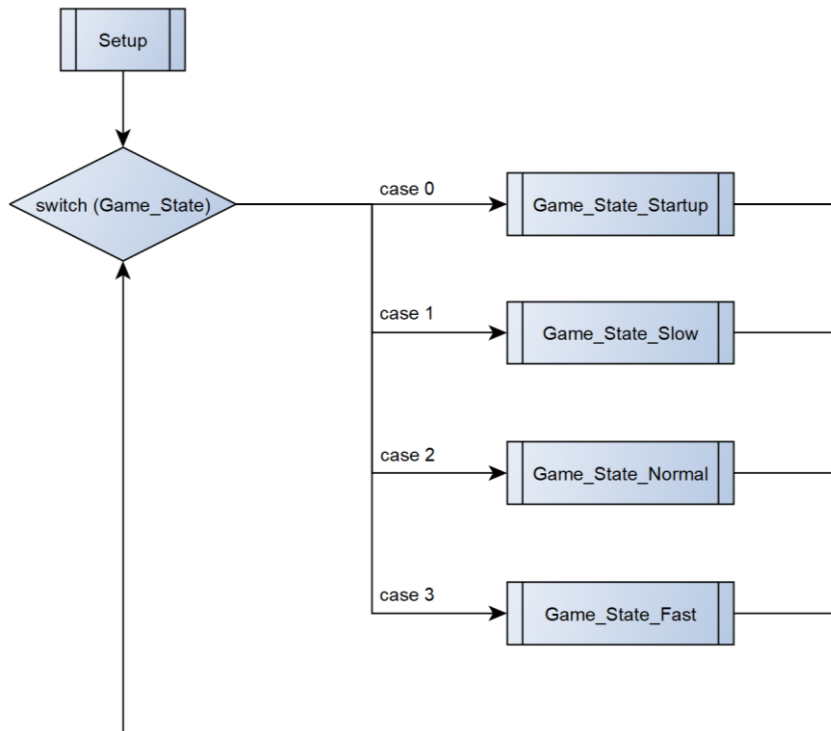


Abbildung 38: Flussdiagramm der Motorsteuerung

10.3.2 Zustandsdiagramm

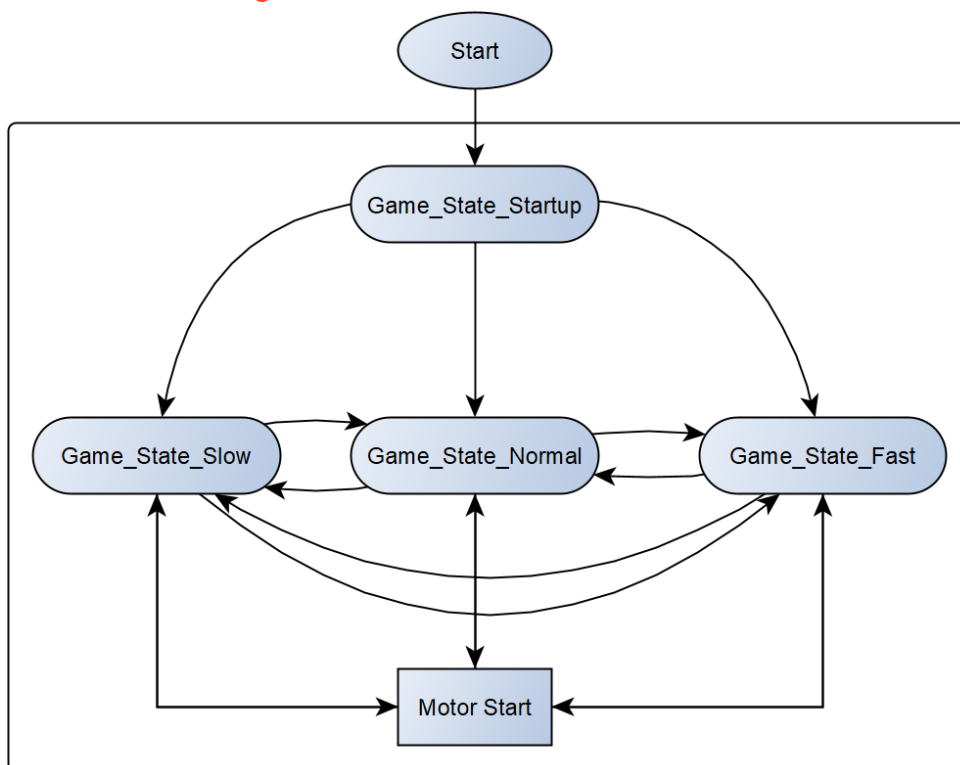


Abbildung 39: Zustandsdiagramm der Motorsteuerung



Wie in Abbildung 39 zu sehen ist, wurde das Motorsteuerungs-Programm so konzipiert, dass nach dem Startup jederzeit in einen der drei Hauptzustände, beziehungsweise zwischen den Zuständen selbst gewechselt werden kann. Mit Betätigung des Start-Buttons kann auch von den Zuständen aus der Motor mit der dementsprechenden Geschwindigkeit gestartet werden.

10.3.3 Zustände

10.3.3.1 Startup-Zustand

```
int Game_State_Startup(){ //Startup-Zustand (Zustand 0), wird nach Einschalten sofort ausgeführt

    digitalWrite(Led_Slow, LOW); //Ausschalten der LEDs für den Fall, dass noch welche aktiv waren
    digitalWrite(Led_Normal, LOW);
    digitalWrite(Led_Fast, LOW);

    i = 0; //Setzen der Counter-Variable auf 0

    Slow_Value = digitalRead(Button_Slow); //Auslesen der Taster und Zuschreiben der Werte
    Normal_Value = digitalRead(Button_Normal);
    Fast_Value = digitalRead(Button_Fast);

    if(Slow_Value == HIGH){ //Falls der "Slow" Taster gedrückt wird, auf Zustand 1 wechseln
        return Game_State = 1;
    }
    else if(Normal_Value == HIGH){ //Falls der "Normal" Taster gedrückt wird, auf Zustand 2 wechseln
        return Game_State = 2;
    }
    else if(Fast_Value == HIGH){ //Falls der "Fast" Taster gedrückt wird, auf Zustand 3 wechseln
        return Game_State = 3;
    }
}
```

Abbildung 40: Programmausschnitt der Motorsteuerung, Startup-Zustand

Im Startup-Zustand werden zuerst alle LEDs der Elektronikbox ausgeschaltet, für den Fall, dass durch einen Fehler noch eine LED leuchtet. Anschließend werden die Taster überprüft und die Counter-Variable i auf 0 gesetzt. Diese verhindert, dass später im Programm die Tonfolgen wiederholt werden. Sollte einer der Taster gedrückt werden, wird in den jeweiligen Zustand gewechselt, Zustand 1 entspricht hierbei dem „Slow“-Zustand, Zustand 2 dem „Normal“-Zustand und Zustand 3 dem „Fast“-Zustand.



10.3.3.2 Hauptzustände

```
int Game_State_Slow(){ //Slow-Zustand (Zustand 1)

    digitalWrite(Led_Slow, HIGH); //Einschalten der "Slow" LED, Ausschalten der "Normal"- und "Fast" LED
    digitalWrite(Led_Normal, LOW);
    digitalWrite(Led_Fast, LOW);

    while(i < 1){ //Schleife, die nur einmal ausgeführt wird, um "Slow"-Tonfolge zu spielen
        tone(speaker, 80, 150);
        delay(150);
        tone(speaker, 90, 150);
        i++;
    }

    Start_Value = digitalRead(Button_Start); //Auslesen der Taster und Zuschreiben der Werte
    Stop_Value = digitalRead(Button_Stop);
    Slow_Value = digitalRead(Button_Slow);
    Normal_Value = digitalRead(Button_Normal);
    Fast_Value = digitalRead(Button_Fast);

    if(Stop_Value != HIGH){ //Führt Programm aus, solange der "Stop"-Taster nicht gedrückt wird

        if(Start_Value == HIGH){ //Falls der "Start"-Knopf gedrückt wird, wird der Motor mit niedriger Geschwindigkeit angeschalten
            analogWrite(MotorPWM, 50);
            digitalWrite(MotorIN, HIGH);
        }
        else if(Normal_Value == HIGH){ //Falls der "Normal"-Knopf gedrückt wird, wird der Motor ausgeschalten, die Counter-Variable auf 0 gesetzt und auf Zustand 2 gewechselt
            digitalWrite(MotorIN, LOW);
            analogWrite(MotorPWM, 0);
            i = 0;

            return Game_State = 2;
        }
        else if(Fast_Value == HIGH){ //Falls der "Fast"-Knopf gedrückt wird, wird der Motor ausgeschalten, die Counter-Variable auf 0 gesetzt und auf Zustand 3 gewechselt
            digitalWrite(MotorIN, LOW);
            analogWrite(MotorPWM, 0);
            i = 0;

            return Game_State = 3;
        }
    }
    else if(Stop_Value == HIGH){ //Falls der "Stop"-Knopf gedrückt wird, wird der Motor ausgeschalten und wieder zum Anfang von Zustand 1 gewechselt
        digitalWrite(MotorIN, LOW);
        analogWrite(MotorPWM, 0);

        return Game_State = 1;
    }
}
```

Abbildung 41: Programmausschnitt der Motorsteuerung, „Slow“-Zustand

Die Hauptzustände „Slow“, „Normal“ und „Fast“ verhalten sich alle gleich, bis auf minimale Unterschiede, daher wird hier nur einer der Zustände veranschaulicht.

Im „Slow“-Zustand werden zuerst alle LEDs, bis auf die „Slow“ LED ausgeschalten, um anzuzeigen, dass dieser Zustand ausgewählt wurde. Darauf folgt eine kleine Tonfolge, die dem „Slow“-Zustand eigen ist.

Nun werden ähnlich wie im Startup-Zustand alle Taster ausgelesen. Als Sicherheitsmaßnahme wurde ein Ungleich-Operator (!=) für den „Stop“-Taster eingefügt, damit das Programm unterbrochen wird, sollte dieser gedrückt werden. Der „Start“-Taster startet den Motor mit der dementsprechenden Geschwindigkeit, in diesem Fall mit niedriger Geschwindigkeit.

Nun kann der Motor mit dem „Stop“-Taster jederzeit wieder gestoppt werden, aber es kann auch währenddessen in andere Zustände gewechselt werden, wobei der Motor sich immer zuerst ausschaltet. Die Zustände können auch problemlos vor Betätigen des „Start“-Tasters gewechselt werden.



10.4 Anzeigesystem

10.4.1 Flussdiagramm

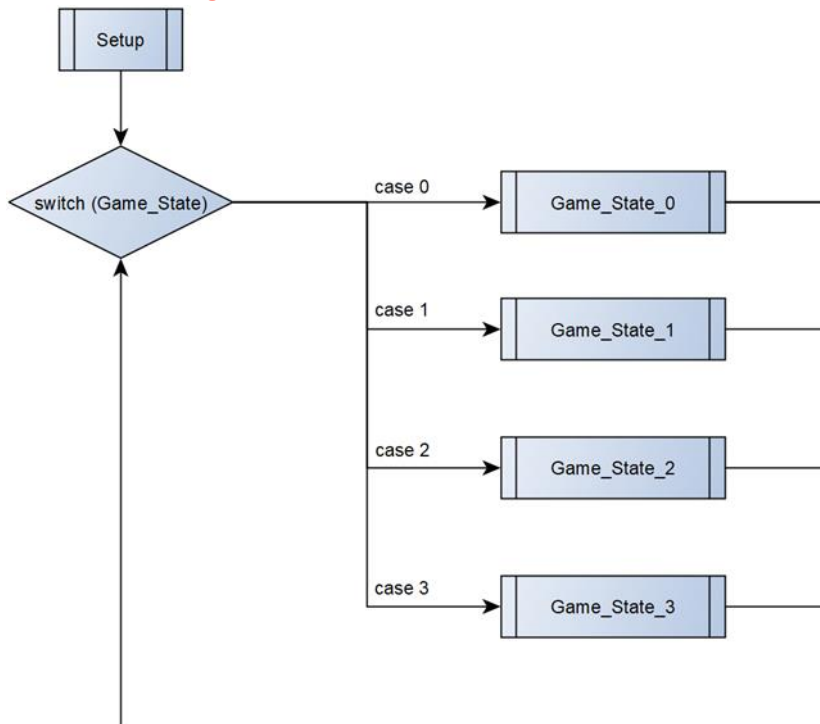


Abbildung 42: Flussdiagramm des Anzeigesystems

10.4.2 Zustandsdiagramm

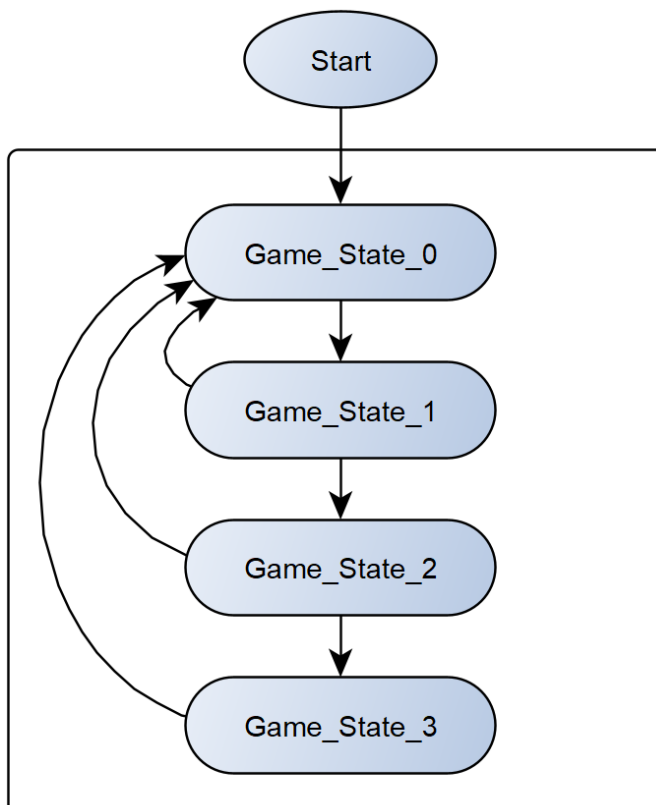


Abbildung 43: Zustandsdiagramm des Anzeigesystems



Im Vergleich zur Motorsteuerung ist der Ablauf des Anzeigesystems viel linearer und einfacher. Es wird von Zustand 0 bis zu Zustand 3 gewechselt, mit der Option jederzeit zu Zustand 0 zurückzusetzen.

10.4.3 Zustände

```
int Game_State_0(){
    sensorValue = analogRead(sensorPin);    //Auslesen des Sensors und Zuschreiben des Wertes
    ButtonValue = LOW;                      //Wert des Reset-Buttons auf 0 setzen

    analogWrite(led_1Pin, LedLow);           //Alle LEDs auf mittlere Helligkeit setzen
    analogWrite(led_2Pin, LedLow);
    analogWrite(led_3Pin, LedLow);

    ButtonValue = digitalRead(ResetButton);  //Auslesen des Tasters und Zuschreiben des Wertes
    if(ButtonValue == HIGH){                //Falls Taster gedrückt wird, wieder auf Zustand 0 zurückgehen
        return Game_State = 0;
    }

    if(sensorValue >= 500){                  //Falls Lichtschranke ein Signal bekommt, erste LED blinken lassen
        analogWrite(led_1Pin, LedHigh);
        delay(280);
        analogWrite(led_1Pin, LedOff);
        delay(280);
        analogWrite(led_1Pin, LedHigh);
        delay(280);
        analogWrite(led_1Pin, LedOff);
        delay(280);
        analogWrite(led_1Pin, LedHigh);
        delay(280);

        return Game_State = 1;              //Übergang zu Zustand 1
    }
}
```

Abbildung 44: Programmausschnitt des Anzeigesystems, Zustand 0

Beim Anzeigesystem sind die Zustände ebenfalls alle gleich aufgebaut, als Beispiel hier wird Zustand 0 dargestellt.

Zustand 0 ist der Anfangszustand und entspricht 3 Lebenspunkten, signalisiert dadurch, dass alle 3 LEDs leuchten. Zuerst wird die Lichtschranke ausgelesen und der Wert des Reset-Buttons auf LOW, also gleich Null gesetzt.

Entsprechend dem Zustand werden anschließend darauf die LEDs an- beziehungsweise ausgeschaltet. Wie in Abbildung 44 zu sehen ist, werden die LEDs auf die mittlere Helligkeitsstufe gesetzt. Dies wurde so gewählt, damit das Blinken der LED mit voller Helligkeit auffälliger ist, während immer noch angezeigt wird, wie viele HP der Spieler derzeit hat.

Vor dem Auslösen der Lichtschranke kann nun noch der Reset-Button gedrückt werden, um von jedem Zustand in Zustand 0 zu wechseln und die HP so essenziell wieder auf 3 zurückzusetzen.

Falls die Lichtschranke ein Signal bekommt, blinkt die oberste LED dreimal, bevor sie mit dem Wechsel in den nächsten Zustand erlischt.



11 Lessons Learned

11.1 Allgemein

Das Projekt war, als mein nun dritter Versuch für die Diplomarbeit, das erste Projekt, das ich mit Begeisterung umsetzen wollte. Auch wenn ich im Vorjahr schon die Chance hatte, ein eigenes Projekt durchzuführen und auch ein Thema gewählt hatte, das mich interessierte, war es damals immer wieder schwierig, mich selbst zu motivieren. Mit diesem Projekt nun hatte ich, auch durch Unterstützung meiner Familie, große Motivation, es zu Ende zu bringen und daran zu arbeiten. Mir ist klar geworden, dass um Hilfe zu bitten nicht zwangsweise schlecht ist, vor allem wenn es oft nur kleine Dinge waren, bei denen ich mich nicht vollständig ausgekannt habe.

Ich hätte zwar gerne mehr der optionalen Ziele erfüllt und das Projekt in diesem Zeitrahmen zu dem gemacht, was anfangs geplant war, aber leider war die starke Verspätung des Druckers mit fast 2 Monaten nicht vorherzusehen. Es waren jedoch genug Puffer eingeplant, um das Projekt rechtzeitig abzuschließen. Ich würde also sagen, dass das Projekt im Großen und Ganzen ein Erfolg war.

11.2 Mechanik

Trotz verspäteter Lieferung konnten mit dem 3D-Drucker sehr schnell und einfach Prototypen erstellt werden. Durch meinen externen Betreuer Lukas Eminger konnte ich auch einige Techniken über das FDM-Druckverfahren lernen und in dem Projekt anwenden.

Da ich zuvor persönlich nur mit einem älteren Drucker gearbeitet habe, war das Arbeiten mit dem Prusa Mini erstaunlich einfach. Einmal aufgesetzt konnte praktisch sofort gedruckt werden, ohne großartig viel zu kalibrieren oder einzustellen und der Prusa Slicer ist ebenfalls ein sehr gutes Tool, das ich auch in Zukunft oft verwenden werde.

11.3 Elektronik

Die Elektronik beim Projekt wurde recht simpel gehalten, da dies nicht gerade mein stärkstes Gebiet ist. Dennoch ist vor allem gegen Ende des Projekts beim Einbau der Elektronik recht viel Aufwand durch das Löten jeder einzelnen Verbindung entstanden.

Da für das Anzeigesystem und für die Anzeige der Elektronikbox kein Display, sondern LEDs gewählt wurden, mussten einige optionale Ziele damit weggestrichen werden, weil man dafür ein gewisses Interface bräuchte. Die 3 LEDs am Spielarm limitieren das Projekt mit maximal 3 Lebenspunkten. Dies ist definitiv eines der Ziele, das ich rückblickend gerne erfüllt hätte.

Bei der Planung des Audiofeedbacks war auch anfangs unklar, wie es umgesetzt werden sollte. Zuerst war die Idee, in jedem Spielarm einen Lautsprecher zu verbauen, doch diese wurde wieder verworfen, da die häufigen Audiosignale vermutlich zu verwirrend für die Spieler wären, demnach wurde im Endeffekt nur in der Elektronikbox ein Lautsprecher verbaut.



11.4 Programmierung

Für die Programmierung wurde ein Arduino gewählt, da ich mit diesem System am meisten Erfahrung habe und keine „unnötige“ Arbeit in das Erlernen einer neuen Entwicklungsumgebung beziehungsweise einer neuen Programmiersprache stecken wollte.

Dies hat sich meiner Meinung nach auch ausgezahlt, da ich nur den Zustandsautomaten wieder erlernen musste, was kein Problem war. Der Rest der Programmierung hat unerwartet viel Spaß gemacht, da ich keine Fehler hatte, an denen ich tagelang festhing, und der Arbeitsfluss damit auch angenehm war.

12 Quellenverzeichnis

[https://www.3d-grenzenlos.de/3d-drucker-arten/#Fused Deposition Modeling Fused Filament Fabrication FDM FFF](https://www.3d-grenzenlos.de/3d-drucker-arten/#Fused%20Deposition%20Modeling%20Fused%20Filament%20Fabrication%20FDM%20FFF)
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/>
<https://www.arduino.cc/reference/de/language/functions/advanced-io/tone/>
<https://www.arduino.cc/reference/de/language/structure/control-structure/switchcase/>
<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=373897.0> (Eagle Library)
<https://optoelectronics.liteon.com/upload/download/ds-55-96-0005/lth-301-32ds.pdf>
<https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/en/001666921DS01/datenblatt-1666921-barthelme-led-sortiment-rot-rund-5-mm-800-mcd-35-20-ma-2-v.pdf>
<https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/en/001589396DS00/datenblatt-1589480-tru-components-tc-mt250asw-drucktaster-tastend-1-st.pdf>
<https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/gl/000710803DS01/datenblatt-710803-visaton-2816-miniatur-lautsprecher-geraeusch-entwicklung-71-db-0500-w-1-st.pdf>
<https://components101.com/modules/l293n-motor-driver-module>

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung der Umfeldler.....	11
Tabelle 2: Meilensteine	12
Tabelle 3: Beschreibung der wichtigsten Risiken	14
Tabelle 4: Risiko-Gegenmaßnahmen	15
Tabelle 5: Technische Daten Arduino Nano	25
Tabelle 6: Technische Daten L289N	26
Tabelle 7: Technische Daten TC-MT250.....	26
Tabelle 8: Technische Daten LED	26
Tabelle 9: Technische Daten LTH-301-32.....	27
Tabelle 10: Technische Daten K-16	27



14 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visuelle Darstellung des Grundspiels und dessen Komponenten	7
Abbildung 2: Dominik Eminger.....	9
Abbildung 3: OSP Objekt-Struktur-Plan	10
Abbildung 4: PSP Projekt-Struktur-Plan	10
Abbildung 5: Umfeldanalyse	11
Abbildung 6: Arbeitsstunden pro Arbeitspaket	13
Abbildung 7: Arbeitsstunden gesamt.....	14
Abbildung 8: Risikoportfolio.....	15
Abbildung 9: Projektkosten	16
Abbildung 10: Verschiedene Tests der Schwalbenschwanzverbindungen.....	17
Abbildung 11: Schnitt der Elektronikbox im PrusaSlicer	18
Abbildung 12: Rahmen Version 1.....	18
Abbildung 13: Rahmen Schnittansicht Kabelkanäle.....	18
Abbildung 14: Rahmen Version 2.....	19
Abbildung 15: Elektronikbox Version 1	19
Abbildung 16: Elektronikbox Version 2	20
Abbildung 17: Elektronikbox mit groben Teilen und Deckel.....	20
Abbildung 18: Elektronikbox mit groben Teilen und Einsicht in Box	20
Abbildung 19: Deckel der Box, Version 1	21
Abbildung 20: Deckel der Box, Version 2	21
Abbildung 21: Spielarm Version 1	21
Abbildung 22: Spielarm Version 2	22
Abbildung 23: Hebelhalterung Version 3	22
Abbildung 24: Druck der Hebelhalterung, Version 2; geringe Wandstärke führte zu Bruch...	22
Abbildung 25: Testaufbau des Spielarms	23
Abbildung 26: Elektronikbox	24
Abbildung 27: Spielarm mit Hebel	24
Abbildung 28: Arduino Nano Pinbelegung.....	25
Abbildung 29: Motorcontroller L28	25
Abbildung 30: Taster TC-MT250 und Anschluss.....	26
Abbildung 31: LED und Anschluss	26
Abbildung 32: Lichtschranke LTH-301-32 und Anschluss	27
Abbildung 33: Lautsprecher K16 und Anschluss	27
Abbildung 35: Verkabelung Spielarm	28
Abbildung 34: Verkabelung Elektronikbox.....	28
Abbildung 36: Verkabelung Rahmen.....	28
Abbildung 37: Testergebnisse des Geschwindigkeits-Tests.....	29
Abbildung 38: Flussdiagramm der Motorsteuerung.....	30
Abbildung 39: Zustandsdiagramm der Motorsteuerung	30
Abbildung 40: Programmausschnitt der Motorsteuerung, Startup-Zustand	31
Abbildung 41: Programmausschnitt der Motorsteuerung, „Slow“-Zustand	32
Abbildung 42: Flussdiagramm des Anzeigesystems.....	33



Abbildung 43: Zustandsdiagramm des Anzeigesystems	33
Abbildung 44: Programmausschnitt des Anzeigesystems, Zustand 0.....	34

15 Anhang

Abnahmeprotokoll (4 Seiten)

Programm der Motorsteuerung (2 Seiten)

Programm des Anzeigesystems (2 Seiten)

Schaltplan der Motorsteuerung (1 Seite)

Schaltplan des Anzeigesystems (1 Seite)

Datenblatt der Lichtschranke (6 Seiten)

Datenblatt des Motorcontrollers (7 Seiten)

Datenblatt des Drucktasters (1 Seite)

Datenblatt der Leuchtdiode (1 Seite)

Datenblatt des Lautsprechers (1 Seite)

Sämtliche Programmcodes, Schaltpläne, STL-Dateien der 3D-Druckteile und Datenblätter sind auch auf <https://github.com/DominikEminger/BackflipBasti/> zu finden, oder durch Scannen dieses QR-Codes:

